





Информационные технологии и системы

ИТС-2017

Материалы
международной научной конференции

Proceeding
of the International Conference

ITS-2017

Information Technologies and Systems

25 октября 2017
БГУИР, Минск, Республика Беларусь

25th October 2017
BSUIR, Minsk, Republic of Belarus

Qulix SYSTEMS
СООО "ГЕЙМ СТРИМ", минский центр разработки
WARGAMING.NET LET'S BATTLE
NETCO sports
itransition

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»



Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017)

Материалы международной научной конференции
(БГУИР, Минск, Беларусь, 25 октября 2017)

Information Technologies and Systems 2017 (ITS 2017)

Proceeding of The International Conference
(BSUIR, Minsk, Belarus, 25th October 2017)

Минск БГУИР 2017

УДК 004
ББК 32.973.202
И74

Редакционная коллегия:
Л. Ю. Шилин (главный редактор), Д.П. Кукин, А. А. Иванюк, А. В. Марков, В. В. Голенков, А. А. Навроцкий, А. Ф. Трофимович, Н.С. Жилач, С.В. Колосов, А. Б. Гуринович (ответственный секретарь)

Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017) :
И74 материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 25 октября 2017 г. – Information Technologies and Systems 2017 (ITS 2017) : Proceeding of The International Conference, BSUIR, Minsk, 25th October 2017/ редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2017. – 305 с.

ISBN 978-985-543-013-2.

Сборник включает прошедшие рецензирование доклады международной научной конференции «Информационные технологии и системы 2017» (ИТС 2017).

Сборник предназначен для преподавателей высших учебных заведений, научных сотрудников, студентов, аспирантов, магистрантов, а также для специалистов предприятий в сфере IT-технологий.

Материалы сборника одобрены организационным комитетом и печатаются в авторской редакции.

УДК 004
ББК 32.973.202

ISBN 978-985-543-013-2

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

25 октября 2017 года в городе Минске прошла международная научная конференция «Информационные технологии и системы» (ИТС 2017), организованная факультетом информационных технологий и управления учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», базовой организации государств-участников СНГ по высшему образованию в области информатики и радиоэлектроники.

В течение дня на пленарном и пяти секционных заседаниях было представлено 139 докладов по следующим направлениям:

Секция «Системы управления»:
- моделирование систем управления;
- автоматизированные исследования систем управления;
- проектирование систем управления;
- микропроцессорные системы управления;
- информационные технологии в системах управления;
- системы передачи и защиты дискретной информации;
- системы телемеханики;
- элементы и устройства систем управления.

Секция «Интеллектуальные информационные технологии»:
- проектирование баз знаний;
- интеллектуальный поиск информации;
- интеллектуальные решатели задач;
- пользовательские интерфейсы интеллектуальных систем.

Секция «Проектирование встраиваемых систем»:
- проектирование и быстрое прототипирование встраиваемых систем на ПЛИС;
- методологии проектирования IP-компонент встраиваемых систем;
- программная и аппаратная защита IP-компонент;
- контролепригодное проектирование и тестирование встраиваемых систем;
- реконфигурируемые встраеваемые системы.

Секция «Системы обработки информации»:
- математические модели и методы обработки информации;
- статистические, численные, логические, графовые, нейросетевые и другие;
- анализ многомерных данных;
- методологические проблемы и технологии подготовки специалистов в области систем обработки информации;
- технологии и стандарты программирования и проектирования систем обработки информации;
- системы и средства совместной работы пользователей;
- защита информации в автоматизированных системах обработки информации.

Секция «Математическое моделирование и компьютерная графика»:

- методы решения уравнений математической физики;
- методы нелинейной оптимизации;
- модели и методы радиофизики и приборов СВЧ;
- модели и методы тепло и массопереноса;
- математические модели и методы компьютерной графики;
- аппаратное обеспечение компьютерной графики;
- алгоритмы и методы интерактивных программных продуктов.

В работе конференции приняли участие учёные и специалисты Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, Ирана, Республики Польша, Сингапура.

Докладчики представляли как высшие учебные заведения, в их числе: БГУ, БГУИР, БНТУ, БГТУ, БГЭУ, БрГТУ, ПГУ, МИУ, Военная академия РБ, Гомельский государственный технический университета им. П. О. Сухого, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, ГГУ им. Ф. Скорины, ГУВПО «Белорусско-Российский Университет», Могилевский государственный университет продовольствия, Черкасский государственный технологический университет, НИ Томский государственный университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Винницкий финансово-экономический университет, Shahid chamran University Ahvaz (Iran), Наньянский технологический университет – так и институты и коммерческие организации: НАН РБ, Объединенный институт проблем информатики НАН РБ, ИДСТУ СО РАН, ОАО «АГАТ-системы управления», EPAM Systems.

Оргкомитет благодарит всех, кто счел возможным поделиться результатами своей деятельности и принял участие в работе конференции.

ORGANISING COMMITEE

Prof.Dr.	**Mikhail Batura**	Rector of The Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Ph.D.	**Sergey Dick**	First Vice-Rector of BSUIR
Ph.D.	**Anatoly Osipov**	Vice-Rector for Research and Development of BSUIR
Ph.D.	**Boris Nikulshin**	Vice-Rector for Education of BSUIR
Ph.D.	**Helena Zhivitskaya**	Vice-Rector for Education of BSUIR
Prof.Dr.	**Leonid Shilin**	Dean of The Faculty of Information Technologies and Control of BSUIR
	Dzmitry Kuzniatsou	Vice-Rector for Personal Development of BSUIR

PROGRAMME COMMITEE

Prof.Dr.	**Vladimir Golenkov**	Head of Intellectual Information Technologies Department of BSUIR
Prof.Dr.	**Vladimir Golovko**	Head of Intellectual Information Technologies Department of BrSTU
Prof.Dr.	**Alexander Ivaniuk**	Head of Computer Science Department of BSUIR
Ph.D.	**Dmitry Kukin**	Head of Computational Methods and Programming Department of BSUIR
Ph.D.	**Alexander Markov**	Head of Control Systems Department of BSUIR
Ph.D.	**Anatoly Navrotsky**	Head of Information Technologies in Automated Systems Department of BSUIR
Ph.D.	**Maxim Davydov**	Head of Theoretical Bases of Electrical Engineering Department of BSUIR
Prof.Dr.	**Stanislav Kolosov**	Professor of Computational Methods and Programming Department of BSUIR

Пленарные доклады

Plenary session

ЛИДИРУЮЩИЕ ПЛАТФОРМЫ РЫНКА ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тихонов А.В.
Senior Systems Engineer, EPAM Systems
Минск, Республика Беларусь
E-mail: Artem_Tikhonov@epam.com

На сегодняшний большинство компаний отказываются от построения собственных дата-центров и всё чаще обращаются к облачным решениям для выполнения различных задач, начиная от построения сред для разработки и тестирования, и заканчивая сервисами необходимыми для функционирования самой компании. Все это формирует рынок, который динамично развивается и обрастает различными сервисами. Постоянно появляются новые поставщики таких услуг.

Введение



Рис. 1 – Наиболее известные и крупные разработчики решений для облачных сервисов.

Согласно исследованиям Gartner, Inc. (исследовательская и консалтинговая компания, специализирующаяся на рынках информационных технологий) лидирующие позиции на рынке Cloud занимают три платформы:

- Microsoft – Microsoft Azure (далее Azure);
- GOOGLE – GOOGLE Cloud Platform (далее GCP);
- AMAZON – Amazon Web Services (далее AWS.)

Согласно Gartner magic quadrant (Рис. 2) настоящее время лучшими являются решения от Amazon и Microsoft, однако очень стремительно развивается Google со своим решением GCP.



Рис. 2 – Gartner magic quadrant.

I. Microsoft Azure

Система была запущена в 2010 году и развивается очень быстрыми темпами. Microsoft Azure сейчас представляет собой многогранную сложную систему, которая обеспечивает поддержку множества различных услуг, языков программирования и фреймворков. В составе облака более 60 служб и центров обработки данных в более чем 38 различных географических регионах. В настоящее время Microsoft Azure занимает 30% рынка.

II. Google Cloud Platform

Представленная в 2011 году, Google Cloud Platform является самой молодой облачной платформой и, в первую очередь, удовлетворяет потребности поиска Google и Youtube. В настоящее время у компании представлено более 50 услуг и 6 глобальных центров обработки данных. Google Cloud Platform на рынке облачных услуг имеет 5% долю.

III. Amazon Web Services (AWS).

Созданная в 2006 году, облачная платформа Amazon стала первооткрывателем, благодаря чему завоевала большую долю рынка. Платформа постоянно развивается, и в настоящее время предоставляет более 70 услуг с широким спектром покрытия по всему миру. Серверы доступны в более чем 14 географических регионах. Рыночная доля компании неуклонно растет и на данный момент составляет более 40% рынка.

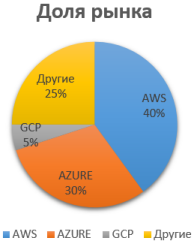


Рис. 3 – Доля рынка в сфере поставщиков облачных услуг.

AWS, на данный момент, является ведущим и самым старым игроком данного рынка. Компания предоставляет следующие сервисы:

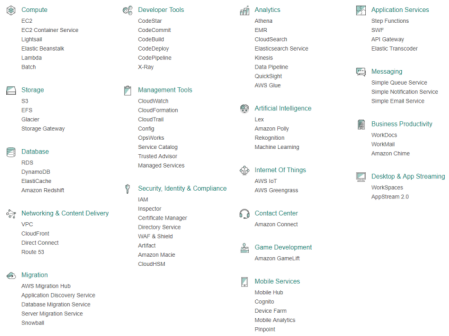


Рис. 4 – Список сервисов предоставляемых Amazon в рамках AWS.

К основным сервисам относятся:

Вычисления:

Amazon EC2 виртуальные серверы в облаке;

Amazon EC2 Container Registry хранение и извлечение образов Docker;

Amazon EC2 Container Service запуск контейнеров Docker и управление ими;

Amazon VPC изолированные облачные ресурсы;

AWS Elastic Beanstalk запуск веб-приложений и управление ими;

AWS Lambda запуск кода при определенных событиях;

Auto Scaling автоматизированная эластичность.

Хранение:

Amazon S3 масштабируемое хранилище данных в облаке;

Amazon EBS блочное хранилище для EC2;

Amazon Elastic File System управляемое файловое хранилище для EC2;

Amazon Glacier недорогое архивное хранилище в облаке;

AWS Storage Gateway интеграция гибридных хранилищ;

AWS Snowball передача петабайтов данных;

AWS Snowmobile передача эксабайтов данных;

Базы данных:

Amazon Aurora управляемая реляционная база данных с высокой производительностью;

Amazon RDS управляемый сервис реляционных БД для MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQL Server и MariaDB;

Amazon DynamoDB управляемая база данных NoSQL;

Amazon Redshift быстрое, простое и экономичное хранение данных;

AWS Database Migration Service проведение миграции баз данных с минимальным временем простоя.

Сетевая конфигурация и доставка контента:

Amazon VPC изолированные облачные ресурсы;

Amazon CloudFront глобальная сеть доставки контента;

Amazon Route 53 масштабируемая система доменных имен;

AWS Direct Connect выделенное сетевое подключение к AWS;

Elastic Load Balancing балансировка нагрузки при больших масштабах.

Безопасность, идентификация и соответствие требованиям:

Amazon Cloud Directory создание гибких облачных каталогов;

AWS Identity Access Management управление доступом пользователей и ключами шифрования;

Amazon Inspector анализ безопасности приложений;

AWS Certificate Manager предоставление, управление и развертывание сертификатов SSL/TLS;

AWS CloudHSM хранилище аппаратных ключей для выполнения нормативов;

AWS Directory Service размещение каталога Active Directory и управление им;

AWS Key Management Service управляемое создание и управление ключами шифрования;

AWS Organizations управление множеством аккаунтов AWS на основе политик;

AWS Shield защита от DDoS-атак;

AWS WAF фильтрация вредоносного веб-трафика.

Данный список охватывает небольшую частью сервисов, предлагаемых облачным провайдером. Аналоги данных сервисов в той или иной степени представлены и у других поставщиков услуг. Таким образом, любой, даже самый требовательный клиент, может найти необходимое облачное решение у одного из лидеров рынка.

1. Gartner, Inc. is an American research and advisory firm providing information technology related insight for IT and other business leaders located across the world. https://www.gartner.com.
2. Amazon Web Services (AWS) is a subsidiary of Amazon.com that provides on-demand cloud computing platforms to individuals, companies and governments. https://aws.amazon.com/.
3. Google Cloud Platform, offered by Google, is a suite of cloud computing services that runs on the same infrastructure that Google uses internally for its end-user products. https://cloud.google.com/.
4. Microsoft Azure is a cloud computing service created by Microsoft for building, testing, deploying, and managing applications and services through a global network of Microsoft-managed data centers. https://azure.microsoft.com/.
5. Network World provides deep domain expertise on the modern enterprise data center, including the latest networking, storage, servers, and virtualization technologies. https://www.networkworld.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ: TREND ИЛИ APPLICATION?

Татур М. М., Демидчук А. И., Перцев Д. Ю., Искра Н. А., Самаль Д. И.
Кафедра электронных вычислительных машин, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {tatur, niskra, samal}@bsuir.com, {demidchuk.aleksey, dmitrypertsev}@gmail.com

В данной работе рассматриваются некоторые проблемы, связанные с анализом данных, и анонсируется авторская разработка интеллектуальной системы, позволяющей упростить задачи, стоящие перед исследователем.

Введение

В настоящее время повсеместно создаются процессинговые и Data-центры, в которые стекаются огромные потоки данных. В этих центрах осуществляется хранение и предоставление данных, поддержка в актуальном состоянии, статистическая обработка с использованием индустриальных программно-аппаратных технологий (SPARK, Hadoop, Cassandra). Примерами использования подобных систем являются:

1. Расплачиваясь в магазине, Вы оставляете данные о времени своего посещения, приобретенных товарах с соответствующими суммами. В случае, если Вы используете карту покупателя, эта транзакция персонифицируется (т.е. она может содержать дополнительные сведения, такие как возраст, пол, место проживания, день рождения и т.п.). Вся эта информация потенциально может быть использована для маркетинговых мероприятий по удержанию клиентов, promotion-акций и т.п.
2. Каждый звонок в экстренные службы 101, 102 и 103 фиксируется и инициирует сбор данных о времени, месте, причине происшествия и соответствующем реагировании, а также результатах реагирования или последствиях. Очевидно, что такие данные постоянно накапливаются и могут быть использованы для обобщения и формирования полезных на практике выводов.

В приведенных примерах осуществляется анализ уже структурированных данных, как правило, на уровне элементарных статистических подсчетов и фильтров. Например, несложно определить сколько посетителей побывало в магазине за отчетный период, какие товары пользовались наибольшим спросом, в каких районах складывалась наиболее криминогенная обстановка и т.п.

Обобщенная схема процесса сбора и анализа данных в процессинговом центре может быть представлена, как показано на рис. 1. В качестве главной, отражена функция формирования запроса Пользователя и получение ответа, при этом, технологические функции, такие как копирование, размещение данных на носителях и т.п. на рисунке не отражены.

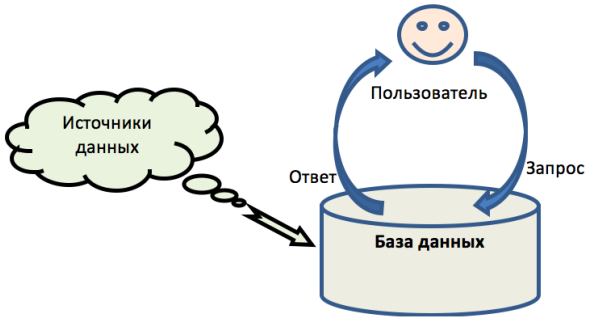


Рис. 1 – Обобщенная схема процесса сбора и анализа данных

В настоящей работе мы акцентируем внимание на некоторых проблемах, связанных с применением интеллектуальных систем анализа данных и анонсируем авторскую разработку подобной системы.

I. О проблемах, связанных с задачами анализа данных, и причинах, их вызывающих

В настоящее время Artificial Neural Networks, Machine Learning, Data Mining, Knowledge Discovery, Deep Learning, Big Data – стали наиболее часто употребляемыми терминами в контексте интеллектуального анализа данных, и находятся на гребне популярности в узком кругу IT-специалистов [1]. Однако, на практике довольно редко осуществляется глубокая (интеллектуальная) переработка данных с целью извлечения полезной информации в заданной предметной области, обнаружение скрытых (неочевидных) зависимостей, прогнозирование ситуаций и т.п. Например, с каким фактором (или совокупностью факторов) следует связать отток покупателей, насколько эффективны будут затраты на проведение профилактической работы по предупреждению чрезвычайных ситуаций и т.п.

Не претендуя на абсолютную истину, попытаемся назвать некоторые причины сложившей-

ся ситуации. Из объективных причин следует отметить:

1. Недостаточный уровень освоения теории интеллектуального анализа данных.
2. Обработка больших объемов данных требует специальных технологий распараллеливания [2, 3].
3. Отсутствие отечественного опыта создания и применения прикладных систем интеллектуального анализа данных [4].

Из субъективных причин отметим следующие:

1. Поставить (сформулировать) актуальную задачу анализа данных в конкретной предметной области должен руководитель (менеджер), заинтересованный в получении объективных результатов. Для решения задач подобного рода уже недостаточно формального применения СУБД. В таких случаях надо применять системы интеллектуального анализа данных, причем важная роль отводится специалистам по Data Science, которые должны корректно формализовать изначальную постановку задачи руководителем, корректно применить математический (алгоритмический) аппарат системы интеллектуального анализа данных и корректно интерпретировать полученный результат. С одной стороны, понятие «корректности» – расплывчато, что впрочем для интеллектуальной парадигмы является нормальным, с другой – взаимодействие руководителей и специалистов зачастую проблематично.
2. Начинающий разработчик интуитивно ищет доступ к реальным базам данных, как будто только с ними можно получить научный и/или инженерный результат, заслуживающий доверия и признания. По понятным причинам доступ к реальным базам данных ограничен.
3. Алгоритмическая сложность решения прикладной задачи интеллектуального анализа данных, как правило, выходит за рамки отдельно взятого алгоритма Data Mining (Machine Learning). В общем случае при решении задач из конкретной предметной области используется неформальная цепочка алгоритмов как из перечня Data Mining, так и обычных детерминированных.

II. Математические основы интеллектуального анализа данных

Анализируя математические методы и алгоритмы, лежащие в основе технологий интеллектуального анализа данных, можно заметить, что названные направления пересекаются. При этом, типовыми (или базовыми) являются задачи кластеризации, классификации, ранжирования, прогнозирования, ассоциативного поиска, регрессии и некоторые другие. Эти задачи могут быть решены ограниченным перечнем формальных алгоритмов (k-средних, SVM, сравнения с эталоном, k-ближайших соседей, деревьев решений и др.), рис. 2. Эти алгоритмы достаточно исследованы и уже реализованы в виде библиотек ряда систем и языковых сред (R, Weka, Wolfram Mathematics, Caffe, Tensorflow, cuDNN и др.).

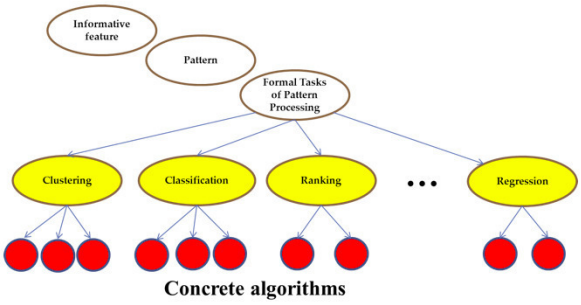


Рис. 2 – Ключевые термины и типовые задачи интеллектуального анализа данных

Тогда обобщенную архитектуру прикладной системы интеллектуального анализа данных можно представить в виде алгоритмического ядра определенных библиотек Data Mining (Machine Learning), поверх которого реализована сервисная оболочка интеллектуального анализа данных, включающая необходимые настройки, WEB-интерфейс, различные режимы визуализации процессов обработки, рис. 3



Рис. 3 – Мнемосхема архитектуры прикладной системы интеллектуального анализа данных

В отличие от стандартных библиотечных алгоритмов, функциональные возможности оболочки сервисов могут значительно отличаться от системы к системе. Тем не менее, можно выделить наиболее значимые функции:

– управление решением формальных задач кластеризации, классификации, ассоциативного поиска, ранжирования с использованием различных алгоритмов из Библиотеки DataMining;

– подготовка данных (нормализация, взвешивание, установление параметров решения задач, назначение критериев и т.п.);
– анализ решения задач на различных этапах, представление и визуализация результатов решения;
– оценка необходимых ресурсов (времени вычисления, производительности) для решения задач анализа данных определенной размерности;
– предоставление элементов визуального программирования.

Библиотеки алгоритмов, объединенных единой оболочкой, могут быть использованы в качестве инструментального средства для построения Системы интеллектуального анализа данных предметной области.

III. Техническая реализация оригинальной системы интеллектуального анализа данных

На кафедре ЭВМ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники разрабатываются элементы технологии для построения таких систем. В частности, разрабатывается вычислительная система, которая может служить:

1. целям проведения научных исследований и обучению основам интеллектуального анализа денных (DataMining, MachineLearning);
2. в качестве демонстрационной версии инструментального средства для разработки и построения интеллектуальной системы анализа данных в конкретной предметной области.

Система реализуется по модульному принципу. В качестве одного из модулей может использоваться вычислительный кластер с клиент-серверным принципом организации вычислений. Серверная часть предоставляет доступ к оболочке с библиотеками алгоритмов, одним из вариантов которой может быть WEB-интерфейс. Клиентская часть разворачивается на персональном компьютере пользователя.

Структурная схема оболочки с библиотеками алгоритмов представлена на рис. 4.

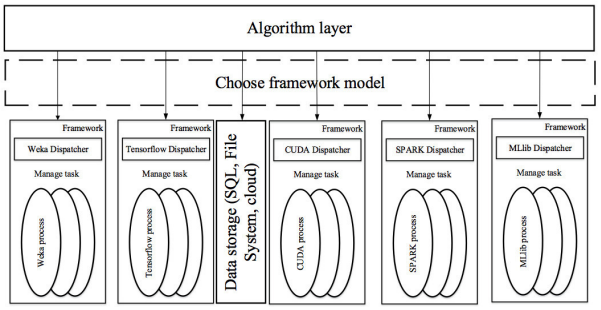


Рис. 4 – Структурная схема оболочки с библиотеками алгоритмов

Основными задачами данной оболочки являются:

– выбор подходящей версии алгоритма, с учетом особенностей входных параметров, целевого устройства исполнения;
– инициализация необходимой библиотеки алгоритмов (framework'a);
– создание интерфейса доступа для последующего применения алгоритма.

Структурно в представленной оболочке можно выделить следующие сущности:

– Algorithm layer – обеспечивает единый интерфейс доступа для всех поддерживаемых библиотек, скрывает от конечного пользователя особенности настройки и инициализации необходимых параметров, обобщает и систематизирует информацию по поддерживаемым алгоритмам от библиотек, в качестве клиента этого слоя может выступать web-интерфейс или совместимое ПО, развернутое на клиентской машине;
– Framework – библиотека алгоритмов от того или иного разработчика. В качестве базового набора библиотек алгоритмов возможно подключение Weka, CUDA, SPARK, MLlib. Кроме того, каждый компонент информирует клиента о поддерживаемых данной библиотекой алгоритмах и предоставляет интерфейс доступа на уровень «Algorithm layer»;
– хранилище данных предоставляет доступ на чтение и запись из поддерживаемых источников данных (например, файловая система, SQL база данных и т.д.).

Кроме того, планируется добавление слоя «Choose framework model», который будет выполнять автоматический выбор наиболее подходящей реализации того или иного алгоритма исходя из различных параметров (например, объем данных, место их расположения, особенности задачи).

1. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных / С. Дэви [и др.]. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
2. Татур, М. М. Особенности построения вычислителей интеллектуальной обработки данных/ М. М. Татур // Информатика. – Минск, 2015. – № 1(45). – С. 39–44.
3. Проявление закона Амдаля-Густавсона на примере реализации алгоритма k-средних / А. И. Демидчук [и др.] // Междунар. НПК «Big Data and Predictive Analytics. Использование Big Data для оптимизации бизнеса и информационных технологий». – Минск, 2015. – С. 151–154.
4. Применение методов DataMining и KnowledgeDiscovery в оперативно-розыскной деятельности / С. Н. Нефедов [и др.] // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы оперативно-розыскной деятельности». – Минск, Академия МВД, 2017. – С. 70–72.

МЕДИЦИНСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТМЫ: ОПЫТ, АКТУАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Лаптёнок С. А.
Кафедра "Экология Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: 267413@mail.ru

Информацию, наряду с материей и энергией, можно считать одной из основ мироздания. Информацией является вероятность нахождения электрона в определенной точке относительно ядра атома. Информацию несёт молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Живые организмы различными способамиполучают и используют информацию в целях выживания и воспроизводства себе подобных.

Человек также является живым организмом, но уровень использования информации в человеческом обществе значительно превышает аналогичный показатель по сравнению даже с самыми высокоразвитыми животными. В том числе это касается обмена информацией.Обмен информацией между животными осуществляется на физико-химическом (визуальном, аудиальном, тактильном обонятельном) уровне. Для человека данные алгоритмы обмена информацией также характерны, но имеют гораздо меньшее значение по сравнению с вербальным способом информационного обмена.

Процесс развития цивилизации неразрывно связан с процессом совершенствования способов информационного обмена: чем быстрее и эффективнее знания передаются от популяции к популяции и от поколения к поколению, тем успешнее развивается общество в целом.

Информация о состоянии здоровья имеет исключительно важное значение как для конкретного человека, так и для популяции любого масштаба – от жителей отдельного населенного пункта до всего человечества. Сбор, хранение, обработка и интерпретация такого рода информации не представляется возможной без использования медицинских информационных систем.

Термин «медицинские информационные системы» охватывает широкий спектр объектов. К категории медицинских информационных систем можно отнести семена фасоли различного цвета, которые использовались при подсчете количества эритроцитов, лейкоцитов, лимфоцитов и других клеток в поле зрения микроскопа (общий анализ крови). Позднее эту функцию выполняло механическое устройство наподобие арифмометра с клавишами и индикатором для каждого типа клеток.

Медицинскими информационными системами можно считать историю болезни пациента («карточку» в поликлинике), журнал регистратуры поликлиники, журналы регистрации диспансерного учета и т.п.

При помощи перечисленных выше объектов осуществляется информационное обеспечение различных процессов в медицинской деятельности: лабораторного анализа, информационно-справочной и профилактической работы, диспансеризации населения и др.

Как правило, истории болезни, результаты анализов, различного рода журналы представлены в виде «твердых копий», то есть, на бумажном носителе. «Компьютеризация» и автоматизация формирования, хранения и использования такого рода информации явились стимулом к созданию медицинских информационных систем в их актуальном виде.

Медицинская информационная система в общем сегодня представляет собой аппаратно-программный комплекс, функционирование которого обеспечивает формализацию и автоматизацию процессов решения рутинных либо исследовательских задач в области здравоохранения.

Одно из определений понятия «Медицинская информационная система» (МИС) выглядит следующим образом: «Медицинская информационная система (МИС) — система автоматизации документооборота для лечебно-профилактических учреждений, в которой объединены система поддержки принятия медицинских решений, электронные медицинские карты о пациентах, данные медицинских исследований в цифровой форме, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация».

С учетом особой важности объекта, медицинские информационные системы имеют ряд специфических характеристик.

Во-первых, это, как правило, пациентоориентированность (ядром большинства стандартных МИС являются базы данных, содержащие информацию о пациентах).

Во-вторых, при создании МИС имеет место повышенный уровень ответственности разработчика, поскольку информация, обрабатываемая системой, является особо значимой.

В-третьих, при создании МИС определенных категорий требуется интеграция админи-

стративной, медицинской и финансовой информации либо интеграция со специфическими видами оборудования.

Классификация медицинских информационных систем осуществляется на основании различных подходов. Одним из наиболее важных критериев классификации можно считать критерий цели функционирования конкретной медицинской информационной системы.

Так, целью создания МИС может служить автоматизация рутинного документооборота в учреждении здравоохранения, как, например, формирование эпикриза, стандартных статистических и бухгалтерских отчетов и т.п.

МИС исследовательского характера должна обладать более гибкой структурой и обеспечивать обработку информации в соответствии с запросами заказчика.

Примерами МИС первого типа могут служить программно-аппаратные комплексы, функционирующие в учреждениях здравоохранения различного назначения, обеспечивающие автоматизацию рутинной работы различных подразделений.

Пример структуры исследовательской МИС НИИ радиационной медицины МЗ РБ приведен на рисунке 1.

Медицинские информационные системы классифицируют также на основе иерархического принципа в структуре здравоохранения. Выделяют следующие категории. 1. Медицинские информационные системы базового уровня, основная цель которых – оптимизация работы врачей разных специальностей на основе использования аппаратно-программных комплексов, реализующих соответствующие функции. МИС данного уровня позволяют повысить качество профилактической и лабораторно-диагностической работы в условиях массового обслуживания при дефиците времени квалифицированных специалистов. По характеру решаемых МИС базового уровня задач выделяют следующие типы: – информационно-справочные системы, предназначенные для поиска и выдачи медицинской информации по запросу пользователя; – консультативно-диагностические системы, предназначенные для диагностики патологических состояний, включая формирование прогноза и рекомендаций по стратегии лечения при заболеваниях различного профиля); – приборно-компьютерные системы, предназначенные для информационной поддержки и автоматизации диагностического и лечебного процесса, осуществляемых при непосредственном контакте с организмом пациента; – автоматизированные рабочие места специалистов, осуществляющие автоматизацию всего технологического процесса врача соответствующей специальности и обеспечивающие информационную поддержку при принятии диагностических и тактических врачебных решений. 2. Медицинские информационные системы уровня лечебно-профилактических учреждений подразделяют на следующие группы: – информационные системы консультативных центров, предназначенные для обеспечения функционирования соответствующих подразделений и информационной поддержки врачей при консультировании, диагностике и принятии решений при неотложных состояниях; – банки информации медицинских служб, содержащие сводные данные о качественном и количественном составе работников учреждения, прикрепленного населения, основные статистические сведения, характеристики районов обслуживания и другие необходимые сведения; – персонифицированные регистры, содержащие информацию о прикрепленном или наблюдаемом контингенте на основе формализованной истории болезни или амбулаторной карты; – скрининговые системы, предназначенные для проведения доврачебного профилактического осмотра населения, а также для выявления групп риска и больных, нуждающихся в помощи врачей-специалистов; – информационные системы лечебно-профилактических учреждений, основанные на объединении всех информационных потоков и обеспечивающие автоматизацию различных видов деятельности; – информационные системы научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений медицинского профиля, функционирование которых направлено на решение трех основных задач – информатизацию технологического процесса обучения, научно -исследовательской работы и управленческой деятельности НИИ и вузов. 3. Медицинскими информационными системами территориального уровня являются: – информационные системы территориальных органов здравоохранения; – информационные системы, предназначенные для решения медико-технологических задач и обеспечивающие информационной поддержкой деятельность медицинских работников специализированных медицинских служб; – компьютерные телекоммуникационные специализированные медицинские сети, обеспечивающие создание единого информационного пространства на уровне региона. 4. Медицинские информационные системы государственного уровня, предназначенные для информационной поддержки системы здравоохранения в целом.

В настоящее время эффективно используются и активно развиваются такие типы медицинских информационных систем, как медицинские приборно-компьютерные системы, телемедицина и медицинские экспертные системы.

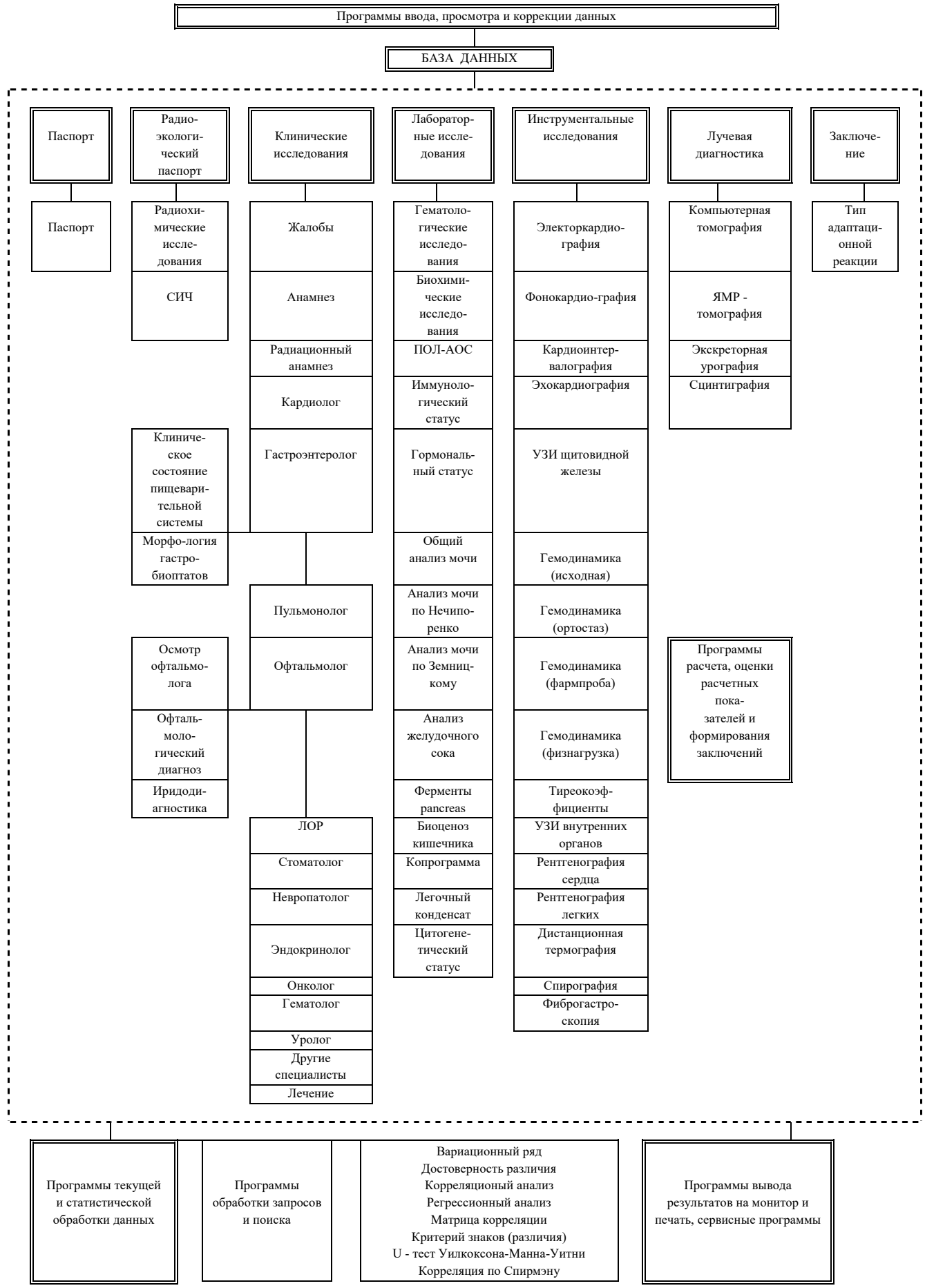


Рисунок 1 – Структура информационной среды “CARD”

Медицинские приборно-компьютерные системы (МПКС). В настоящее время одним из направлений информатизации медицины является компьютеризация медицинской аппаратуры. Использование компьютера в сочетании с измерительной и управляющей техникой в медицинской практике позволило создать новые эффективные средства для обеспечения автоматизированного сбора информации о состоянии больного, ее обработки в реальном масштабе времени и управление ее состоянием. МПКС относятся к медицинским информационным системам базового уровня.

Типичными представителями МПКС являются медицинские системы мониторинга состояния пациента, анализа данных томографии, ультразвуковой диагностики и т.п.

Телемедициной называют комплекс современных лечебно-диагностических методик, предусматривающих дистанционное управление медицинской информацией.

Основными задачами телемедицины являются следующие:

– обслуживание групп населения, проживающих на значительном удалении от медицинских центров либо имеющих ограниченный доступ к медицинским службам;

– создание системы региональных диагностических центров для обеспечения оперативной связи между лечащим врачом и врачом-диагностом, работающими в лечебных учреждениях, находящихся на значительном расстоянии;

– оперативный дистанционный обмен информацией, когда требуется срочная консультация специалистов из центральных медучреждений для спасения больного или определения тактики лечения в сложных ситуациях, в том числе специалистов из крупнейших мировых медицинских центров.

Медицинские экспертные системы представляют собой программное обеспечение, реализующее алгоритмы анализа профильной информации на основе определённых исходных данных и способное в той или иной степени заменять специалистов узкого профиля в проблемных ситуациях. Сами системы рассматриваются как модели поведения экспертов, и, как и эксперты-люди, в своей работе используют знания. Для экспертных систем базы знаний представлены в виде формализованных совокупностей фактов и правил логического вывода в определённых областях, доступные для изменения и дополнения.

Наиболее важными областями применения медицинских экспертных систем являются следующие:

– диагностика неотложных и угрожающих состояний в условиях дефицита времени;

– ограниченные возможности обследования;

– скудная клиническая симптоматика;

– быстрые темпы развития заболевания.

Перспективы развития медицинских информационных систем определяются как совершенствованием методического, технического, алгоритмического и программного обеспечения существующих МИС различного назначения, так и расширением масштабов и методологической базы.

Так, первые медицинские информационные системы базировались на отдельных компьютерах и представляли собой, фактически, простейшие автоматизированные рабочие места (АРМ), обеспечивающие элементарные функции (первый уровень).

Представителями медицинских информационных систем второго уровня стали автоматизированные информационные системы (АИС), объединившие в локальные сети вычислительную технику отдельных учреждений здравоохранения и обеспечившие определенный уровень автоматизации различных рутинных процедур.

Третий уровень в Республике Беларусь представлен так называемым «канцер-регистром» – общереспубликанской системой регистрации заболеваний злокачественными новообразованиями, то есть, профильной медицинской информационной системой.

Медицинские информационные системы трех вышеперечисленных уровней совершенствуются и успешно функционируют в системе здравоохранения. Тем не менее, дальнейшее развитие отечественной медицины, и, соответственно, ее информационного обеспечения, требует новых методологических и методических подходов, в том числе и создания МИС четвёртого уровня – общегосударственной медицинской информационной системы, обеспечивающей решение широкого спектра задач по сохранению здоровья населения.

В этом плане весьма перспективной представляется концепция митигаци(“mitigation” – «смягчение», «ослабление», «облегчение», «уменьшение», «снижение») – совокупное понятие, под которое подходят все действия, предпринимаемые до наступления чрезвычайной ситуации, включая состояние готовности и долгосрочные меры по уменьшению риска, разработку и реализацию специфических проектов по снижению уязвимости населения [1].

Философия и методология митигации органично согласуется с разработанной в 80-90-х годах XX столетия членом-корреспондентом Национальной академии наук Беларуси Н.И. Аринчиным концепцией здравосозидания в Республике Беларусь. По А.Н. Аринчину здравосозидание представляет собой систему индивидуальных, государственных и международных мероприятий, направленных на вскрытие и ликвидацию источников заболеваний, формирование здоровья, долголетия и творческой жизнедеятельности каждого человека [2].

28 февраля 2012 г по инициативе Министерства природных ресурсов Республики Беларусь было проведено рабочее совещание «Проблемы медицинской геологии Беларуси», в ходе которого обсуждались вопросы совместных с Министерством здравоохранения Республики Беларусь и другими заинтересованными министерствами исследований в области влияния геохимических и геофизических факторов на состояние физиологических систем организма человека в отдельных регионах Республики Беларусь. В качестве имплементации решений данного совещания предлагается системный подход к решению проблем выявления и оценки уровней рисков, связанных с проживанием в зонах с различными геофизическими и геохимическими характеристиками.

Белорусское государство активно пропагандирует и всемерно поддерживает ориентацию своих граждан на здоровый образ жизни. Следующим шагом в данном направлении может стать внедрение системы мероприятий, направленных на снижение риска возникновения опасных заболеваний вследствие воздействия территориально обусловленных факторов, и основанных на системном анализе информации с использованием современных технических и программных средств.

В ходе проведенного с использованием технологии географических информационных систем (ГИС) пилотного исследования эколого-эпидемиологической ситуации, связанной с заболеваемостью населения злокачественными новообразованиями на территории Воложинского и Столбцовского районов Минской области, была получена дополнительная информация о комбинированном влиянии геоэкологических факторов природного и антропогенного характера на состояние здоровья населения, проживающего в условиях такого рода сочетанного воздействия . Предлагаемый подход к анализу подобного рода информации может быть эффективно расширен как на другие значимые классы заболеваний (заболевания системы кровообращения, выделительной, пищеварительной, дыхательной систем и т.д.), так и на различные территориальные факторы (геологические, экологические и др.). Для его реализации в республиканском масштабе необходимо создание при профильных республиканских научно-практических центрах соответствующих регистров заболевших с указанием адреса места жительства для последующей территориальной привязки (геокодирования), математического и пространственного анализа с использованием географических информационных систем. Образцом в данном случае может служить государственный канцер-регистр.

Профильные регистры целесообразно объединить в единую информационную систему с возможностью обработки и визуализации информации в привязке к территории, для чего использовать пространственные картографические модели территории Республики Беларусь с отображением геологических, геофизических, геохимических, гидрологических и других объектов и зон, оказывающих или могущих оказывать влияние на функционирование систем организма.

Функционирование предлагаемой системы обеспечит эффективное выявление территорий, в пределах которых сочетанное воздействия различных природных и антропогенных факторов может обусловить повышение рисков формирования тех или иных социально значимых патологий, что позволит оперативно принимать управленческие решения по осуществлению превентивных мер, направленных на снижение уровня соответствующих рисков (углубленный целевой мониторинг, профилактические мероприятия и т.п), что будет иметь значимый экономический и социальный эффект как в местном и региональном, так и в общегосударственном масштабе.

I. Список литературы

1. Гусев, А. В. Рынок медицинских информационных систем: обзор, изменения, тренды // Врач и информационные технологии. — 2012-01-01. — Вып. 3. — ISSN 1811-0193.
2. Свердлов, Ф. Ю. Проблема информатизации лечебно-профилактических учреждений РФ (на примере ЛПУ г. Москвы) // Врач и информационные технологии. — 2014-01-01. — Вып. 4. — ISSN 1811-0193.
3. Л.Б.БЕЛОВ, С.А.ЛУНЕВ, Е.И.ИВАНОВ Медицинская информатизированная система документооборота (МИСД) база для формирования электронного здравоохранения в Российской Федерации // Врач и информационные технологии. — 2006-01-01. — Вып. 4. — ISSN 1811-0193.
4. Гайдуков, А. И., Грибова, Д. Б., Сидоренко, В. Д. Опыт использования стандарта HL7 CDA R2 для организации обмена данными о назначениях лекарственных препаратов и об их исполнении в автоматизированных системах уровня медицинской организации // Врач и информационные технологии. — 2012-01-01. — Вып. 6. — ISSN 1811-0193.
5. Столбов, А. П. Организация электронного документооборота в здравоохранении // Врач и информационные технологии. — 2007-01-01. — Вып. 5. — ISSN 1811-0193. Когаленок, В. Н., Царева, З. Г., Тараканов, С. А. Проблемы внедрения медицинских информационных систем автоматизации учреждений здравоохранения. Комплекс программных средств «Система автоматизации медикострахового обслуживания населения» // Врач и информационные технологии. — 2012-01-01. — Вып. 5. — ISSN 1811-0193.
6. Свердлов, Ф. Ю. Проблема информатизации лечебно-профилактических учреждений РФ (на примере ЛПУ г. Москвы) // Врач и информационные технологии. — 2014-01-01. — Вып. 4. — ISSN 1811-0193.
7. Л.Б.БЕЛОВ, С.А.ЛУНЕВ, Е.И.ИВАНОВ Медицинская информатизированная система документооборота (МИСД) база для формирования электронного здравоохранения в Российской Федерации // Врач и информационные технологии. — 2006-01-01. — Вып. 4. — ISSN 1811-0193.
8. Гайдуков, А. И., Грибова, Д. Б., Сидоренко, В. Д. Опыт использования стандарта HL7 CDA R2 для

организации обмена данными о назначениях лекарственных препаратов и об их исполнении в автоматизированных системах уровня медицинской организации // Врач и информационные технологии. — 2012-01-01. — Вып. 6. — ISSN 1811-0193.

9. Столбов, А. П. Организация электронного документооборота в здравоохранении // Врач и информационные технологии. — 2007-01-01. — Вып. 5. — ISSN 1811-0193.
10. Когаленок, В. Н., Царева, З. Г., Тараканов, С. А. Проблемы внедрения медицинских информационных систем автоматизации учреждений здравоохранения. Комплекс программных средств «Система автоматизации медикострахового обслуживания населения» // Врач и информационные технологии. — 2012-01-01. — Вып. 5. — ISSN 1811-0193.
11. Емелин, И. В. Всемирная стандартизация медицинской информатики // Врач и информационные технологии. — 2009-01-01. — Вып. 3. — ISSN 1811-0193.
12. Керейтова, М. Р., Малыш, В. Н. Информационная безопасность в медицинских информационных системах // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2012-01-01. — Т. 1. — ISSN 2220-6418.
13. Информационные технологии в медицине. ГОСТ Р 52636-2006 Электронная история болезни. resortsoft.ru. Проверено 13 сентября 2016.
14. Национальный стандарт “Электронная история болезни”. Проверено 13 сентября 2016.
15. Требования к Медицинской информационной системе медицинской организации | ГАУЗ "ПК МИАЦ". site.pkmiac.ru. Проверено 13 сентября 2016.
16. Минздрав. Портал оперативного взаимодействия участников ЕГИСЗ. portal.egisz.rosminzdrav.ru. Проверено 15 сентября 2016.
17. Типовая медицинская информационная система персонифицированного учета оказания медицинской помощи в вопросах и ответах. Часть 2 // Врач и информационные технологии. — 2009-01-01. — Вып. 5. — ISSN 1811-0193.
18. Дорожко, С.В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Учебное пособие в 3-х частях / С.В. Дорожко, В.Т. Пустовит, Г.И. Морзак. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – Часть 1 : Чрезвычайные ситуации и их предупреждение. – 222 с.
19. Аринчин, Н.И. Здравосозидание / Н.И. Аринчин. – Минск, 1998. – 48 с.
20. Гарецкий, Р.Г. Эколого-тектонофизическая среда Беларуси / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 175 с.
21. Губин, В.Н. Космогеология на современном этапе: региональные исследования, литомониторинг, образование / В.Н. Губин [и др.] // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование : сб. науч. ст. / Издательский центр БГУ ; под. ред. В.Н. Губина. – Минск, 2006. – С. 14-18.
22. Тяшкевич, И.А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь /И.А. Тяшкевич // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. : сб. науч. ст. / Издательский центр БГУ ; под. ред. В.Н. Губина. – Минск, 2006, – С. 6-10.
23. Абламейко, С.В. Геоинформационные системы: создание цифровых карт / Абламейко, С.В., Апарин, Г.П., Крючков, А.Н. – Минск, 2000. – 265 с.
24. Бубнов, В.П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П.Бубнов, С.В. Дорожко, С.А. Лаптенок – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.
25. Кошкарев, А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов; под ред. Д.В. Лисицкого. – М.: «Картгеоцентр», Геодезиздат, 1993. – 351 с.
26. Морзак, Г.И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии / Г.И. Морзак, С.А. Лаптёнок. – Минск: БГАТУ, 2011. – 210 с.
27. Longley, P.A. GIS: Teoria i praktyka / P.A. Longley [et ctr.] – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006. – 519 s.
28. Лаптёнок, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А. Лаптёнок, – Минск: БНТУ, 2013, –287 с.
29. Лаптенок, С.А. Информационно-аналитический комплекс для математической обработки медико-экологических данных в целях решения задач по минимизации последствий чрезвычайных ситуаций : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.02 / С.А. Лаптенок; ИРБ «БЕЛРАД». – Мн., 2001. – 23 с.

Секция «Системы управления»

Section «Control systems»

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ РАЙОНА СТАРТОВОЙ ПОЗИЦИИ

Демешко В. С., Онищук Р. С.
Кафедра тактики и вооружения войсковой противовоздушной обороны, Военная академия РБ
Минск, Республика Беларусь
E-mail: demeka-v@mail.ru

Статья посвящена повышению уровня безопасности охраняемых объектов за счет применения автоматизированной системы охраны. Предложен облик системы автоматизированной охраны. Приведены основные показатели качества с помощью которых оценивается эффективность данной системы.

Проблема обеспечения живучести подразделений, вооруженных ЗРК малой дальности, обусловливается наличием в Вооруженных Силах иностранных государств сил специальных операций, а именно диверсионно разведывательных групп, деятельность которых предполагает целенаправленную работу по разведке, проведению диверсий и выводу из строя систем и средств ПВО. В связи с этим организация эффективного противодействия диверсионным группам в условиях современных войн и конфликтов приобретает первостепенное значение [1]. Наиболее сложной из угроз является нейтрализация проникновения на охраняемую территорию подготовленной вооруженной диверсионно разведывательной группы и недопущение применения ей по охраняемому объекту переносных средств поражения. Проведя анализ возможностей сил специальных операций иностранных государств и расчеты по оценке возможностей подразделений охраны и обороны показывают, что имеющийся штат подразделений охраны не обеспечит выполнение задачи по охране с требуемой надежностью обеспечения безопасности. [2]. Для повышения уровня безопасности охраняемых объектов одним из направлений может быть автоматизация процессов обнаружения и нейтрализации угроз, сведя до минимума степень участия человека. При этом на человека возлагаются задачи принятия решения и контрольные функции, а роль боевых средств будут выполнять роботизированные платформы, способные обнаруживать противника в любых условиях и поражать его по команде оператора. Облик системы автоматизированной охраны и её основные элементы представлены на рисунке 1.

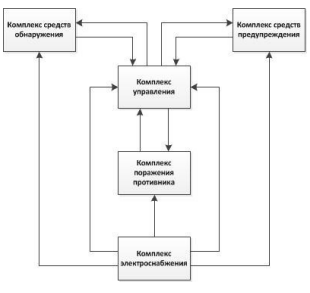


Рис. 1 – Структурная схема системы автоматизированной охраны

Особое внимание необходимо уделить комплексу средств обнаружения, который предназначен для обнаружения нарушителя в ответственном секторе и может быть построен на базе пассивных систем, работающих на разных физических принципах, и типах чувствительных элементов, воспринимающих воздействие нарушителей при пересечении их чувствительных зон, а также на базе бесплотно летательных аппаратов [2]. На рисунке 2 показан пример реализации системы охраны пассивными датчиками, которые широко применяются при охране гражданских объектов [3].

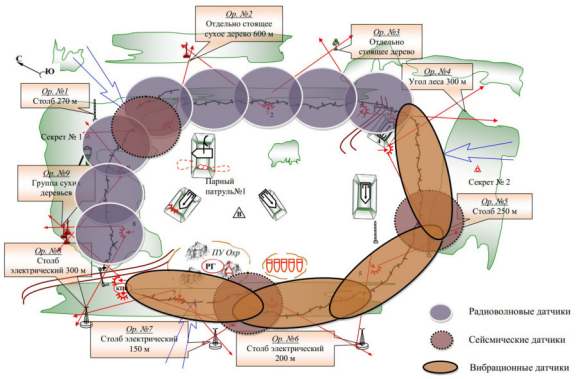


Рис. 2 – Пример реализации системы охраны пассивными датчиками

Эффективность данной системы можно оценить с помощью показателей качества, таких как: размеры зоны обнаружения; вероятность правильного обнаружения; время наработки на ложное срабатывание; помехозащищенность системы охраны; уязвимость к преодолению. Верная интерпретация этих показателей имеет первостепенное значение для проектирования и эксплуатации любой системы охраны периметра [4]. Зона обнаружения системы охраны представляет собой участок местности, в пределах которого обеспечивается обнаружение нарушителей с вероятностью правильного обнаружения не ниже заданной при фиксированном времени наработки на ложное срабатывание. Речь не идет о пространственной зоне обнаружения, поскольку в рамках исследования рассматривается система обнаружения только наземных нарушителей. При этом в зависимости от типа используемых

средств обнаружения конфигурация зоны обнаружения может изменяться. Вероятность правильного обнаружения – это вероятность наступления события, заключающегося в формировании системой охраны сигнала «Тревога» при обнаружении нарушителя. Другой важной характеристикой системы охраны является время наработки на ложное срабатывание. Время наработки на ложное срабатывание выбирается исходя из области применения системы. При использовании для охраны государственной границы или периметров важных объектов время наработки на ложное срабатывание, как правило, составляет не менее 720 ч, что означает порядка одного ложного срабатывания в течение месяца. Стремление повысить чувствительность системы неизбежно влечет за собой увеличение числа ложных тревог. Именно поэтому в пассивных системах обнаружения вторжения при оценке ситуации далеко не все тревоги вызваны вторжением. На практике разработчик системы должен поддержать требуемую вероятность обнаружения при фиксированной частоте ложных тревог (критерий Неймана-Пирсона, который, заключается, в решение о наличии сигнала на входе приемника выдается в результате сравнения с пороговым значением одной и той же величины, которая называется отношением правдоподобия). Под помехозащищенностью понимают способность пассивных систем поддерживать показатели качества, такие как вероятность обнаружения наземного противника и вероятность ложного срабатывания, на заданном уровне в условиях воздействия помех. Работа пассивных систем обнаружения происходит в условиях воздействия на чувствительные элементы датчиков преднамеренных и непреднамеренных помех естественного и искусственного происхождения. К преднамеренным помехам относятся помехи, создаваемые нарушителем с целью приведения пассивной системы в неработоспособное состояние (или ограничения ее характеристик). Возможность создания нарушителем таких помех зависит от знания им физического принципа действия таких систем, ее основных характеристик. Результатом непосредственного воздействия помех на датчики пассивной системы является ухудшение качества правильного обнаружения. Любая пассивная система обладает конечной помехозащищенностью, поэтому под воздействием значимых помеховых факторов она с определенной вероятностью может выдавать ложные тревоги. Вопрос помехозащищенности конкретного датчика определяется в основном местом и качеством его установки. Поэтому наработка одного и того же датчика на ложное срабатывание на разных объектах отличается в несколько раз. Под уязвимостью пассивных систем к преодолению понимается возможность нарушителя преодолеть зону обнаружения, не вызвав появления сигнала тревоги, в том числе с использованием специальных методов и средств пересечения рубежа или устройства нейтрализации (блокировки) системы. Уязвимость преодоления зависит от физического принципа работы конкретного датчика. Таким образом, применение автоматизированной системы охраны с использованием технических средств, позволит: повысить эффективность охраны района стартовой позиции подразделения, вооруженного ЗРК малой дальности; повысить оперативность оповещения о вторжении наземного противника за счет применения датчиков, работающих на разных физических принципах; сконцентрировать внимание личного состава из числа взвода охраны и обороны на наиболее опасных и уязвимых участках местности.

1. Подлесный, Е. А. Локальные войны и вооруженные конфликты: учеб. пособие: в 2ч. / Е. А. Подлесный, В. И. Шатько –Минск: ВАРБ, 1998.
2. Демешко, В. С. Повышение эффективности охраны стартовых позиций подразделений, вооруженных ЗРК малой дальности: дис. ... маг. техн. наук: 1–958004 / В. С. Демешко. – М., 2017.
3. Задачи и проблемы охраны объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.v1electronics.ru. – Дата доступа: 15.08.2017.
4. Демешко, В. С. Расчет основных показателей качества системы автоматизированной охраны с использованием мажоритарной логики / В. С. Демешко // Актуальные проблемы современной науки: материалы 11 междунар. науч.–техн. конф., – Актобе, 19 мая 2017 г. Военный ин-т Сил воздушной обороны; редкол.: изд-во Принт-А. – Актобе, 2017. – С. 327.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОТО, ВИДЕОФИКСАЦИИ И ЗАПИСИ ПРОЦЕССА ВЗВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Деменковец Д. В.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: demenkovets@bsuir.by

В докладе рассмотрены структурная схема автоматизированной системы фото, видеофиксации и записи процесса взвешивания железнодорожных вагонов, проблемы функционирования системы и описание функций программного средства.

Введение

Для правильной эксплуатации подвижного состава, организации движения и для коммерческих расчетов большое значение имеет учет перевозимых по железной дороге грузов. Также он важен в транспорте углеводородов, сжиженных автомобильных и бытовых газов и играет значимую роль в определении их цены. Для обеспечения такого учета, и нужны железнодорожные весы с автоматизированной системой и соответствующим программным обеспечением. В наше время используются электромеханические весы, преобразующие воздействие силы тяжести в электрический сигнал - тензометрические весы [1-2]. Эти весы являются международными. Они используются во всех странах мира, в которых проложены железнодорожные пути и имеется государственный реестр по измерению грузов [3]. При реализации процедуры взвешивания важным является фиксация (фото- или видео-) процесса взвешивания. В данном докладе рассмотрена организация подобной системы.

I. Организация системы фото, видеофиксации процесса взвешивания

Для организации взвешивания вагонов с фото и видеофиксацией необходимо следующее оборудование:

- IP видеокамера в уличном исполнении;
- IP видеокамера в обычном исполнении;
- информационное (светодиодное) табло;
- коммутатор с функцией Power Over Ethernet (питание по линии связи);
- весоизмерительный индикатор;
- персональный компьютер.

Структурная схема системы иллюстрирующая взаимодействие этих компонентов изображена на рисунке 1.

Все компоненты системы соединены с персональным компьютером посредством стандартных системных интерфейсов и протоколов. Названия и устройства отображены в таблице 1.

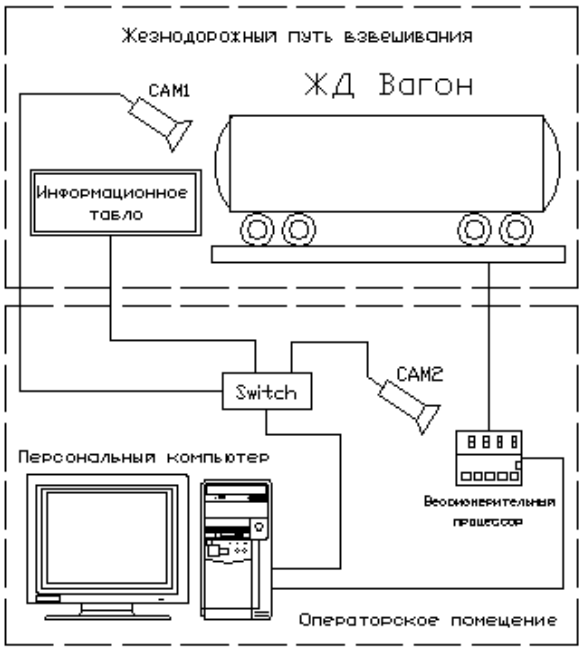


Рис. 1 – Структурная схема системы видеофиксации

Таблица 1 – Таблица интерфейсов системы

Устройство	Интерфейс связи с PC
Видеокамера 1	Ethernet, IP
Видеокамера 2	Ethernet, IP
Информационное табло	Ethernet, UDP
Весоизмерительный индикатор	RS-232, Com

Основные проблемные вопросы возникающие при создании подобной системы являются:

- при установке вагона на измерительную платформу маневровым локомотивом не всегда соблюдаются нормы по максимальной скорости движения;
- многократное увеличение времени стабилизации веса полупустых вагонов с жидким грузом (заполнение менее 70 процентов);
- несоблюдение норм по обслуживанию грузовой платформы, например загрязнение;
- невозможность прямой визуализации процесса взвешивания вагона из-за значитель-

ного удаления операторского помещения от весоизмерительной платформы (более 400 метров);
- отсутствие обратной связи с информационным (светодиодным) табло, невозможность увидеть, что на нем отображено.;
- невозможность корректно прочитать номера вагонов, ввиду часто происходящей загрязненности, различного фонового цвета, большого количества других технических записей на вагоне, остуствие определенного места расположения записи номера вагона.

Частично многие их этих проблем помогает решить фото и видеофиксация не только процесса взвешивания, но и всего процесса эксплуатации весов. Например, запись видео или создание серии фотоснимков при изменении изображения в потоковом видео.

Проблему определения номера вагона предлагается решить следующим образом. Так как изображение железнодорожного вагона имеет известное разрешение 1920x1080, то это позволяет применять алгоритм распознавания номера для определенных областей даже в том случае, когда поле номера занимает только часть изображения.

Решение проблемы отсутствия обратной связи с информационном табло достигается установкой табло в области видимости видеокамеры, фиксирующей вагон.

II. Программное средство системы

Программное средство системы позволяет производить фиксацию процесса взвешивания, как в автоматическом, так и в ручном режимах. Пример вида программного средства представлен на рисунке 2.

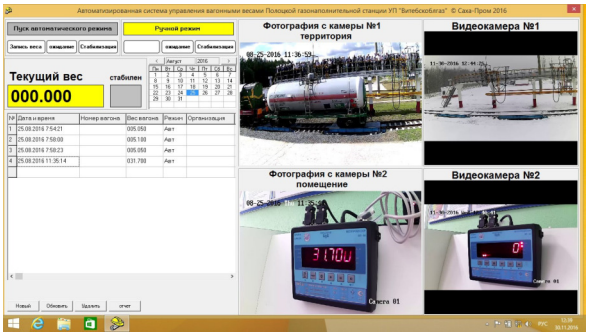


Рис. 2 – Представление данных при реализации процедуры взвешивания

ПС имеет интуитивно понятный интерфейс с минимальным количеством компонентов управления. Он реализован с учетом требований по удобству операторского использования (usability)[4].

Технические характеристики и возможности ПС и системы:
- регистрация полной информации по всем взвешиваниям вагонов;
- поддержка работы с архивом получаемых и сохраняемых данных;
- отображение и анализ данных о взвешиваниях в интерактивном (реальном) режиме;
- измерение массы пустого вагона (тары) и автоматическое вычисление массы перевозимого груза (нетто);
- создание записи (информационной карточки) по каждому взвешиванию с сохранением следующей информации:
  - номер взвешивания, дата и время взвешивания, номер вагона;
  - масса тары, брутто, нетто, вид груза;
  - организация грузоотправитель, грузополучатель, весовщик;
- сопоставление фотоизображения весоизмерительного индикатора и вагона с информационной карточкой;
- генерация отчетов по взвешиваниям за промежутки времени;
- распечатка и хранение отчетов на жестком диске персонального компьютера.

Разработка программного средства выполнена на языке Delphi с использованием библиотек Uart, MSComm32 (для работы с весоизмерительным устройством), BX-IV (для работы с информационным табло), PasLibVLC и Pnglang (для работы с видеокамерами и изображениями).

III. Заключение

Возможности разработанной системы и программного средства по своим характеристикам и функционалу не уступают лучшим аналогам и образцам [5-6]

IV. Список литературы

1. Википедия Свободная энциклопедия - Железнодорожные весы [Электронный ресурс] / – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/железнодорожные весы – Дата доступа: 07.09.2017.
2. Удаленная консультация консультант плюс- Вагонные весы: классификация, виды, поверка и калибровка на территории РФ [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://ppt.ru/guide/news/137328 – Дата доступа: 07.09.2017.
3. Весы неатоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания: ГОСТ IOIML R 76-1-2011. введ. РБ 22.12.11. // Минск : Евразийкийй совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).
4. Круг С.. Как сделать сайт удобным. Юзабилити по методу Стива Круга: [пер. с англ.] / С. Круг // Издательство: ПИТЕР, 2010. – 22 с.
5. Весоизмерительная компания «Тензо-М» - Статическое взвешивание на электронных весах «Статика 3» [Электронный ресурс] / – Режим доступа: https://www.tenso-m.ru/programmnoe-obespechenie/dlja-jelektronnyh-vesov/338/1 – Дата доступа: 07.09.2017.
6. Завод весоизмерительного оборудования ООО «НПП Техноваги» - Программа UniScale v1.1 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://technowagy.com.ua/product/programma-uniscale-v1-1/ – Дата доступа: 07.09.2017.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

Илюшин И. Э., Кожевников М. М.
Кафедра автоматизации технологических процессов и производств, Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Республика Беларусь
E-mail: CRUSH-wciiitft@yandex.ru, kmmk@mail.ru

Предложен новый подход к управлению сварочными роботами-манипуляторами на основе модифицированной статистической модели конфигурационного пространства. Данный метод, в отличие от известных, позволяет учесть геометрические характеристики звеньев манипуляторов, кинематические и пространственные ограничения, а также ограничения сварочной технологии. Разработан алгоритм управленичя. Эффективность предлагаемого алгоритма подтверждается результатами тестирования в экспериментальной среде моделирования роботов.

Введение

Предлагаемая работа посвящена проблеме управления промышленными роботами-манипуляторами и роботизированными технологическими комплексами (РТК) в технологическом процессе точечной контактной сварки (ТКС). Необходимость применения роботов для ТКС обусловлена переходом мирового производителя на использование оцинкованного листового материала, расширением модельного ряда кузовов автомобилей, повышением точности сборки и сварки деталей кузова и снижением доли ручного труда на производстве [1]. Стоит отметить, что для управления роботами-манипуляторами (РМ) на данный момент на большинстве предприятий применяется так называемый метод ручного обучения [2]: в этом случае процесс записи необходимой траектории в память становится довольно длительным. Кроме того, качество данного процесса зависит непосредственно от навыков оператора, что повышает риск совершения ошибок, которые выявляются лишь на этапе наладки. На устранение ошибок и повторное перепрограммирование РТК уходит большое количество времени, что существенно увеличивает сроки освоения новых изделий. В связи с этим целесообразно производить моделирование РТК с последующей разработкой алгоритмов управления, что призвано сократить время программирования траекторий промышленных роботов-манипуляторов, а также увеличить надежность их работы.

I. Постановка задачи

Технологический процесс ТКС заключается в сжатии соединяемых деталей между двумя электродами, формирующими «точечный» шов. Технологический инструмент промышленного манипулятора для ТКС состоит из сварочных клещей, трансформатора и кабелей вторичной цепи. На практике размещают трансформатор на одном из звеньев робота либо используют сварочные инструменты с подвесным трансформатором (рис. 1). Во втором случае в процессе работы кабель подвергается изгибу и скручиванию, что резко снижает его долговечность. Поэтому в процессе управления роботом необходимо предъявлять требования к минимизации деформации вторичного токоподводящего кабеля [3-6].

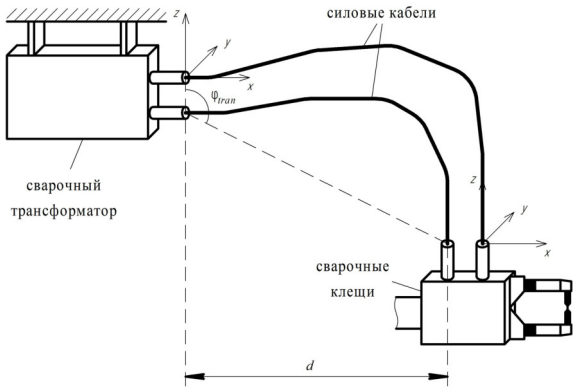


Рис. 1 – Расположение токоподводящих кабелей в пространстве в процессе ТКС с подвесным трансформатором

Величину изгиба кабеля можно косвенно оценить по длине кривой, соединяющей точки крепления и имеющей кривизну, не превышающую предельное значение:

$$L = 2 \cdot r \cdot \arcsin \frac{d}{2 \cdot r \cdot \sin \varphi_{tran}}, \qquad (1)$$

где d – расстояние между точками крепления, r – допустимый радиус изгиба, φ_{tran} – угол между отрезком, соединяющим точку крепления и осью z соответствующего трансформатору фрейма. В качестве критерия определим максимально допустимую длину кривой L_{max}.

Величину скручивания оценим величиной φ и ψ углов поворота сварочных клещей вокруг осей x и y соответствующего клещам фрейма.

Этим углам зададим ограничения в виде максимально допустимых углов поворота φ_{max} и ψ_{max}. Тогда ограничения на деформацию кабеля имеют вид:

$$L \leq L_{max}, \varphi \leq \varphi_{max}, \psi \leq \psi_{max}. \quad (2)$$

Робот-манипулятор рассмотрим как кинематическую цепь из n звеньев поворотных сочленений, в его рабочей зоне расположено некоторое множество препятствий $\mathbf{B} = \{\mathbf{B_1}, \mathbf{B_2}, \ldots, \mathbf{B_m}\}$. Конфигурацию этого робота зададим в виде вектора $\mathbf{q} = [q_i]^T$, гаждой конфигурации поставим в соответствие вектор скоростей $\dot{\mathbf{q}} = [\dot{q_i}]^T$, где q_i – величины углов в сочленениях, $\dot{q_i}$ – величины угловых скоростей звеньев. Ввиду конструктивных особенностей РМ зададим следующие ограничения:

$$\mathbf{q_{min}} \leq \mathbf{q} \leq \mathbf{q_{max}}, \quad (3)$$

$$||\dot{\mathbf{q}}|| \leq \dot{\mathbf{q}}_{\mathbf{max}}, \quad (4)$$

где $\mathbf{q_{min}}, \mathbf{q_{min}}$ – векторы, определяющие нижнее и верхнее конструктивные ограничения на значения углов в сочленениях манипулятора, $\dot{\mathbf{q}}_{\mathbf{max}}$ – вектор, определяющий ограничения на значения угловых скоростей движения звеньев робота-манипулятора.

II. Алгоритм управления

На основе вышесказанного разработан алгоритм управления. Исходной информацией для него является геометрическая модель РТК, а также координаты стартовой и целевой конфигураций. В соответствии с ограничениями (3) происходит генерация случайной конфигураци $\mathbf{q_i}$. Если она проходит тест на столкновение с препятствиями, а также удовлетворяет ограничениям (2), то данная конфигурация добавляется в множество свободных от столкновений, и в соответствии с (4) генерируется соответствующий ей вектор скоростей $\dot{\mathbf{q}}_\mathbf{i}$, координаты которого также случайные величины. Поиск траектории РМ ведется среди свободных от столкновения конфигураций.

Исследование эффективности проводилось в экспериментальной среде моделирования РТК, предложенный алгоритм управления реализован на языке программирования C++ и интегрирован в систему моделирования РТК. В качестве объекта исследования использовалась роботизированная ячейка для ТКС металлической конструкции, на трехмерную модель которой нанесено 4 сварных шва. Ячейка включает робот-манипулятор KR125 со сварочными клещами (рис. 2).

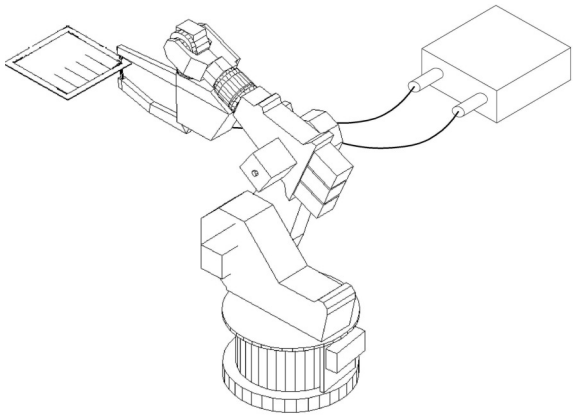


Рис. 2 – Роботизированная ячейка для ТКС

Предложенный алгоритм позволил обеспечить управление свободным от столкновений движением сварочных клещей вдоль каждого из 4 швов. Заданные траектории реализованы на основе технологического языка программирования роботов. Анализ результатов данных экспериментов позволяет сделать вывод о том, что предлагаемый подход эффективен при управлении сварочными роботами-манипуляторами в рабочей среде с препятствиями.

Заключение

Таким образом, в данной работе предложен новый подход к управлению РМ для ТКС на основе статистической модели конфигурационного пространства. На основе предложенного подхода разработан алгоритм, который, в отличие от известных, позволяет эффективно учесть геометрические характеристики роботизированных комплексов, кинематические и пространственные ограничения, а также ограничения сварочной технологии, в частности минимизировать износ силового кабеля для сварочного РМ с подвесным трансформатором. Эффективность разработанного алгоритма подтверждается результатами тестирования в экспериментальной среде моделирования РТК.

1. Pires, J. N. Welding robots: technology, systems issues and applications / J. N. Pires, A. Loureiro, G. Bolmisjo. – Springer-Verlag London Limited, 2006. – 192 p.
2. Цыбулькин, Г. А. Автоматизация процедур обучения роботов семейства «PUMA» / Г. А. Цыбулькин // Автомат. сварка. – 2007. – № 6. – С. 49-50.
3. Пашкевич, А. П. Автоматизированное проектирование промышленных роботов и робототехнологических комплексов для сборочно-сварочных производств / А.П. Пашкевич. – Мн.: БГУИР, 1996. – 107 с.
4. Куркин, С. А. Сварные конструкции: Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве / С. А. Куркин, Г. А. Николаев. М.: Высшая школа, 1991. – 397 с.
5. Сварочные роботы / В. Геттерт [и др.]: ред. Г. Герден. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
6. Springer Handbook of Robotics / ed. B. Siciliano and O. Khatib. Springer-Verlag, 2016. – 2227 p.

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОДСИСТЕМАХ ПРИ ПРИЕМЕ И СДАЧЕ ВАГОНОВ, СЛЕДУЮЩИХ В ПОЕЗДАХ МЕЖДУНАРОДНОГО СООБЩЕНИЯ

Аксёнчиков А. А.
Кафедра «Управление эксплуатационной работой», Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: aksen-72@tutl.by

В статье излагается структура взаимодействия технологических каналов на примере конкретных железнодорожных станций. Дана методика определения технологического интервала готовности поезда к расформированию (отправлению) и часовая производительность обслуживания поезда технологическими каналами.

Введение

Железнодорожные станции можно представить как сложные комплексы технологически взаимосвязанных элементов. С позиций теории систем они полностью отвечают необходимым и достаточным условиям, позволяющим интерпретировать их как сложные большие технологические системы, элементы которых находятся в постоянном функциональном взаимодействии. Технологические процессы в системах и подсистемах железнодорожных станций характеризуются высокой интенсивностью. Пропорционально физическим процессом с поездами, составами, вагонами и документами образуются информационные потоки о ходе процессов и технологических операций и обратные потоки информации от управляющего персонала, регулирующие эти процессы. Все эти составляющие влияют на взаимодействие подсистем станции передачи вагонов (СПВ). Для ритмичной работы СПВ необходимо знать, в определенный промежуток времени, часовую производительность технологических каналов, интервалы готовности поезда и др., для принятия оперативных решений, которые в свою очередь влияют на взаимодействие подсистем и в целом СПВ.

I. Структура взаимодействия технологических каналов в подсистемах СПВ

Технология работы СПВ рассматривается с позиций теории больших систем и в том числе с позиции теории массового обслуживания. В этом случае поезда, составы, вагоны, документы на вагоны и груз рассматриваются как заявки на обслуживание, а бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможни могут интерпретироваться в качестве обслуживающих элементов или технологических каналов. На рисунках 1 и 2 приведены структуры технологических каналов железнодорожной станции Молодечно по обработке поездов и перевозочных документов, следуемых в международном сообщении.

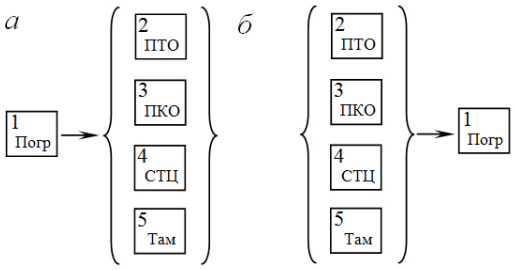


Рис. 1 – Взаимодействие технологических каналов при обслуживании поезда (1 – технологический канал сотрудников органов пограничной службы, 2 – работников ПТО, 3 – работников ПКО, 4 – работника СТЦ, 5 – должностных лиц таможни)

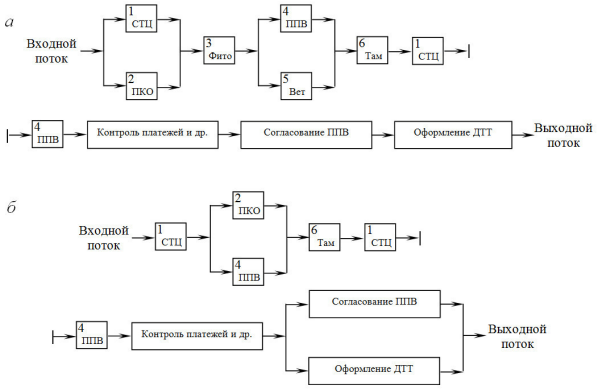


Рис. 2 – Взаимодействие технологических каналов при обработке перевозочных документов (1 – технологический канал СТЦ, 2 – работника ПКО, 3 – фитосанитарного контроля, 4 – пункта передачи вагонов, 5 – ветеринарного контроля, 6 – таможенного контроля)

Эта структура показывает, что по технологической линии обслуживания поездопотока технология и управление процессами характеризуются взаимодействием большого числа обслуживающих технологических каналов, а сам процесс обработки имеет большое число последовательных и параллельных операций при выполнении технологии обслуживании поездов и обработки

перевозочных документов. Выполнение технологии выражается рядом временных параметров, от которых зависит производительность работы технологических каналов обслуживания и в конечном итоге пропускная способность железнодорожной станции (системы, подсистемы).

II. Определение параметров влияющих на взаимодействие технологических каналов в подсистемах СПВ

Число путей в парке прибытия (ПП) и производительность работы технологических предопределяют способность подсистемы. Поэтому для каждого поезда формируется величина задержки приема t_{og}^{pp}, которая в случае надежности работы равна нулю, а в случае полного заполнения путей ПП имеет конкретное числовое значение. Среднее значение задержки приема поезда определяется по формуле [1]

$$t_z = \left(\frac{\sum N_z t_z}{\sum N_z} \right), \tag{1}$$

где $\sum N_z t_z$ – сумма поездо-ч простоя в ожидании приема задержанных поездов за анализируемый период; $\sum N_z$ – число задержанных поездов.

В ПП составы поездов обрабатываются бригадами ПТО, ПКО, работниками СТЦ, сотрудниками органов пограничной службы, должностными лицами таможни, каждая из которых рассматривается как технологический канал (ТК) обслуживания. В связи с интенсивным поступлением поездов в разное время суток возникают простои составов в ожидании обработки технологическими каналами t_{tk}^{og}. Эти простои могут возникать в связи с недостаточной численностью и производительностью работы технологических каналов (бригад ПТО, ПКО, работников СТЦ, сотрудников органов пограничной службы и должностных лиц таможни). Технологическое время обслуживания состава технологическим каналом t_{tk}^{pp} колеблется в некотором диапазоне значений по многим причинам и прежде всего из-за разновидности подвижного состава и перевозимого груза в поезде. Все эти факторы влияют на определение среднего время обработки состава технологическим каналом (одной бригадой ПТО, ПКО, работником СТЦ, сотрудниками органов пограничной службы, должностными лицами таможни) [2]. Определив среднее время обработки состава технологическим каналом, можно рассчитать технологический интервал, через который в среднем будет обеспечиваться готовность составов к расформированию (отправлению):

$$I_{tk.p}^{pp} = \left(\frac{t_{tk.p}^{pp}}{K_{tk.p}^{pp}} \right), \tag{2}$$

где $t_{tk.p}^{pp}$ – среднее время обслуживания поезда (обработки перевозочных документов) технологическим каналом, мин; $K_{tk.p}^{pp}$ – число одновременно работающих независимо друг от друга технологических каналов с поездом (обработкой перевозочных документов).

Часовая производительность обслуживания поезда и обработки перевозочных документов технологическими каналами составит в среднем:

$$n_{tk.p}^{pp} = \left(\frac{60 K_{tk.p}^{pp}}{t_{tk.p}^{pp}} \right). \tag{3}$$

Мощности технологических каналов должны быть сбалансированы, а итоговая производительность работы по обслуживанию поезда в любом случае будет определяться как результирующая величина: при обслуживании поезда [4], при обработке перевозочных документов [5].

$$\bar{n}_{\text{ВхУ–ПП}} = \min \left\{ \begin{matrix} \bar{n}_{\text{пто}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{пко}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{стц}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{погр}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{там}}^{\text{пп}}. \end{matrix} \right. \tag{4}$$

$$\bar{n}_{\text{ВхУ–ПП}} = \min \left\{ \begin{matrix} \bar{n}_{\text{стц}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{тов.к}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{тпв}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{там}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{фито}}^{\text{пп}}; \\ \bar{n}_{\text{вет}}^{\text{пп}}. \end{matrix} \right. \tag{5}$$

Пунктиром показаны технологические каналы, которые присутствуют на СПВ. Задача об оптимуме простоев составов в ожидании обработки и в процессе обработке технологическими каналами отыскания некоторого минимума приведенных расходов $E_i = E_i(I_{pto}^{pp}; I_{pko}^{pp}; I_{stts}^{pp}; I_{pogr}^{pp}; I_{tamo}^{pp}, i = 1, 2, ..., k)$ при рассмотрении конкурентоспособных вариантов. Число вариантов устанавливается в зависимости от числа технологических каналов и их мощностей (производительностей). При разработке систем оперативного управления СПВ необходимо учитывать различные факторы, которые могут влиять на взаимодействие технологических каналов в подсистемах СПВ, что в свою очередь влияет на работу всей СПВ.

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов [др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
2. Аксёнчиков, А. А. Факторы, влияющие на время, затрачиваемое при обслуживании поездов и вагонов на международных передаточных железнодорожных станциях / А. А. Аксёнчиков // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2014. – №1(28). – С. 87–91.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Касьянович И. М., Берикбаев В. М.
Кафедра информационно вычислительных систем, Военная Академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivanac007@mail.ru

В настоящей работе рассматривается подход к построению моделей сложных организационно-технических систем специального назначения, применяемых как для оценки эффективности данных систем и отдельных их компонентов, так и для подготовки операторов, осуществляющих свои функции в рамках данных систем.

Введение

Современные системы управления являются элементами сложных организационно-технических систем. В них реализуется совокупность подходов, направленных на обеспечение наибольшей эффективности взаимодействия человека и объектов управления. Современный уровень автоматизации в определенной степени позволяет исключить непосредственное участие человека в работе систем общего назначения. Задачей системы управления является обеспечение функционирования управляемого объекта из обязательного выполнения всех поставленных перед ним требований в условиях различных факторов, действующих систему как извне, так и изнутри [1]. Для систем общего назначения определяется точный и четкий перечень данных факторов, что позволяет осуществить построение данной системы в рамках совокупности простых алгоритмов. Однако следует заметить, что данные системы эффективны лишь при функционировании в заранее определенных условиях. В случае же непредвиденных ситуаций, требующих нетривиальных решений, основные функции в таких системах осуществляются человеком.

I. Особенности функционирования систем специального назначения

Системы специального назначения, применяемые чаще всего для решения задач с неизвестными начальными параметрами и функционирующие в условиях неопределенности, в основном являются интерактивными системами. В данных системах человек осуществляет не только функции мониторинга и контроля, но и является их неотъемлемой функциональной частью. Человек в данной системе может находиться как в узлах управления, так и в узлах, отвечающих за выполнение определенной конечной задачи, а в некоторых случаях он может сам являться функциональным узлом данной системы. Помимо этого, расположение функциональных элементов систем данного типа на значительном удалении друг от друга, привело к широкому применению в них геоинформационных технологий[2]. В настоящее время широко применяются для организации движения всех видов транспорта, обеспечения стабильного функционирования различных коммунальных систем, а так же в сфере безопасности[2-3]. Общий алгоритм работы данных систем включает не только алгоритмы работы технических устройств, но и решения человека, а так же его действия, направленные на выполнение заданных функций. Функционирование данных систем происходит при некоторых специфических условиях:

1. - неопределенность и случайность начальных параметров пространства функционирования;
2. - вероятностный характер выполнения своих функций различными узлами данных систем;
3. - непрерывность процессов протекающих в данных системах и в пространстве их функционирования.

Из этого следует, что для адекватного моделирования и анализа таких систем необходимо учитывать наличие человека-оператора. Для наиболее достоверного моделирования алгоритмы моделей объектов системы, функционирующих в связке «человек-устройство», должны обладать интерактивностью, т.е. позволять человеку непосредственно участвовать в процессе моделирования.

II. Подходы к моделированию систем специального назначения

В некоторых сложных организационно-технических системах обрабатывается поток заявок, имеющих случайные характеристики (например, в системах управления воздушным движением). Заявки представляют собой объекты с ограниченным временем существования, возникающие в пространстве функционирования независимо от места и времени. Т.к. система их обработки включает в себя различные по организации, сложности высокоэнергоемкие устройства и связки «человек-устройство», то работа данных систем в непрерывном режиме нецелесообразна. По этой причине, включение их в рабо-

ту осуществляется по мере поступления информации о наличии заявок в конкретной области пространства функционирования. При этом решение о включении оконечного устройства принимается оператором, в зависимости от параметров поступающих заявок и их количества. Время на принятие решения оператором зависит от различных факторов, из которых можно выделить следующие:

1. - возможности реальной системы поддержки и принятия решения по выявлению совокупности возможных действий, направленных на разрешение возникшей ситуации ресурсами системы;
2. - уровнями подготовки оператора и его способностью принимать организационные решения в сжатие промежутки времени.

Из сказанного можно сделать вывод, что оператор выполняет не только функцию управления конкретным устройством или их совокупностью, но и осуществляет решение оптимизационных задач в рамках ресурсов функционирующей системы и поступившего потока заявок. Решение подобных вопросов является одной из краеугольных задач при построении любой системы. Для ее разработки в настоящие время осуществляется создание компьютерных моделей, алгоритмы которых отражают поведение реальной системы. Однако в подобных моделях нет возможности достоверно отразить действия всех операторов, т.к. их действия в большинстве случаев являются реакцией на совокупность непредвиденных факторов. В связи с этим, для данных моделей необходимо предусматривать возможность включения человека в процесс моделирования в узлах системы, где его действия оказывают существенное влияние на функционирование системы. Для реализации данного подхода целесообразно в алгоритм работы подобных систем включать интерфейсные модули, позволяющие вносить изменения в процесс моделирования как всей модели системы, так и ее отдельных объектов без остановки процесса моделирования. Функционирование данных модулей следует организовать по принципу формирования управляющих команд, обладающих наивысшим приоритетом. Управляемые человеком модели объектов системы осуществляют свое участие в процессе моделирования согласно условиям заданным в начале моделирования, однако их функционирование будет зависеть от возможных действий оператора. Применение данного подхода позволяет учесть влияние «человеческого фактора» на функционирование систем. Анализ действий операторов, полученных в ходе модельного эксперимента, позволит разработать алгоритмы действий для автоматических систем управления, которые обеспечат снижение информационной нагрузки на конкретных операторов, что повысить быстродействие всей системы в целом. В свою очередь, данный подход имеет определенные недостатки. Во-первых, наличие человека, как непосредственного участника процесса моделирования, накладывает ограничения по быстродействию модели и скорости модельного эксперимента. Во-вторых, результирующая оценка работы модели данной системы, даже при идеальных условиях функционирования будет существенно зависить от уровня подготовки оператора. В-третьих для реализации возможности включения человека в процесс моделирования, требуется организация рабочего места для каждого его участника. Однако даже с учетом вышеперечисленных недостатков применение данного подхода является целесообразным, т.к. позволит не только проводить оценку эффективности всей системы в целом, но и осуществлять сравнительный анализ уровня подготовки операторов.

Заключение

В работе рассмотрен подход к реализации модели системы управления, позволяющей учитывать человека, как неотъемлемую часть процесса моделирования. Выявлены достоинства и недостатки, предлагаемого подхода. Разработан макет программного обеспечения для моделирования организационно-технических систем специального назначения, в которых осуществлена проработка вопроса интеграции оператора в процесс моделирования.

Список литературы

1. Широков, Л. А. Иследование систем управления: учебное пособие / Л. А. Широков //М.МГИУ,2010 – 168 с.
2. ОАО "АГАТ-системы управления"[Электронный ресурс] /- Режим доступа: http://www.agat.by. – Дата доступа: 3.09.2017.
3. ОАО "АГАТ-системы управления"[Электронный ресурс] /- Режим доступа: http://www.mpt.gov.by/sites/default/files/agat.ppt. – Дата доступа: 2.09.2017.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ

Господ А. В.
Кафедра автоматизации технологических процессов и производств, Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Республика Беларусь
E-mail: gospod_andrei@mail.ru

Разработан новый алгоритм идентификации недетерминированной информации о внешней среде. Для учета технологических ограничений промышленных роботов, отслеживанием перемещений целых точечных скоплений. Благодаря такому подходу удается получить параметрическое описание движения облака точек, но при этом принимаются допущения относительно размера или формы объектов, что приводит к ограничению числа классов объектов.

В робототехнике всё более популярной темой исследований становится понимание динамических свойств окружающей среды. Обнаружение движущихся объектов в поле зрения датчиков робота может, например, испортить локализацию или построение карты [1-3]. С другой стороны, новые подходы планирования направлены на навигацию в динамических средах [4,5]. Поэтому они сильно полагаются на оценки параметров движения объектов, которые потенциально могут помешать траектории робота. Широко распространенная группа методов касающихся оценки движения стремится к тому, чтобы отслеживать перемещение целых точечных скоплений [6]. Благодаря таким подходам удалось получить параметрическое описание движения облака точек, но они обычно принимают допущения относительно размера или формы объектов.

Предложен новый алгоритм получения 3D-модели технологических ограничений. Для серии наблюдений необходимо проводить оценку точечных измерений от статического или динамического объекта, исходя из чего моделирование ведется на основе распределения Гаусса. Основные недостатки стандартных методов изучения гауссовых смесей возникают из-за нестационарного характера динамичной окружающей среды. В связи с этим предложен поиск траектории движения робота в режиме реального времени, при этом не делается никаких предположений о количестве гауссианов в модели, и найденная траектория изменяется в условиях недетерминированной окружающей среды.

Предлагаемый алгоритм создает 3D-облако точек на основе данных от 2D-датчика. Данные от датчика z_t представлены в виде функции $(r_t, \vartheta_t, \varphi_t)$, где r_t – диапазон измерений; ϑ_t и φ_t – соответственно тангаж и рыскание лазерного луча в момент времени t. Предполагается, что r_t зависит от гауссовых шумов, имеем $r_t \sim N(\hat{r}_t, \sigma_r)$, где $\hat{r}$ – истинное расстояние между лазером и наблюдаемым объектом.

Так как не учитываем неопределенности ϑ и φ то представляем данные датчика как матрицу $N \times M$ с элементами c_{ij}, являющимися дискретизацией непрерывного пространства $S = [-\vartheta_{max}, \vartheta_{max}] \times [-\varphi_{max}, \varphi_{max}]$, где для тангажа и рыскания границы предопределенны. Таким образом, для каждого z_t можно вычислить вектор в 3D-координатах $z_t^{[i,j]}$, где i и j индексы элементов c_{ij}, соответствующие r_t.

Для математической формулировки данного вопроса введем бинарную фиксированную переменную x_t, которая принимает значение true, если наблюдение z_t соответствует динамическому объекту, в противном случае – false. Целью является оценка x_t в любой момент времени t, с учетом погрешностей измерения z_t. Поэтому формально мы находим $p(x_t|z_t)$ Предполагая статистическую независимость между всеми диапазонами изображений элементов, можно оценить апостериорную вероятность для измеренного диапазона динамического объекта $\bar{x}_t = x_t^{[i,j]}$ с учетом диапазона изображения $\bar{z}_t = z_t^{[i,j]}$:

$$p(\bar{x}_t|\bar{z}_t) = \prod_{i,j} p(x_i^{[i,j]}, z_i^{[i,j]}) \qquad (1)$$

Чтобы определить x_t, предполагаем, что каждое наблюдение обусловлено одним из K объектов, которые может быть статическими или динамическими. Слепая зона лазера моделируется с помощью нормального распределения $N(\mu_k, \sigma_k)$, где μ_k - математические ожидание, а σ_k – дисперсия, и $k \in (1, ..., K)$. Для каждого элемента, таким образом, моделируется свой набор параметров модели, которые в дальнейшем будем обозначать $\Theta = (K, \mu_1, ..., \mu_K, \sigma_1, ..., \sigma_K)$. Для выражения факта соответствия z_t объекту k, введем бинарную переменную g_k^t, где только один g_k^t может быть истинно для любого z_t.

Предложенная модель изменяется в режиме реального времени. Следовательно Θ_t представляет собой набор параметров, полученных в каждый момент времени. Параметры модели

неизвестны как и x_t, и должны быть выведены. То есть, в каждый момент времени будет возникать вопрос, как обновить предыдущую оценку параметров Θ_{t-1}, с учетом последних наблюдений z_t. Поэтому Θ_t и Θ_{t-1} должны быть определены в вероятностной интерпретации, и переписаны апостериорные элементы из (1) в виде:

$$p(x_t, \Theta_t | z_t, \Theta_{t-1}) =$$

$$= p(x_t | z_t, \Theta_t, \Theta_{t-1}) p(\Theta_t | z_t, \Theta_{t-1}) =$$

$$= p(x_t | z_t, \Theta_t) p(\Theta_t | z_t, \Theta_{t-1}) \qquad (2)$$

Таким образом (2) описывает модель Θ_t, что дает полное описание основного процесса. В (2) имеется два условных оператора, которые необходимы для нахождения апостериорных элементов. Первый условный оператор описывает назначение бинарных состояний x_t, предполагая, что все параметры Θ_t известны. Поэтому должен быть введен второй, определяющий вероятность динамики и, который включает в себя искомую модель Θ_t, полученную из данных z_t , и Θ_{t-1}. Таким образом, получили алгоритм корректировки.

Предложенный алгоритм использует две вспомогательных функции. Первая корректирует гауссиан, последовательно определяя среднее арифметическое и дисперсию из лучших кандидатов гауссианов относительно r_t. Вторая функция следит за устойчивостью смеси – это абстрактный механизм присоединения гауссианов, которые разделяют значительную долю фиксированного пространства. Это следует из природы плотности смеси $p(z_t|\Theta_t)$, которая фактически является шумом модели среды, обусловленным несовершенством датчика, отображенным в новых гауссианах исключительно априорно. Фактически дисперсия каждого гауссиана может выйти за пределы начальной неопределенности, например, при определении прерывистой поверхности.

В качестве исходных данных алгоритм для последовательной корректировки параметров принимает диапазон измерений r_t и соответствующее распределение смеси клеток M_{t-1}, а взамен выдает скорректированную плотность.

Алгоритм. Коррекритовка смеси (M_{t-1}, r_t):
Ввод: Гауссова смесь
$M_{t-1} = (n^1_{t-1}, \Theta^1_{t-1}, ..., n^K_{t-1}, \Theta^K_{t-1})$
Ввод: Показания датчика r_t
Вывод: Скорректированная гауссовая смесь
$M_{cand} \leftarrow \emptyset$
for each $n^k_{t-1}, \Theta^k_{t-1}$ do
вычислить $d_k(r_t)$ и d^{min}_k
if $d_k(r_t) < d^{min}_k$ then
$M_{cand} \leftarrow M_{cand} \cup (n^k_{t-1}, \Theta^k_{t-1})$
end if
next
if $M_{cand} \leftarrow \emptyset$ then
$(n^k_{t-1}, \Theta^k_{t-1}) \leftarrow$ минимальный аргумент $d_1(r_t)$
$(n^1_{t-1}, \Theta^1_{t-1}) \in M_{cand}$
$M_t \leftarrow \frac{M_{t-1}}{(n^k_{t-1}, \Theta^k_{t-1})}$
$n^k_t \leftarrow n^k_{t-1} + 1$
$\Theta^k_t \leftarrow$ скорректированный гауссиан (Θ^k_{t-1}, r_t)
$M_t \leftarrow M_t \cup (n^k_t, \Theta^k_t)$
else
$n^{k+1}_t \leftarrow 1$
$\Theta^{k+1}_t \leftarrow (\mu^{k+1}_t \leftarrow r_t, \sigma^{k+1}_t \leftarrow sigma_t)$
$M_t \leftarrow M_{t-1} \cup (n^{k+1}_t, \Theta^{k+1}_t)$
end if

Список литературы

1. Biber, P., Duckett, T.: Dynamic maps for long-term operation of mobile service robots. In: Proc. of Robotics: Science and Systems, RSS (2005).
2. Burgard, W., Stachniss, C., Hahnel, D.: Mobile robot map learning from range data in dynamic environments. STAR, vol. 35 (2007).
3. Schulz, D., Burgard,W.: Probabilistic state estimation of dynamic objects with a moving mobile robot. Robotics and Autonomous Systems 34(2-3), 107–115 (2001).
4. Roy, N., Burgard, W., Fox, D., Thrun, S.: Coastal navigation: Mobile robot navigation with uncertainty in dynamic environments. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 35–40. Citeseer (1999).
5. Jensen, B., Philippsen, R., Siegwart, R.: Motion detection and path planning in dynamic environments. In: Workshop Proceedings Reasoning with Uncertainty in Robotics, International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI (2003).
6. Luber, M., Arras, K., Plagemann, C., Burgard, W.: Classifying dynamic objects: An unsupervised learning approach. In: Robotics: Science and Systems IV, p. 270 (2009).

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ПРИВОДОВ В ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВКАХ

Корнеев А. А., Сериков А. П.
кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Республика Беларусь
E-mail: {alex06by, as.korag}@gmail.com

В тезисах рассматриваются вопросы достоинства и недостатки вентильно - индукторных приводов переменного тока, возможность применения данных приводов в подъемных установках. Рассматриваются вопросы управления моментом.

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения применения управляемых приводов в подъемных установках. Вентильно-индукторный привод (ВИП) является сравнительно новым перспективным управляемым приводом. Таким образом, в качестве цели выберем определение возможности применения ВИП в подъемных установках. Для достижения поставленной цели изучим публикации на данную тему, рассмотрим достоинства и недостатки ВИП, определим ключевые недостатки, рассмотрим возможность их устранения.

I. Анализ поставленной задачи

Разработка ВИП для подъемных механизмов рассматривается в [1], а в [2] рассматривается применение линейного ВИП для лифта.

В качестве объекта исследования была выбрана электромеханическая система, входящая в состав шахтных грузоподъемных установок. Были рассмотрены требования данных систем к электроприводам. Электропривод должен обеспечивать: пуск, разгон, движение с установившейся скоростью, замедление, рекуперативное торможение, изменение направления вращения после полной остановки. Вентильно-индукторный привод (ВИП) удовлетворяет данным требованиям.

ВИП обладает рядом достоинств [3,4]:

1. Низкая стоимость производства двигателя, входящего в состав ВИП, и низкая стоимость материалов, необходимых для изготовления данного двигателя;
2. Малый момент инерции, обусловленный конструкцией двигателя;
3. Высокая ремонтопригодность;
4. Надежность;
5. Низкие потери в роторе двигателя;
6. Возможность работы на высоких оборотах;
7. ВИП может работать в широком диапазоне скоростей без потери мощности.

Данные приводы также имеют ряд недостатков [3,4]:

1. Невозможность работы без преобразователя;
2. Вибрации и пульсирующий момент;
3. В сравнении с системой ПЧ-АД для ВИП необходимо большее количество проводов для соединения двигателя и преобразователя;
4. Наличие датчика положения ротора. Однако в настоящие время публикуются работы, описывающие бездатчиковое управление ВИП;
5. В большинстве случаев отсутствует возможность использования стандартных силовых модулей разработанных для существующих двигателей.

Основным недостатком, который может препятствовать применению ВИП в подъемной установке, являются пульсации момента и вибрации. Однако существуют методы решения данной проблемы, например: совершенствование законов управления, выбор оптимальной конструкции статора и ротора.

Наиболее интересным и эффективным методом является метод оптимизации управления за счет регулирования таких параметров, как напряжение, ток, углы подачи и снятия напряжения с фазы. На основании публикаций по данной теме методы управления ВИП можно разделить на два вида: управление средним значением момента и управление мгновенным значением момента.

Управление средним значением момента подразумевает неконтролируемое изменение момента за время работы фазы. Управление осуществляется за счет регулирования значения токовой отсечки, углов подачи и снятия напряжения с фазы. Оптимизация данного вида управления позволяет уменьшить пульсации момента, увеличить эффективность преобразования энергии.

Суть метода можно рассмотреть на примере микроконтроллерной системы управления ВИП [5]. При запуске и на низких скоростях двигатель работает в режиме токоограничения. Управление осуществляется за счет регулирования токовой отсечки, углов подачи и снятия напряже-

ния с фазы. На высоких скоростях двигатель работает в одноимпульсном режиме, где управление осуществляется только за счет регулирования углов подачи и снятия напряжения с фазы. Микроконтроллерное управление ВИП может реализовываться с помощью обратной связи по скорости, обратной связи по моменту, а также комбинированной обратной связи по моменту и скорости. Микроконтроллер также отвечает за запуск двигателя, согласование режимов работы.

В [6] представлен аналитический метод определения угла снятия напряжения с фазы, позволяющий оптимизировать значение момента. Данный метод позволяет рассчитывать оптимальный угол в режиме реального времени. Моделирование показывает, что в результате оптимизации происходит уменьшение пульсаций момента. Данный аналитический метод применим как для режима токоограничения, так и для одноимпульсного режима работы двигателя.

Алгоритм уменьшения потребления энергии ВИП, основанный на регулировании угла подачи напряжения на фазу, рассматривается в [7]. Целью данного алгоритма является быстрое достижение заданной скорости и минимизация потребления энергии при установившемся режиме работы за счет подбора оптимального угла подачи напряжения на фазу. Данный алгоритм был экспериментально проверен на ВИП мощностью 1 кВт с конфигурацией 6/4 и подтвердил свою эффективность. Эксперименты с двумя различными типами нагрузки показали, что имеется возможность уменьшения потребления энергии в ВИП без ухудшения динамических показателей. Вышеуказанный алгоритм применим для широкого ряда ВИП различной мощности и конфигурации. В [8] рассматривается метод управления, при котором достигается баланс между эффективностью преобразования энергии и уровнем пульсаций момента.

Управление мгновенным моментом основано на создании за время работы фазы момента определенной формы, что осуществляется за счет создания тока определенной формы. Оптимизация данного вида управления может использоваться для уменьшения пульсаций момента, для увеличения энергетической эффективности работы двигателя.

Суть управления мгновенным моментом описывается в [9]. В частности, описывается подход к достижению минимального среднеквадратичного значения тока фазы при заданном среднем значении момента. Данный подход основан на поиске оптимальной формы тока, протекающего в фазе, при заданной выходной мощности и скорости, а также при ограниченном напряжении питания и ограниченном максимальном значении тока. Моделирование показывает, что применение данного метода позволяет значительно увеличить среднее значение момента на низких скоростях, не увеличивая потребление энергии. Негативным фактором является возрастание уровня пульсаций.

В [10] рассматривается алгоритм управления мгновенным моментом, позволяющий минимизировать пульсации. Данный алгоритм включает в себя два этапа. На первом этапе определяется форма тока в фазе, необходимая для получения определенного значения момента. На втором этапе происходит создание напряжения определенной формы, которое создаёт требуемый ток в фазе двигателя. Для формирования оптимального тока используется метод обучения. Результаты моделирования показывают эффективность данного метода.

II. Выводы

Анализируя представленные работы можно сделать вывод, что пульсации момента возможно значительно снизить. Таким образом, при условии преодоления основных недостатков вентильно-индукторный привод можно применять в подъемных установках, в частности, в шахтных грузоподъемных установках.

Список литературы

1. T.Dinesh Kumar, A. Nagarajan, "Design Of Switched Reluctance Motor For Elevator Application Journal of Asian Scientific Research, 2013, 3(3):258-267.
2. H.S. Lim, R. Krishnan, “Ropeless Elevator With Linear Switched Reluctance Motor Drive Actuation Systems”, in IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol.54, pp. 2209 – 2218, Aug. 2007.
3. Математическое моделирование, проектирование и экспериментальное определение параметров вентильно-индукторных электроприводов: монография / А. П. Темирев; ЮРГТУ(НПИ). - Новочеркасск : ЛИК, 2011. - 794 с.
4. T. J. E. Miller, Switched Reluctance Motor and Their Control. London, U.K.: Magna Physics Publishing and Oxford Univ. Press, 1993.
5. B. K. Bose, T. J. E. Miller, P. M. Szczesny, and W. H. Bicknell, “Microcomputer control of switched reluctance motor,"IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. IA-22, pp. 708-715, July/Aug. 1986.
6. R. Orthmann and H. P. Schoner, “Turn-off angle control of switched reluctance motors for optimum torque output,” in Proc. Eur. Conf. Power Electron. Applicat., Brighton, U.K., 1993, pp. 20-25.
7. P.C. Kjaer, P. Nielsen, L. Andersen, and F. Blaabjerg, “A new energy optimizing control strategy for switched reluctance motors,” IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 31, pp. 1088-1095, Sept./Oct. 1995.
8. H.C. Lovatt and J.M. Stephenson, “Computer-optimized current waveforms for switched-reluctance motors,” Proc. Inst. Elect. Eng. Power Applicat., vol. 141, no. 2, pp. 45-51, March 1994.
9. H.C. Lovatt and J.M. Stephenson, “Computer-optimized current waveforms for switched-reluctance motors,” Proc. Inst. Elect. Eng. Power Applicat., vol. 141, no. 2, pp. 45-51, March 1994.
10. N.C. Sahoo, J.X.Xu, and S.K.Panda, “Low torque ripple control of switched reluctance motors using iterative learning,” IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 16, pp. 318-326, Dec, 2001.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА В НЕИЗВЕСТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Мищенко Н. В.
Кафедра интеллектуальных систем, факультет радиофизики и компьютерных технологий
Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь
E-mail: niklive103@gmail.com

В работе были изучены и созданы: необходимые данные для автономного полета БПЛА; алгоритмы, способные получить и обработать нужные данные; простейшая модель, связывающая базовые алгоритмы и принимающая решения о перемещении БПЛА и выполнении дополнительных функций. Так же были определены цели для дальнейшего развития темы: реализация предложенной схемы на прототипе БПЛА; создание одноранговой беспроводной сети для ускорения выполнения крупномасштабных задач; симуляция поведения "роя" БПЛА в виртуальном мире; улучшение использованных алгоритмов.

Введение

В настоящее время многие рабочие процессы автоматизированы, что позволило им стать безопаснее и быстрее. Например, в автомобилестроении автоматизация проходила поэтапно: поддержание направления движения при торможении; контроль тягового усилия; адаптивный круиз-контроль; система автопарковки, помогающая избежать столкновений в ограниченном пространстве; система автономной езды. Эти процессы происходят в двухмерном пространстве. В случае с БПЛА появляется третья компонента - высота. Кроме того, имеются ограничения по массе и вычислительной мощности, что усложняет автоматизацию в разы. Что же такое БЛПА? Это дистанционно управляемые летательные аппараты, преимущественно квадрокоптеры, либо беспилотные самолеты. Используются для видеонаблюдения, мониторинга объектов, аэрофотосъемки, доставки легких грузов и прочего. Благодаря небольшим размерам и использованию солнечных батарей, отдельные беспилотные дроны иногда могут находиться в полете длительное время — несколько недель и даже месяцев. Создание автономного БПЛА позволит автоматизировать такие задачи, как:

- инспекция хранилищ опасных веществ;
- поиск неисправностей на путепроводах;
- сканирование ландшафта и наземных ресурсов;
- и т.д.

I. Искуственный интеллект

Недавняя победа программы Google Alpha Go над профессиональным игроком в го взбудоражило научные журналы, в которых журналисты пытались объяснить эту победу с помощью терминов «искусственный интеллект», «машинное обучение» и «глубокое обучение». Все три являются причиной безоговорочной победы AlphaGo над Ли, но все-таки это разные вещи. Проще всего объяснить их связь с помощью такой схемы: идея искусственного интеллекта, которая появилась первой — самая большая область, затем машинное обучение – которое появилось позже, и, наконец, глубокое обучение, которое вызвало сегодняшнее стремительное развитие ИИ – находится подобластью искусственного интеллекта и машинного обучения [1]. Именно оно будет использованно в алгоритме распознавания образов и расчете расстояние до объекта.

II. Автономный полет

Степень автономности аппарата может быть отнесена к одному из трех базовых типов:

- начальная автономность;
- продвинутая автономность;
- полная автономность.

Одним из способов достижения автономного управления является использование нескольких уровней контуров управления, как в иерархических системах управления. Основной принцип состоит в том, дабы разложить поведение аппарата на управляемые «блоки» или состояния с известными переходами. Иерархические системы управления варьируются от простых сценариев до конечных автоматов, деревьев поведения и иерархических планировщиков задач [2].

Для продвинутой степени автономности аппарата, датчики и алгоритмы обработки данных должны быть способны ответить на следующие вопросы:

- нынешнее местоположение и финальная точка маршрута;
- классифицирование объектов перед и под аппаратом;
- расстояние до объектов спереди и снизу для безопасного выбора скорости перемещения.

Определение местоположения

Проблемы определения местоположения вполне решаемы с помощью нынешних технологий без изобретения чего-то нового. Возможно использование системы позиционирования GPS

Глонасс, а также навигационных маячков, местоположение которые достоверно известно.

В случае проведения полета на территории, где нет возможности установить связь со спутниками GPS или необходим полет в условиях Радио Электронной Борьбы (РЭБ) имеется аналогичное решение, основанное на Sensors Fusion (объединение датчиков):

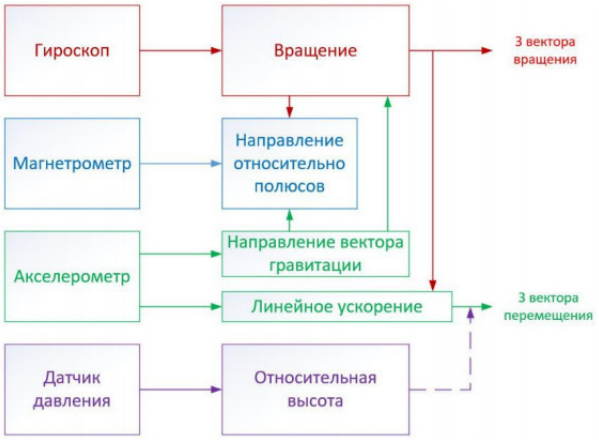


Рис. 1 – Схема объединения датчиков

Классифицирование объектов перед и под аппаратом

Классификация изображений лежит в основе понимания того, где безопасно ездить или летать, и, к сожалению, некачественное аппаратное или программное обеспечение может привести к ужасным последствиям. Поэтому для успешной реализации автономного беспилотного летательного аппарата критически важно иметь надежную систему классификации изображений на основе видео в реальном времени. Возможность отслеживать перемещение лыжника по склонам при скорости 20 миль в час требует не только быстрой системы распознавания реального времени, но и мобильной системы, которая может работать на борту - с ограниченными возможностями камеры, аккумулятора и вычислительной мощности.

Тут на помощь и приходит глубокое обучение, которое может решить проблему качественного и быстрого распознавания образов двумя алгоритмами:

- алгоритм You Only Look Once [3];
- алгоритм find a flying obstacle [4].

Подстроенная версия – Tiny YOLO, запущенная на Raspberry Pi 3, имеющем 4-ядра с частотой 1.2 ГГц, обрабатывает один кадр за полторы секунды, что позволяет использовать данный алгоритм на БПЛА. Второй же алгоритм не использует нейронные сети. На том же Raspberry Pi 3 за секунду обрабатывается порядка 10 кадров в секунду, что позволяет использовать его при быстром перемещении для избежания столкновений.

Определение расстояния до объекта перед аппаратом

Учитывая то, что для решения предыдущих задач уже используются бортовые камеры, было бы логично использовать картинку с этих камер и для вычисления расстояния в реальном времени в видеопотоке. И здесь используются другая популярная библиотека, а именно OpenCV.

Датчики на БПЛА

Схема установки датчиков изображена на схеме ниже:



Рис. 2 – Схема расположения УЗ-датчиков

Схема организации компонентов

Для распознавания образов может быть использован один из двух предложенных алгоритмов. Выбор зависит от задач аппарата. Если в данный момент задание – лишь перемещение по определенной траектории, то будет использоваться более быстрый алгоритм №2. В случае сканирования местности, отслеживания объекта или инспекции инфраструктуры будет использоваться метод №1.

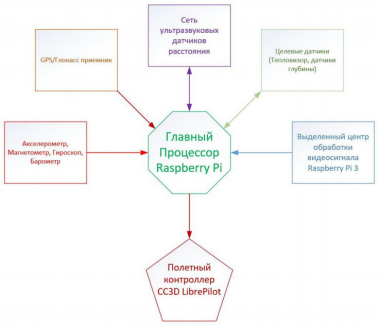


Рис. 3 – Схема организации связей между основными компонентами БПЛА

III. Список литературы

1. Пресс-центр, Искусственный интеллект [Электронный ресурс] / блог компании nvidia – Режим доступа: http://nvidia.ru. – Дата доступа: 10.09.2017.
2. Jonas Lamis. Self-flying Drones [Электронный ресурс] / блог aiinvestor – Режим доступа: http://aiinvestor.com. – Дата доступа: 10.09.2017.
3. Redmon, Joseph and Farhadi, Ali. YOLO: Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] / Joseph Chet Redmon Website – Режим доступа: http://pjreddie.com. – Дата доступа: 10.09.2017.
4. Kristina Grifantini. How to Make UAVs Fully Autonomous [Электронный ресурс] / MIT Technoloyg Review – Режим доступа: http://technologyreview.com. – Дата доступа: 10.09.2017.

АЛГОРИТМ ВЕКТОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ТОКОВ ФАЗ ТРЕХФАЗНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Дайняк И. В.
Кафедра высшей математики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: dainiak@bsuir.by

Предложен алгоритм векторного регулирования управляющих токов фаз прецизионного трехфазного синхронного двигателя, обеспечивающий отсутствие установившейся ошибки и компенсацию погрешностей регулирования. Алгоритм может быть реализован в контроллере сервопривода для обеспечения качества программируемых движений по точности и быстродействию.

Введение

Современные системы управления прецизионным синхронным электроприводом строятся, как правило, по иерархическому принципу [1]. Программное обеспечение нижнего уровня при этом реализует в реальном времени программируемые движения, осуществляя требуемые технологические перемещения в прецизионном оборудовании. Разработанный алгоритм позволяет повысить качество программируемых движений, обеспечивая необходимую точность перемещений и быстродействие.

I. Общая схема алгоритма

Рассмотрим алгоритм векторного регулирования на примере трехфазного синхронного исполнительного привода. В контуре формирования управляющих токов фаз применяется типовой алгоритм векторного регулирования, включающий следующие шаги:

1) измерение токов I_a, I_b в двух фазах A, B трехфазного двигателя и расчет тока I_c третьей фазы C, исходя из равенства суммы трех токов нулю;

2) прямое преобразование Кларка трехфазной системы токов I_a, I_b, I_c в двухфазную систему токов I_α, I_β, связанную со статором;

3) прямое преобразование Парка двухфазной системы токов I_α, I_β, связанной со статором, в двухфазную систему токов I_d, I_q, связанную с продольной и поперечной осями ротора двигателя;

4) независимое регулирование ПИ-регуляторами продольного и поперечного компонентов тока в проекциях ротора, при этом задание поперечного компонента, создающего вращающий момент, формируется ПИ-регулятором скорости, а здание по скорости – П-регулятором положения, задание продольного тока устанавливается в нуль;

5) обратное преобразование Парка сформированного ПИ-регуляторами тока вектора напряжения из двухфазной системы координат ротора в двухфазную систему координат статора;

6) обратное преобразование Кларка в трехфазную систему статора;

7) преобразование трехфазных напряжений в коэффициенты заполнения широтно-импульсных модуляторов ШИМ инвертора.

В качестве алгоритма ШИМ в приводе используется симметричный пилообразный, обеспечивающий два переключения тока за один период ШИМ, и, как следствие, удвоение частоты пульсаций тока и снижение их амплитуды вдвое [2].

Рассмотрим алгоритм регулирования более подробно.

II. Прямое преобразование Кларка

Прямое преобразование Кларка применяется для преобразования сигналов двух датчиков тока трехфазного синхронного двигателя в двухфазную систему координат, связанную со статором [3]. Оно выполняется по формулам

$$I_\alpha = I_A; \quad I_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} I_A + \frac{2}{\sqrt{3}} I_B.$$

Вытекающие из фазы токи и вращение против часовой стрелки при этом считаются положительными, а угол θ поворота ротора отсчитывается от вектора тока фазы A.

III. Прямое преобразование Парка

Прямое преобразование Парка преобразует сигналы токов фаз из двухфазной системы координат (α, β), связанных со статором, в двухфазную систему координат (d, q), связанную с продольной и поперечной осями ротора синхронного двигателя по формулам

$$I_d = I_\alpha \cdot \cos\theta + I_\beta \cdot \sin\theta;$$
$$I_q = -I_\alpha \cdot \sin\theta + I_\beta \cdot \cos\theta,$$

где θ – угол поворота ротора двигателя.

IV. ПИ-регулирование токовых составляющих

На этом шаге ПИ-регуляторы продольной и поперечной компонентов тока в системе координат ротора преобразуют управляющие сигналы к

выходу в виде продольной и поперечной компонентов напряжения в системе координат ротора по формулам

$$V_{id} = \int K_{id}(I_{dd} - I_d)dt;$$
$$V_d = V_{id} + K_{pd}(I_{dd} - I_d);$$
$$V_{iq} = \int K_{iq}(I_{dq} - I_q)dt;$$
$$V_q = V_{iq} + K_{pq}(I_{dq} - I_q).$$

где V_{id}, V_{iq} – выходы интеграторов;

V_d, V_q – выходы регуляторов;

I_{dd}, I_{dq} – измеренные значения токов после преобразований Кларка и Парка;

K_{pd}, K_{pq} – пропорциональный (П) коэффициент регуляторов I_d и I_q;

K_{id}, K_{iq} – интегральный (И) коэффициент регуляторов I_d и I_q.

Обычно принимают $K_{pd} = K_{pq}$, $K_{id} = K_{iq}$. Раздельная настройка коэффициентов регуляторов K_{pd}, K_{pq}, K_{id}, K_{iq} может потребоваться только для двигателей с явно выраженной несимметрией ротора и неравенством индуктивностей по осям d и q.

V. Обратное преобразование Парка

Обратное преобразование Парка применяется для преобразования сигналов продольного и поперечного компонентов напряжений V_d, V_q из двухфазной системы координат, связанной с продольной и поперечной осью ротора, в двухфазную систему координат (α, β), связанную со статором, по формулам

$$V_\alpha = V_d \cdot \cos\theta - V_q \cdot \sin\theta;$$
$$V_\beta = V_d \cdot \sin\theta + V_q \cdot \cos\theta.$$

VI. Обратное преобразование Кларка

Обратное преобразование Кларка применяется для преобразования сигналов напряжений из двухфазной системы (α, β) в трехфазную систему координат (a, b, c), связанную со статором, по формулам

$$V_a = V_\alpha;$$
$$V_b = -\frac{1}{\sqrt{2}}V_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}V_\beta;$$
$$V_c = -\frac{1}{\sqrt{2}}V_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}V_\beta.$$

VII. Преобразование трехфазных напряжений в сигналы ШИМ

Преобразование сигналов применяется для трансформации трехфазных напряжений в системе координат, связанной со статором, в три однофазных сигнала широтно-импульсных модуляторов (ШИМ) с учетом ограничений на максимальный коэффициент заполнения импульсов.

Данное преобразование может выполняться многими способами, поскольку одновременное изменение всех трех коэффициентов заполнения ШИМ не влияет на фазные напряжения двигателя. Возможные варианты отличаются одновременным позиционно зависимым сдвигом всех трех коэффициентов заполнения для обеспечения максимально возможного фазного напряжения.

Оптимальным является алгоритм с некоторой модификацией для повышения быстродействия:

$$V_{pa} = \frac{1 + V_a}{2}; \quad V_{pb} = \frac{1 + V_b}{2}; \quad V_{pc} = \frac{1 + V_c}{2}.$$

При превышении максимально допустимых значений осуществляется предварительный сдвиг всех коэффициентов заполнения вверх либо вниз.

VIII. Практическое применение алгоритма

При реализации алгоритма векторного регулирования в контроллере привода следует иметь в виду, что токовое регулирование является задачей реального времени, следовательно, программа токового регулятора должна вызываться по таймеру и являться обработчиком прерываний (Interrupt handler). По этим причинам цикл работы должен составлять не более 125 мкс, а частота ШИМ должна быть не менее 8 кГц.

Наиболее желательным является цикл работы 62,5 мкс, т.е. программа токового регулятора может отработать дважды за один период ШИМ, так как симметричный пилообразный ШИМ обеспечивает два переключения фазы за период. Цикл регулятора более 125 мкс крайнее нежелателен и сопровождается значительным ухудшением качества и снижением полосы пропускания токового контура. Вместе с тем для регуляторов скорости и положения вполне допустим цикл 250 мкс, и даже 500 мкс и 1000 мкс.

Разработанный алгоритм векторного регулирования тока обеспечивает высокую точность и полосу пропускания токового регулятора, отсутствие установившейся ошибки, а также компенсацию погрешностей регулирования, вызываемых противо-ЭДС двигателя. Алгоритм может быть использован в микропроцессорных сервоконтроллерах синхронного электропривода при реализации токового контура управления.

IX. Список литературы

1. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования / В. В. Жарский [и др.] – Минск : Бестпринт, 2013. – 208 с.
2. Longya, X. A DSP Based Servo System Using Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM). / X. Longya, F. Minghua, L. Zhen. – The Ohio St. Univ., Dep. of Electrical Engineering, 2015.
3. Clarke and Park Transforms on the TMS320C2xx. App. Report Literature Number: BPRA048. Texas Instruments, 1997.

АПРОБАЦИЯ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ТЕПЛОВОМ ОБЪЕКТЕ

Олиферович Н. М., Гринюк Д. А., Оробей И. О.
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: hryniukda@gmail.com

Анализируются возможности использования непрерывной частотной идентификации технологических объектов. В случае, если изменения параметров объекта достаточно быстры, а вычислительные ресурсы микропроцессорной системы управления ограничены, то хорошим решением может быть формирование последовательной серии контрольных гармоник. Для данного подхода проанализированы различные варианты формирования серий и их влияние на точность определения. Приведены результаты апробации гармонической идентификации для воздушного теплообменника с использованием метода гармонической идентификации.

Введение

В работе [1] были показаны существенные преимущества использования активной частотной идентификации в сравнении с меандровой в условиях ограничения на отклонения выходного параметра. Сравнение методов проводилось в условиях вычислительного эксперимента в пакете MatLab. Частотная идентификация была реализована с использованием нескольких контрольных гармоник (КГ), параметры которых выбирались исходя из критерия минимизации взаимного влияния КГ вследствие прохождения через квантователь. Для выделения параметров модели применялось классическое решение — усреднение путем использования фильтра низкой частоты с большой постоянной времени. Методика, использованная в [1], применима для объектов, у которых скорость изменения параметров модели значительно меньше, чем полоса пропускания усредняющих фильтров. С другой стороны, фильтры с большой постоянной времени позволяют нивелировать влияние возмущений на объект управления. Для объектов с быстрой динамикой надо использовать другие подходы. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) и другие микропроцессорные средства позволяют в полной мере воспользоваться достоинствами цифровой обработки данных.

I. Последовательная гармоническая идентификация

Для объектов со сравнительно быстроменяющимися свойствами могут быть предложены различные подходы. Ограничение на время усреднения не позволяет просто напрямую нивелировать влияние одной контрольной гармоники на другую, как это делалось в [1]. Одним из простых решений может быть формирование последовательности гармоник (ПГИ) одной за другой и разделение идентификации по частоте. Для обеспечения точности идентификации и устранения влияния квантователя требуется осуществлять выбор амплитуды на каждой частоте таким образом, чтобы на выходе при разных частотах значения амплитуд не отличались более чем на 10–15 %. Это уменьшит требования по вычислительной мощности для данных алгоритмов. Данное решение легко реализуется с помощью ПЛК средней мощности. Метод имеет некоторые особенности. При переходе с одной частоты на другую будет наблюдаться переходной процесс. Графики показывают, что при использовании данного алгоритма лучше начинать с низкой частоты. Для большинства технологических решений определять коэффициент передачи можно уже на первом периоде. Наибольшая погрешность наблюдается при кратности частот 1,6–1,7. При начале нового цикла измерения амплитуд КГ, фиксировать коэффициент передачи для наиболее высокочастотной КГ можно будет только на 6–9 периоде.

II. Смешанная гармоническая идентификация

Другим решением будет формирование нескольких тестовых гармоник (СГИ) и использование процедуры разложения в ряд Фурье для всех гармоник по периоду самой медленной. Однако следует учитывать, что при выборе контрольных гармоник с некратной частотой для снижения эффекта квантования потребуется корректировка результатов на каждом периоде для уменьшения влияния одной контрольной гармоники на другую. Так для объекта второго порядка при использовании пяти контрольных гармоник на активном изменении амплитудночастотных характеристик (АЧХ) погрешность может достигать до 30 %. Больше всего этому подвержены высокочастотные гармоники. При усреднении по большому количеству тактов идентификации значение сходится. Для нивелирования данной погрешности следует рассчитывать поправочные коэффициенты путем одновременного моделирования и разложения. Алго-

ритм работы данной процедуры похож на известное решение – управление по модели. Другим решением может быть использование контрольных гармоник с кратными периодами.

III. Постановка вычислительного эксперимента

Для сравнения двух последних решений произведено моделирование в пакете MatLab при работе в одинаковых условиях. Для динамической системы с близкими к тепловому объекту свойствами установлено влияние на точность определения амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) при различных значения уровня квантования. Объект идентификации представлял апериодическое звено второго порядка с постоянными времени 500 и 100 с. Соответственно, для первого решения (V1) периоды гармоник были A2 = [8784 4184 1992 1020 460] с, а для варианта два (V2) A1 = [T T/2 T/4 T/8 T/16], где T – период самой медленной КГ. Во втором случае фазы КГ были различными, соответственно [0, π, $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$]. Моделирование проводилось на протяжении 20 периодов самой медленной КГ. На каждом периоде определялись параметры амплитуды и фазы гармоник. Относительная ошибка определялась на каждом периоде для объекта с передаточной функцией (1) как разница между значением амплитуды на выходе до и после квантователя, отнесенная к истинному. Для вычисления результирующего значения ошибки и дисперсии использовалось среднее значение за все периоды, за вычетом первого, для исключения влияния переходных процессов, указанного ранее. Квантование по уровню в меньшей степени оказывает влияние на самую высокочастотную и низкочастотную КГ. При этом влияние уровня при непропорциональных периодах более существенно по сравнению с другими вариантами. Еще больше отличий наблюдается при рассмотрении дисперсии отклонений амплитуды и фазы. Однако следует отметить, что такие отличия наблюдаются только в условиях вычислительного эксперимента, реальный измерительный тренд практически уравнивает различия. Но в целом, следует констатировать, что для практического использования лучше рекомендовать контрольные гармоники с пропорциональными периодами.

IV. Проверка на тепловом объекте

Гармоническая идентификация проверялась в системе управления воздушным теплообменником. Выходным параметром является температура, а каналом управления – изменение расход воздуха. Объект обладает нелинейными свойствами как по статическому коэффициенту передачи, так и по динамическим свойствам. Помимо частотной идентификации, были проведены измерения путем формирования меандрового сигнала. В процессе эксперимента стенд подвергался неконтролируемым возмущениям: изменение гидродинамических и теплофизических параметров воздуха вокруг стенда (отопление, проветривание, изменение погоды). При определении параметров передаточных характеристик по выходному тренду разброс значений составил более 40%. Параметры передаточной функции находились путем минимизации среднеквадратического отклонения экспериментальных данных от теоретического . АЧХ ПГИ (см. рис. 1) дали несколько лучшие результаты по низкочастотной части спектра в сравнении с ГИ и значительно худшие для высокочастотной. Доступное время работы экспериментальной установки позволяло провести только один цикл идентификации.

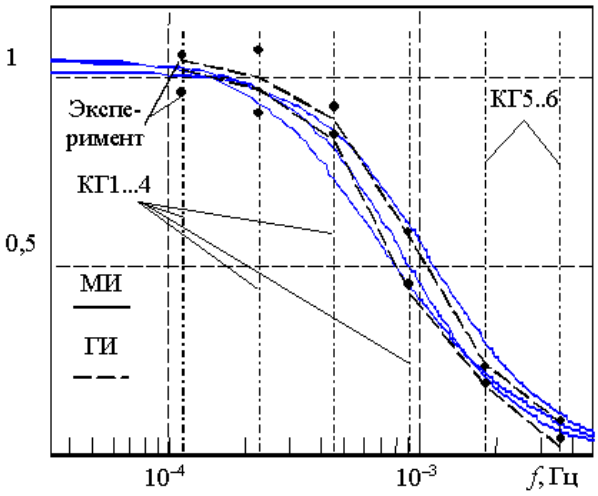


Рис. 1 – АЧХ теплового объекта, определенного гармонической идентификацией (ГИ) и с помощью меандра (МИ)

V. Заключение

Доработаны и опробованы на практике различные алгоритмы гармонической идентификации, показана их работоспособность. В случае подверженности объекта влиянию помех, сравнимым с периодом самой низкочастотной контрольной гармоники, следует увеличивать время идентификации.

VI. Список литературы

1. Oliferovich, N. Harmonic identification of technological objects in real time /N. Oliferovich, D. Hryniuk, I. Orobei // 2016 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2016), Vilnius, Lithuania, 21 April 2016, pp. 1–4.

АДАПТИВНОЕ СГЛАЖИВАНИЕ ТРЕНДОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Гринюк Д. А., Сухорукова И. Г., Олиферович Н. М., Оробей И. О.
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: hryniukda@gmail.com

Рассматриваются вопросы адаптивной фильтрации при измерении сигналов. Динамика оценивается с помощью аппроксимации текущих значений линейной, параболической или другой зависимостью. Представлены результаты математического моделирования работы цифрового фильтра, бегущего среднего, а также сглаживания с помощью линейной и параболической зависимостей при различных частотах полезного сигнала, проведенного с помощью пакета MatLab. Эффективность фильтра оценивалась по среднеквадратическому отклонению от исходного синусоидального сигнала. Проведенные исследования показали, что применение локальной линейной или параболической аппроксимации позволяет существенно улучшить сглаживание. Их использование также позволяет одновременно следить за динамикой и строить адаптивные схемы, одновременно контролировать параметры шума, бороться с импульсными помехами. По результатам предложен алгоритм адаптации для измерительного преобразователя впитывания.

Введение

Существуют два подхода в идентификации первичной информации: параметрический и непараметрический. Параметрические методы основаны на знании с определенной точностью модели восстанавливаемой зависимости. Непараметрические методы идентификации не используют такую модель. Другими словами, для преобразователей с информативным сигналом синусоидальной формы не возникает сложностей с интерпретацией результатов параметрической и непараметрической фильтрации. Временной сдвиг в этом случае можно легко учесть. При сложных моделях динамики сигнала могут возникать погрешности.

I. Постановка задачи

Измерительные преобразователи скорости капиллярного впитывания [1] и величины протечки [2–3] характеризуются сложной динамикой. Бумага имеет стохастический характер расположения каналов движения жидкости, и динамику измерительного преобразователя впитывания трудно прогнозировать. Одним из эффективных методов непараметрической фильтрации может быть метод локальной аппроксимации (МЛА) [4]. Суть этого метода состоит в использовании скользящих локально-параметрических моделей. Для обеспечения максимального качества сглаживания требуется определить порядок локальности и выбрать локально-параметрическую модель. Наиболее часто на практике для сглаживания применяются фильтры бегущего среднего и низких частот. Практика их реализации хорошо отработана. Фильтры бегущего среднего используются как простейшие формулы

$$y_i = \frac{y_i + y_{i-1} + ...y_{i-N}}{N}, \qquad (1)$$

где y_i — выход; x_i — текущее измерение; N — порядок (диапазон) усреднения, так формулы с весовыми коэффициентами. Методы локальной аппроксимации могут иметь различные варианты весовых функций. Однако это сопряжено с большими требованиями по мощности вычислений. Для применения в автономном режиме в реальном времени с невысокими требованиями по мощности, приемлемым вариантом является использование прямоугольных финитных функций. В качестве локальных моделей предлагается использовать линейную и квадратичную аппроксимации:

$$y(t) = c_1 + c_2 t; \qquad (2)$$

$$y(t) = d_1 + d_2 t + d_3 t^2, \qquad (3)$$

где c_i и d_i – коэффициенты, соответственно, линейной или квадратичной аппроксимации диапазона усреднения. Для формирования выходного значения y_i может быть использовано любое значение $t = t_S$ в диапазоне аппроксимации [0 $(N-1)\Delta t$](Δt – шаг квантования). В зависимости от величины N и особенности шумов t_S имеет свое оптимальное значение. Проведенные исследования показали, что

$$y_i = |y_i(t_S) - y_S| \qquad (4)$$

имеет параболическую зависимость, минимум которой находится в первой половине диапазона аппроксимации, где y_S – истинное значение параметра. При использовании (2) и значении t_S равном половине диапазона аппроксимации, сглаживание будет соответствовать методу бегущего среднего (1). Зачастую после аналогово-цифрового преобразователя в измерительных данных вместе с шумом первичного преобразователя возникают значения с большими отклонениями. Это является следствием либо внешних импульсных помех, либо наличия паразитивных

связей в измерительной схеме. Для борьбы с такими явлениями обычно используют медианный фильтр и т. д. Путем локальной аппроксимации можно также бороться с импульсными помехами типа шпоры.

II. Математическое моделирование

Моделирование проводилось с помощью математического пакета MatLab. Генерировались синусоидальный сигнал с разными значениями частоты [0 0,0001 0,001 0,01 0,05] Гц. Значение времени квантования составляло 1 с. Первичный сигнал смешивался с шумами различных типов. Сглаживание проводилось с помощью фильтра бегущего среднего, фильтра низких частот и аппроксимации (2) и (3). В качестве фильтра низких частот (ФНЧ) использовался фильтр Баттерворта 3-го порядка. Частота среза для каждого случая определялась отдельно путем минимизации среднеквадратического отклонения. Диапазон для бегущего среднего и аппроксимации выбирался из значений N = [3, 5, 9, 11, 15, 21, 25]. Некоторые из полученных результатов сглаживания различных типов фильтров можно видеть на рис. 1. На графиках представлены варианты работы фильтров с лучшими настройками. Так при минимальной частоте лучшие параметры по сглаживанию дает фильтр низких частот.

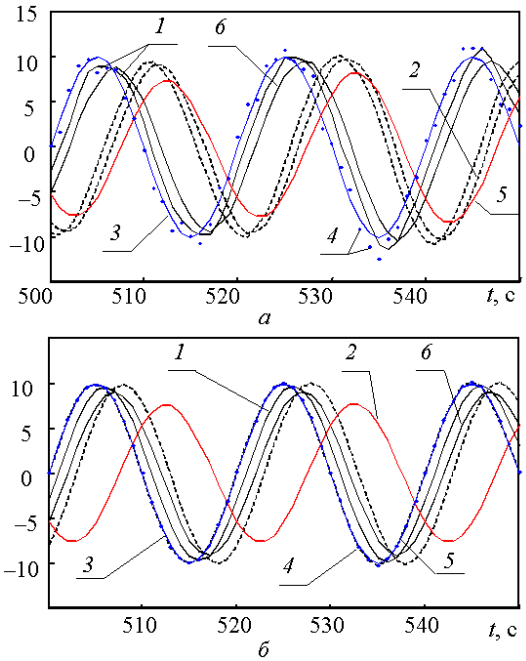


Рис. 1 – Сглаживание на частоте 0,05 Гц при высоком уровне (а) и низком уровне (б) шума для различных фильтров: 1 – линейная аппроксимация (N = 3, 5); 2 – ФНЧ; 3 – первичный сигнал; 4 – исходные данные; 5 – параболическая аппроксимация (N = 9, 11); 6 – скользящее среднее (N = 5)

Но при заметной динамике среднеквадратическое отклонение для параболической аппроксимации становится сравнимым с результатом фильтра низкой частоты. При дальнейшем увеличении частоты, параболическая аппроксимация дает лучшее сглаживание. При компенсации временной задержки отличия от других вариантов становятся значительными. С ростом частоты уменьшается оптимальное окно аппроксимации. Результат линейной аппроксимации дает лучшие результаты на высоких частотах исследованного диапазона и высоком уровне шумов в измерительном канале. Дисперсия отклонения от синусоидальной формы для параболической и линейной аппроксимаций имеет меньшее значение, начиная с частоты 0,001 Гц. Автономная работа адаптации предполагает проведение постоянных расчетов по линейной или параболической аппроксимации. Результаты моделирования показали, что окно аппроксимации N не стоит увеличивать более чем на 20. Слежение за коэффициентами d_2 и c_2 позволяет определять текущую динамику и в зависимости от этого осуществлять выбор вида и параметров сглаживания. Слежение за дисперсией позволяет характеризовать текущие параметры шумов в измерительном канале. Это позволит осуществлять выбор между линейной и квадратичной аппроксимацией и их параметрами. Кроме метода наименьших квадратов могут быть применены другие функции метода МЛА.

III. Заключение

Использование локальной линейной или параболической аппроксимаций позволяет существенно улучшить сглаживание. При этом временная задержка контролируется и может быть исключена при любой форме сигнала. Инструмент линейной или параболической аппроксимаций позволяет одновременно следить за динамикой и строить адаптивные схемы, позволяет одновременно контролировать параметры шума, бороться с импульсными помехами.

IV. Список литературы

1. Богослав, Н. М. Экспериментальное исследование динамики круговой пропитки / Н. М. Богослав, Д. А. Гринюк, И. О. Оробей // Труды БГТУ. – 2013. – №6, Физ.-мат. науки и информатика. – С. 99—103.
2. Сухорукова, И. Г. Повышение чувствительности измерителя протечек запорной арматуры / И. Г. Сухорукова, Д. А. Гринюк, И. О. Оробей // Труды БГТУ. – 2015. – №6, Физ.-мат. науки и информатика. – С. 132-136.
3. Oliferovich, N. Measuring the speed of capillary soaking with adaptation regarding coordinates / N. Oliferovich, D. Hryniuk, I. Orobei// 2015 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2015), Vilnius, Lithuania, 21 April 2015 pp. 1–4.
4. Катковник, В. Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных: метод локальной аппроксимации / В. Я. Катковник // Издательство: Наука, – 1985. – 336 с.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕКТОРА ТЯГИ МУЛЬТИРОТОРНЫХ ЛЕТАЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Шанин А. В., Кузнецов А. П.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: alexey_public@tut.by, kuznap@bsuir.by

Произведен общий анализ мультироторных систем и предложены методы оптимизации алгоритмов управления

Введение

Существует несколько схем мультироторных летающих аппаратов вертолетного исполнения. По большей части все они используют возможности применения нескольких винтов вместо одного большого. Это дает ряд преимуществ, в частности винт малого диаметра значительно меньше весит, меньше изнашивается, легче обслуживается. Это серьезные преимущества, но и недостатки тоже существенные. В первую очередь необходимость наличия нескольких двигателей, как правило по одному на винт. Это сдерживает применение таких схем в крупных аппаратах, т.к. турбопоршневые и газотурбинные двигатели имеют большое время реакции, что сильно усложняет их работу в паре. Кроме того как правило это время разное для разного состояния двигателя, и также зависит от его выработанного ресурса. Второй недостаток – низкое соотношение тяги двигателя к его массе. Оно улучшается при увеличении мощности двигателя.

Данные проблемы постепенно решаются, но на текущий момент это привело к использованию не более двух двигателей в одном летальном аппарате вертолетного исполнения, за редким исключением. Но преимущества многовинтовой вертолетной схемы привели к появлению отдельного класса малых летальных аппаратов с электрическим приводом. Его применение решило проблему с массой двигателей и дало возможность собирать недорогие летальные аппараты с дешевыми, компактными винтами. В первую очередь это сверхмалые БПЛА, а также небольшие аппараты с грузоподъемностью до 100 кг, как правило, непилотируемые. На настоящий момент ведется разработка сразу нескольких пилотируемых аппаратов, использующих подобную схему, например летательный аппарат по схеме [1].

I. Описание объекта управления

В сверхмалых аппаратах используется от 4 до 6 винтов, система стабилизации аппарата использует МЭМС гироскопы (акселерометры), при этом расчеты вектора тяги получаются достаточно простыми. Самая сложная задача – оценить поведение аппарата с малой массой, чаще всего эта задача решается применением фильтра Калмана на входных данных с гироскопа.

При повышении массы аппарата также появляется возможность применения большего числа двигателей, компактных, дешевых, расположенных на пространственной раме (см. рис. 1). Но возникает задача управления большим количеством двигателей расположенных в пространстве, причем геометрическое положение каждого оказывает существенное влияние на общий вектор тяги аппарата. Влияние окружающей среды и непредсказуемость поведения аппарата в сложном воздушном потоке при повышении его массы заметно снижается, снижаются и требования к фильтру Калмана, возможно использование других фильтров или алгоритмов обработки. Тем не менее множество двигателей создают воздушный поток сложной формы, что приводит к необходимости согласования их работы и не просто получения общего вектора тяги, а скорее к необходимости расчета векторного поля, тензора. В противном случае качество управления в области стабилизации положения будет сильно снижено, т.к. даже небольшой момент, создаваемый отдельным двигателем приводит к существенному отклонению в ориентации аппарата. Расчет единственного вектора тяги приведет к игнорированию краевых эффектов, что в свою очередь будет приводить к постоянным колебаниям аппарата при небольшой скорости движения или его зависании в заданной точке.

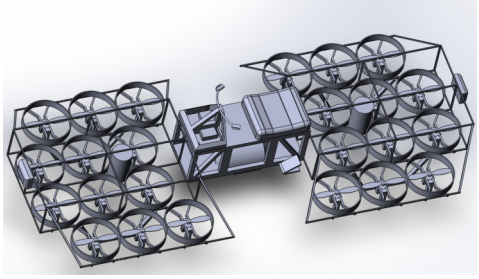


Рис. 1 – Мультироторное воздушное судно

II. Направление исследования

Чтобы определить возможные области поиска методов оптимального управления в первую

очередь необходимо определить методы управления мультироторным летательным аппаратом. Основной метод управления мультироторными аппаратами заключается в регулировании тяги любого отдельно взятого винта. При этом возможности реверса, необходимые для получения быстрой реакции в условиях больших возмущений, как правило сильно ограничены, в первую очередь схематически, т.к. большинство драйверов двигателей подобного типа не позволяют сделать реверс направления вращения двигателей в полете. Вторая сложность заключается в профиле воздушного винта, т.к. профиль винта оптимизируется под одно направление вращения, поэтому при его реверсе тяга сильно снижается. Т.о. система управления должна использовать реверс только как крайний метод, и с учетом заметно падающей тяги и низкого КПД.

Второй вариант управления - это изменение плоскости вращения воздушного винта, как правило по одной или нескольким степеням свободы (как правило, двум), так, чтобы можно было изменять вектор тяги в одной или нескольких плоскостях. Данный вариант управления вектором тяги не является весьма эффективным с точки зрения формирования суммарного вектора тяги воздушного судна, но резко снижает общий КПД, это связано с большим весом приводных двигателей, обеспечивающих изменение плоскости вращения воздушного винта. Вес этих двигателей, их крепежа, редукторов, механики изменения плоскости вращенгия винат (тяги, подшипники и т.д.) будет постоянно перевозиться вместе с аппаратом, и может составлять до 30% от веса основного привода воздушного винта, а также будет требовать значительное количество энергии для их работы. В связи с этим подобный метод является малоэффективным для легких аппаратов с работой от аккумуляторов и характерен скорее для 2-4 винтовых конструкций, работающих на углеводородном топливе, например системы управления вектором тяги реактивных двигателей(механическое и газодинамическое).

Т.о. наиболее эффективная с точки зрения КПД система управления должна позволять осуществлять управление тягой каждого из воздушных винтов, в некоторых случаях может потребоваться реверс. Но необходимость реверса может нивелироваться массой аппарата, т.к. снижение тяги ниже определенного значения при горизонтальном положении аппарата приводит к прорыванию воздушного потока через область аппарата, ометаемую этим винтом в обратном направлении, фактически, при отключении двигателя аппарат сразу же начинает быстро падать, т.о. реверс может быть востребован лишь в исключительных случаях.

В первую очередь необходимо определить способ формирования общего вектора тяги, во вторую - методы повышения КПД. Способы формирования вектора тяги могут быть весьма различны, стоит отметить особый вклад воздушных винтов, расположенных на макимальном удалении от центра тяжести аппарата. Их вектор тяги способен быстро менять ориентацию аппарата. В тоже время винты, расположенные возле центра тяжести целесооразно использовать для формирования основного значения вектора тяги. Т.о. базовый метод управления подразумевает использование части винтов для управления ориентацией аппарата, а часть винтов должна использоваться для движения аппарата в заданном направлении. Остальные винты могут быть использованы для поддержания аппарата в воздухе и разгрузки наиболее интенсивно работающих винтов.

III. Возможная реализация

Для обеспечения эффективности применения математических методов анализа в реальном режиме времени необходимо высокое быстродействие системы. Чтобы обеспечить это требование необходимо разложить общий алгоритм поиска оптимума на несколько уровней, работающих параллельно, при этом на высоком уровне допустимо снижение общего быстродействия, т.к. там обычно производится только анализ результатов, а максимальное быстродействие необходимо на самом низком уровне. Т.к. поиск решения привязан к допустимому времени принятия решения, то оптимально часть работы переложить на предварительно обученные нейросети, позволяющие быстро подобрать оптимальные параметры с приемлемым быстродействием. Эти параметры можно использовать в качестве отправной точки при поиске текущего оптимума в условиях быстро изменяющихся показателей взаимодействия аппарата с окружающей средой.

Также нейросеть можно использовать для оптимизации работы фильтра Калмана для ускорения процесса идентификации параметров положения, например динамически управляемыми рекуррентными сетями[2, стр. 956].

1. Летательный аппарат вертикального взлета и посадки, патент RU2603302, авт. Игор Чудаков, Товкач Сергей Евгеньевич, Шанин Алексей Викторович.
2. Нейронные сети: полный курс, 2е- изд. Пер. с англ. / С. Хайкин. // Издательство: "И.Д. Вильямс 2016. – 1104 с.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ

Кузнецов В. П., Протченко Е. В., Хаджинова Н. В., Протченко Н. В.
Кафедра информационных систем и технологий,кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: vpk@bsuir.by, khajynova@bsuir.by, protchenko@bsuir.by

Рассматривается электромеханическая система стабилизации скорости двигателя с учётом изменения момента инерции нагрузки. Получены уравнения, описывающие динамику системы. Предложен и применен метод анализа устойчивости процессов в системе.

I. Постановка задачи

Существенной особенностью систем стабилизации и позиционирования электромеханических систем является нестационарность и неопределенность ряда параметров, возникающая в связи с изменением в широких пределах приведенного момента инерции на валу двигателя или из-за других причин.

В работе рассматривается и исследуется система управления приводом подвижности робота-манипулятора, структурная схема которой приведена на рисунке 1,

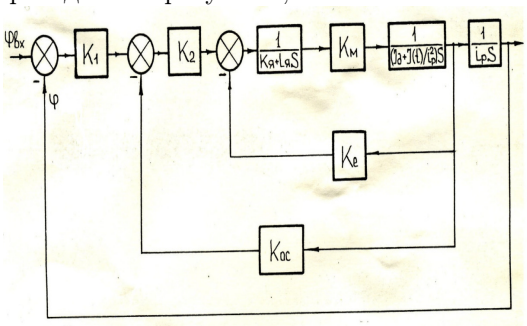


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления приводом степени подвижности

где $K_1, K_2, K_e, K_{oc}, K_M$ – коэффициенты передачи (усиления) соответствующих блоков; ϕ - угол поворота выходного вала, i_p – коэффициент передачи редуктора; $K_я, L_я, J_d$ – постоянные характеризующие двигатель; J – момент инерции механизма.

Существенной особенностью является то, что момент инерции механизма J изменятся во времени, т.е. J зависит от t. Уравнение свободных колебаний данной системы $\phi e_x = 0$ имеет вид

$$\phi^{(3)} + b_1\phi^{(2)} + b_2\phi^{(1)} + b_3\phi = 0, \qquad (1)$$

где $b_1 = [T(t) + T_э T_v(t)/T_э T(t)]$,

$$b_2 = [1 + k_{вн}/T_э T(t)],$$

$$b_3 = [k/T_э T(t)].$$

В полученном дифференциальном уравнении третьего порядка существенным является зависимость коэффициентов b_i от времени, а именно от переменной во времени постоянной времени $T(t) = R_я[J_g + J(t)/i_p^2]/k_e k_м$, $T_v(t) = d/dt[T(t)]$.

Обычно, переменный во времени момент инерции $J(t)$ изменяется в некоторых пределах $Jmin < J(t) < Jmax$, причем часто закон изменения заранее неизвестен. Этот закон может зависеть от траектории движения, например, руки робота-манипулятора.

Таким образом, рассматриваемая система должна рассматриваться как нестационарная, а более точно как интервальная. Основная проблема, решаемая в настоящей работе – это найти области изменения момента инерции, при которых система будет асимптотически устойчивой.

II. Методика исследования

Методика анализа системы, описываемой уравнением (1) базируется на результатах работы авторов [1-3]. Основной смысл этой методики – это представление уравнения (1) в векторно-матричной форме.

$$X^{(1)} = Ax = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -b_3 & -b_2 & -b_1 \end{bmatrix} x, \qquad (2)$$

где $x = col[x_1, x_2, x_3]$ - вектор состояния системы $x_1 = \phi, x_2 = \phi^{(1)}, x_3 = \phi^{(2)}$. Далее для $b_{imin} < b_i(t) < b_{imax}$ выделяются некоторые средние значения (наиболее вероятные при практической работе системы) $\bar{b_i}$ и разделение матрицы A на матрицу с постоянными коэффициентами

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -\bar{b}_3 & -\bar{b}_2 & -\bar{b}_1 \end{bmatrix},$$

и матрицу добавок

$$\Delta A(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -\Delta b_3(t) & -\Delta b_2(t) & -\Delta b_1(t) \end{bmatrix},$$

Далее производим преобразование уравнения (2) к новым координатам с использованием замены

$$x = Mz, M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1, \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ \lambda_1^2 & \lambda_2^2 & \lambda_3^2 \end{bmatrix},$$

где λ_i различные собственные числа матрицы $barA$, $z = col[z_1, z_2, z_3]$ – новый вектор состояния.

В результате такой замены приходим к новым уравнениям состояния

$$x^{(1)} = Dx + H(t)x,$$

где $D = diag[\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3], H(t) = M^{-1}\Delta A(t)M$.

Процессы в системе будут асимптотически устойчивы, если все корни уравнения

$$det\left\{\frac{[D + H(t)] + [D + H(t)]^*}{2} - \nu E\right\} = 0 \quad (3)$$

будут отрицательными для любого момента времени t. Знак $*$ означает эрмитово-сопряженную матрицу.

К уравнению (3) можно применить любой известный критерий устойчивости, например, Рауса или Гурвица.

III. Основные результаты

Итак, применяя предлагаемую методику к уравнению (1), мы получили допустимые области изменения постоянной времени $T(t)$ и ее производной $T_v(t)$, которые представлены на рисунке 2.

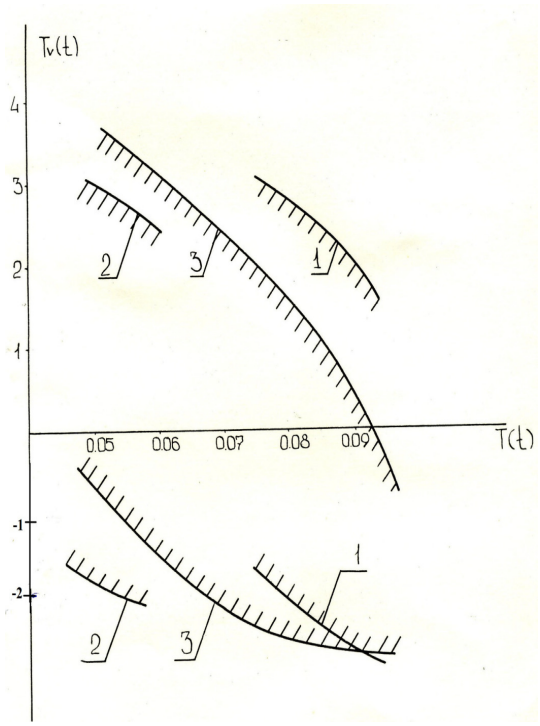


Рисунок 2 – Области устойчивости

Кривая 1 ограничивает допустимую область изменения параметров $T(t)$ и $T_v(t)$ при выдвижении руки с грузом $P = 5$, кривая $2 - P = 0$ кг, кривая $3 - P = (0 - 5)$ кг. При расчетах принималось среднее значение $T(t)$ соответственно $8,8 \cdot 10^{-2}$ с; $7,4 \cdot 10^{-2}$ с; $5,45 \cdot 10^{-2}$ с. Среднее значение $T_v(t)$ рассчитывалось при скорости выдвижения руки $V = 0,5$ м/с и имеет значение $\bar{T}v = 8 \cdot 10^{-2}$.

1. Кузнецов В.П. Оценки процессов в нелинейных нестационарных непрерывных интервальных системах.//Избранные научные статьи в 10-летию Минского института управления.-Мн.:МИУ,2001-с.12-16.
2. Кузнецов В.П., Протченко Е.В., Хаджинова Н.В. Анализ непрерывных динамических систем с неопределенными параметрами. //Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы м-н-т-к (БГУИР, Минск 2015).- Минск: БГУИР, 2015 – с.56-57.
3. Кузнецов В.П. Численные процедуры получения экспоненциальных оценок в линейных системах. // Автоматика и телемеханика, №5, 1987.

ОЦЕНИВАНИЕ УГЛОВОЙ КООРДИНАТЫ ПО ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ В СИСТЕМАХ СО СВЕРХБЫСТРЫМ СКАНИРОВАНИЕМ ЛУЧА

Аникеев С. В., Куренёв В. А., Лопухов А. В.
Кафедра тактики и вооружения войсковой ПВО, кафедра систем автоматического управления, факультет противовоздушной обороны, Военная академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: serega.anikeev2016@yandex.ru

В статье рассмотрено оценивание угловой координаты цели в системах со сверхбыстрым сканированием луча по задержке сигнала относительно начала сканирования на прием и задержке пачки относительно исходного положения томографического слоя видимости.

Введение

Угловая координата в системах со сверхбыстрым сканированием луча [1, 2, 3] оценивается на основе совместного (комплексного) использования информации, содержащейся в задержке относительно начала сканирования на прием τ_{del} и задержке пачки относительно исходного слоя видимости τ_d. При связи временных задержек совместная обработка позволяет повысить точность оценки угловой координаты цели $\theta_a(t)$.

I. Постановка задачи

Модель наблюдения в одном периоде повторения сигнала записывается в виде (1), где
P_{ck} – средняя мощность сигнала цели при приёме на антенну с качанием луча за время длительности импульса;
$\dot{G}_d(t)$, $\dot{G}_\theta(\Omega t)$ – комплексные диаграммы направленности (по мощности), модулирующие сигналы при качании луча;
$\dot{u}(t)$ – комплексный закон модуляции зондирующего сигнала;
τ_d, τ_a и τ_{del} – временные запаздывания сигналов, обусловленные дальностью и угловым положением цели;
ω_0 – несущая частота;
$n(t)$ – шум наблюдения с односторонней спектральной плотностью N.
Требуется получить оценку случайной угловой координаты цели. Характеристика дискриминатора угловой координаты имеет множество точек устойчивого равновесия как показано на рисунке 1, г. Апостериорная плотность вероятности (п.в.) имеет максимумы (пики), общее число таких пиков на интервале неопределенности τ_d равно целой части числа $\frac{T_d}{T_r} = K$. Применение обычной многоканальной схемы может оказаться практически неприемлемым из-за большого числа каналов. Если, например, оценивать τ_{del} с ошибкой порядка $\delta\tau_{del} = \frac{T_r}{18000}$, соответствующей ошибке оценивания угловой координаты $\delta\theta_a = 4'$, то потребуется $18000K$ каналов. Решение научной проблемы оценивания угловой координаты в системах со сверхбыстрым сканированием луча сводиться к решению задачи фильтрации многомодальной апостериорной п.в.

II. Решение задачи

Возможны варианты оценивания угловой координаты $\theta_a(t)$ только по задержке сигнала относительно начала сканирования на прием τ_{del} или только по задержке пачки относительно исходного положения томографического слоя видимости τ_d. Т.к. в системах со сверхбыстрым сканированием луча угловая координата жестко связана с обеими задержками,то для повышения точности необходимо использовать совокупную информацию.

Суть методов решения задач фильтрации многомодальных апостериорных п.в. состоит в том, чтобы аппроксимировать функцию (рисунок 1, а, в), определить параметры аппроксимирующего распределения, по ним найти параметры получающейся аппроксимации и получить оценку угловой координаты $\theta_a(t)$. Оценка угловой координаты совпадает с положением максимума пика, ближайшего к положению максимума огибающей. Этот результат позволил при синтезе алгоритмов дискриминирования учитывать только полуширину дискриминационной характеристики 1, г находящуюся в пределах нуля характеристики 1, б.

III. Выводы

Для оценивания угловой координаты цели необходимо осуществлять слежение за временным положением пачек и временным положением импульсов с помощью электронных схем. Возможности по повышению точности заключаются в комплексной обработке информации о временных задержках.

IV. Список литературы

1. Гинзбург, В. М. Формирование и обработка изображений в реальном масштабе времени: Методы быстрого сканирования / В. М. Гинзбург. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.
2. Куренёв, В. А. Статистический синтез и анализ оптимальных измерителей со сверхбыстрым сканиро-

ванием диаграмм направленности / В. А. Куренёв. – Минск: ВА РБ, 2004. – 84 с.
3. Аникеев, С. В. Синтез двухкоординатного измерителя со сверхбыстрым сканированием диаграмм направленности / С.В.Аникеев, В.А.Куренёв // Известия НАН. Серия физ.-техн. наук — 2015. -– №1. – С. 112–117.

$$y(t) = \sqrt{2P_{ck}}\, Re\{\dot{G}_d(\frac{t-\tau_d}{T_e})\dot{G}_\theta[\Omega(t-\tau_a-\tau_{del})]\dot{u}(t-\tau_a)e^{j\omega_0 t}\} + n(t) \quad (1)$$

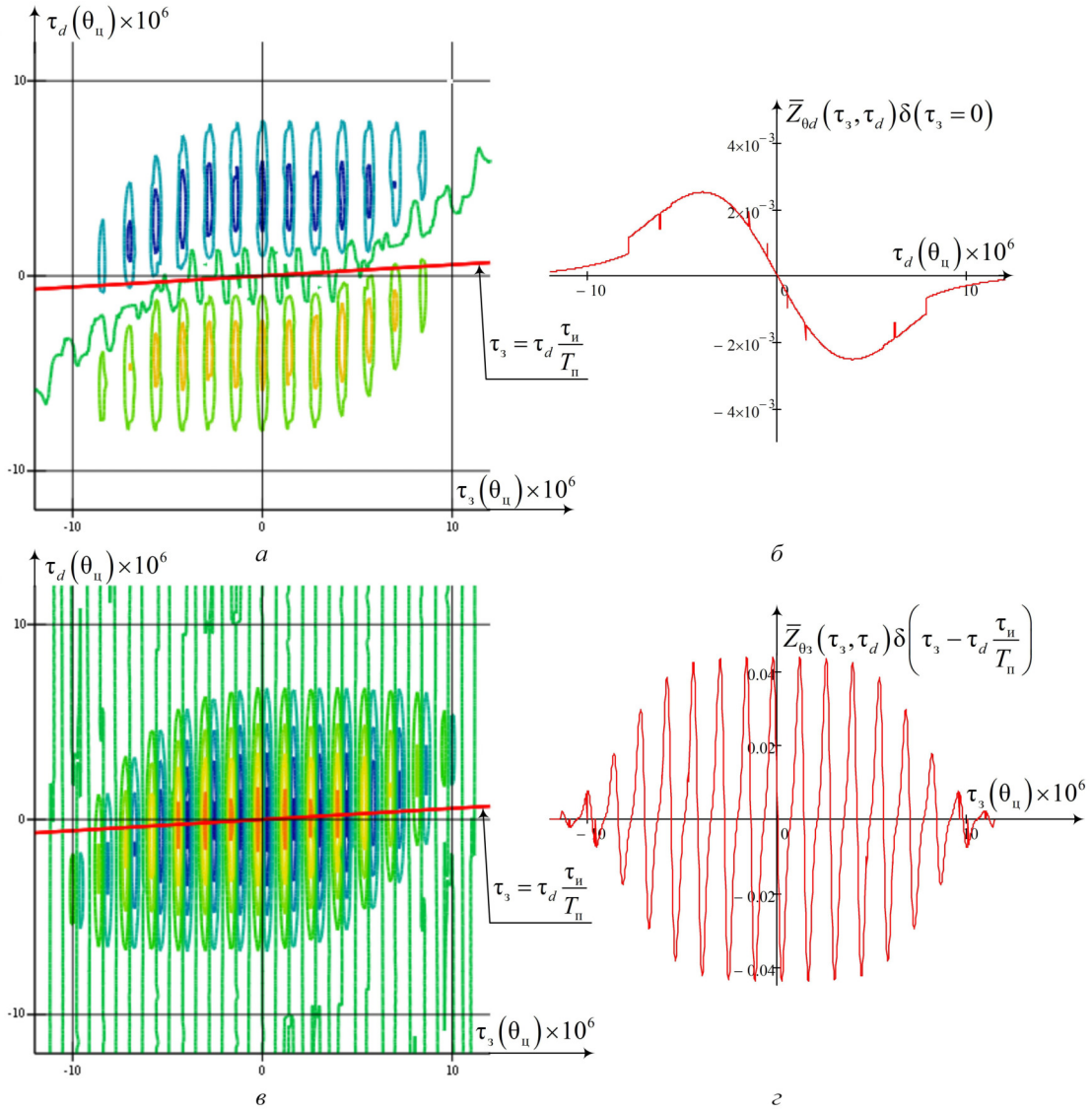


Рис. 1 – Многомерные дискриминационные характеристики угломерного канала $\overline{Z}_{\theta d}$ (а), $\overline{Z}_{\theta del}$ (в) и их сечения (б), (г)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ ДОМА

Качан В. А.
Кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: spegolski@gmail.com

В данной работе предлагается структурная схема, алгоритм работы и программное обеспечение устройства управления отоплением дома.

Введение

Совместить тепло и свежий воздух в своем доме, а также сохранить оптимальную температуру для комфортного времяпрепровождения поможет система отопления «теплый пол». Это современно, эстетично и удобно. Тёплый пол — система отопления, обеспечивающая нагрев воздуха в помещении снизу, где отопительным прибором является тёплый настил.

Отличительными особенностями теплого пола является большая площадь нагрева и низкое расположение поверхности нагрева. Это способствует более равномерному распределению температуры по горизонтали и вертикали, что позволяет использовать более низкие температуры теплоносителя. Управление таким отоплением должно быть интуитивно понятно и удобно в эксплуатации. В соответствие с этим была разработана система управления.

I. Структурная схема устройства

В настоящее время существует много различных как по своей форме и структуре, так и по функционалу устройств контроля и управления теплым полом. Важным пунктом является цена. Разработанная система отвечает критериям современной, полноценной, надёжной, окупаемой и легко реализуемой системы, способной конкурировать на рынке. Разработанный пользовательский интерфейс понятен и прост. Преимуществом такой системы можно считать экономичность и простоту ее сборки. Все элементы легкодоступны: - микроконтроллер; - устройство сопряжения с объектом; - датчики температуры; - клавиатура; - устройство индикации.

На рис. 1 представлена типовая структурная схема данного устройства

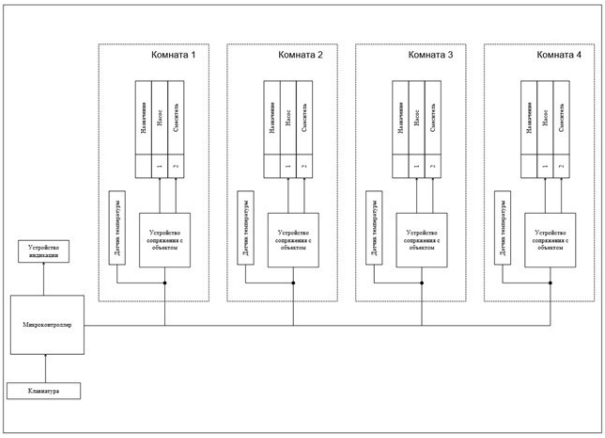


Рис. 1 – Типовая структурная схема устройства

II. Алгоритм работы схемы

После запуска системы управления, датчики температуры снимают данные и передают их в микроконтроллер, после чего появляется начальный пользовательский интерфейс, управление которым происходит посредством нажатия клавиш. Клавиши «1» или «2» отвечают за выбор режима работы системы отопления. Если режим работы системы не выбран, микроконтроллер использует значения температур в комнате, заданные дефолтно. Нажатие на клавишу «3» выведет на информационный дисплей текущие температуры в комнатах. После выбора режима работы, на экране появляется перечень комнат с заданными в выбранном режиме температурами. При нажатии на клавиатуре цифр от 1 до 4(выбор комнаты), а также кнопки “+” и “-”(установка температуры), система управления отоплением переходит в режим установки. При нажатии на клавишу “C” происходит переход к начальному интерфейсу. Другие кнопки отвечают за переход в информационный режим, где указываются все комнаты и соотношения температур «set/current» в этих комнатах в реальном времени.

После установки нужной температуры, система управления отоплением начинает анализировать полученные данные и соответствующе реагировать. Анализ состоит в том, что сразу сравниваются температуры, которые измерили датчики температуры и температура, которую установил пользователь. Если температура измеренная будет меньше установленной, тогда насос на-

чинает качать горячую воду в нужную комнату до тех пор, пока температуры не станут равными.

В случае, когда измеренная температура больше установленной, включается смеситель, и насос начинает качать в нужную комнату охлажденную воду. Если система не отключена, то алгоритм повторяется.

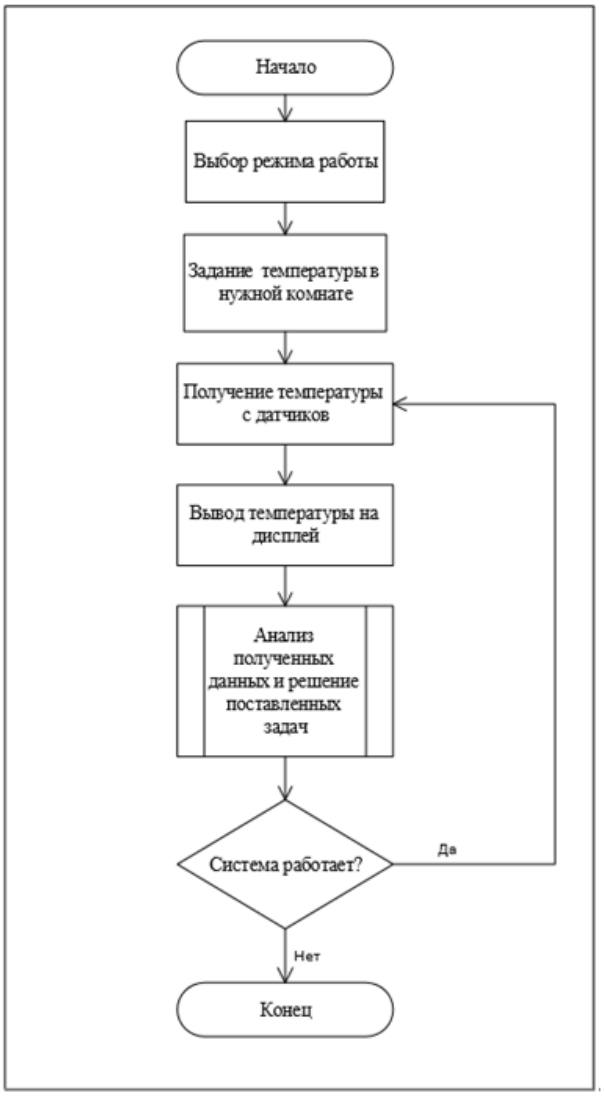


Рис. 2 – Алгоритм работы устройства

III. Вывод

Полученная модель с достаточной степенью точности отрабатывает основные этапы необходимые для поддержания требуемой температуры в помещении, а также наглядно демонстрирует принцип работы таких устройств.

IV. Список литературы

1. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. / 2014. – 400с.
2. Писарев, Е. Теплый пол, водяной или электрический. / 2012. – 130 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСАМОКАТОМ

Хаджинов М. К., Павлова А. В.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kh_m@tut.by

Предлагается разработка системы управления самобалансирующегося самоката на основе датчиков электроприводов. Используется упрощенная линейная модель самоката с модальными регуляторами контуров управления и оценивания.

Введение

В современных самобалансирующихся электросамокатах (сигвеях) обычно используется система гироскопических и сенсорных датчиков .Сигналы датчиков обрабатываются микропроцессором, вырабатывающим управляющие воздействия электроприводами колёс. В литературе обычно приводятся нелинейные модели электросамокатов. Алгоритмы управления приводятся фрагментарно и их работоспособность часто вызывает сомнение [1].

I. Постановка задачи

Механика электросамоката представляет собой подобие перевёрнутого маятника, неустойчивого по структуре. Обеспечить устойчивую работу такого объекта с помощью регулятора в прямой цепи одного контура управления не удаётся по ряду причин. Разумным является использование регуляторов в цепи обратной связи (модальных или линейно-квадратичных) на базе наблюдателей. Наблюдатель представляет собой модель объекта с собственным регулятором в цепи обратной связи, образующей контур оценивания. Управление контуром оценивания производится от одного или нескольких датчиков объекта управления. Необходимым условием работы контура оценивания является полная наблюдаемость модели объекта управления по сигналам используемых датчиков. В работе рассматривается подход к проектированию системы управления с двумя модальными регуляторами в контурах управления и оценивания. Существует тенденция к уменьшению габаритов самокатов и аппаратного упрощения системы управления.Для аппаратного упрощения системы управления предлагается ограничиться имеющимися датчиками электроприводов колёс и не использовать гироскопы и акселерометры. Основой для такого решения будет построение математической модели электросамоката, полностью наблюдаемой по сигналам датчиков электроприводов и имеющим достаточный набор переменных для стабилизации объекта контуром управления.

II. Математическая модель

Аппаратное упрощение системы управления самоката возможно при использовании структуры с моделью объекта в контуре управления. Предлагается использовать приближённую двухмассовую математическую модель объекта с горизонтальным движением обеих масс (рис.1).Нижняя масса соответствует самокату, верхняя – пассажиру. Нижняя масса включает в себя суммарную массу колёс и тележки, плюс приведённую массу всех вращающихся частей электроприводов и колёс. Математические модели электроприводов колёс максимально структурно упрощены до интеграторов в контуре с единичной обратной связью, а их динамика задаётся частотой полосы пропускания. Необходимость учёта возможных изменений массы пассажира и его высоты центра тяжести реализована в виде двух дополнительных моделей самоката с заниженными и завышенными характеристиками нагрузки. Структура модели самоката с электроприводом без системы балансирования и управления приведена на рис.1.

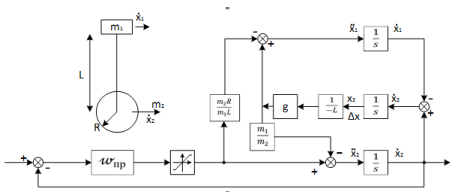


Рис. 1 – Схема механики и структурная схема модели самоката с электроприводом

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: X1-скорость центра тяжести пассажира; X2-скорость тележки самоката; X3-отклонение назад центра тяжести пассажира относительно колес; M1-масса пассажира; M2-масса тележки с колёсами и двигателями плюс приведенные моменты инерции вращающихся колес и двигателей; L-высота центра тяжести пассажира; R-радиус колеса; Wпр-полоса пропускания электропривода колеса. Описанная упрощенная двухмассовая линейная модель механики с моделью электропривода первого порядка использовалась для расчётов модальных регуляторов контуров управления и оценивания.Для упрощения модальных регуляторов контуров управления и оценивания в расчёт закладывалась неиз-

менность полюса электропривода в обоих контурах.

III. Контуры управления и оценивания

Были рассмотрены 2 варианта построения контура управления: одноэтапный и двухэтапный.В одноэтапном варианте рассчитывался интегральный модальный регулятор, обеспечивающий как стабилизацию, так и управление скоростью. Желаемые полюса задавалисьполиномом 3-го порядка плюс полюс электропривода. При использовании двухэтапного варианта вначале осуществлялось построение контура стабилизации с модальным регулятором, чтобы неустойчивый объект трансформировать в устойчивый маятник такой же длины с приемлемым коэффициентом демпфирования. Результатом явилось появление устойчивости с хорошими переходными характеристиками, но с реверсом управления скоростью самоката. Далее контур стабилизации был дополнен контуром управления скоростью с интегральным или ПИД регуляторами. При этом нули ПИД регулятора настраивались на компенсацию доминирующей пары полюсов контура стабилизации. Предлагается для оценивания вектора состояния самоката использовать датчик скорости электропривода колёс. Принципиально это возможно, так как предлагаемая модель самоката полностью наблюдаема по сигналу датчика скорости. В то же время существует проблема использования датчика косвенных измерений. Так предполагалось, что увеличение жёсткости электропривода может усложнить работу контура оценивания из-за уменьшения чувствительности электропривода к возмущениям, вызванных нарушением положения равновесия верхней массы. В результате этого может проявляться повышенная чувствительность контура оценивания к изменению нагрузки самоката.

IV. Результаты моделирования

Выполнено моделирование системы управления самоката с электроприводом для значений массы пассажира 30, 60 и 120кг с изменением высоты центра тяжести 0.5, 0.8 и 0.95м при радиусе колеса 0.1м. Результаты моделирования самоката с модальным регулятором в контуре стабилизации и контуром управления скоростью с интегральным и ПИД регуляторами приведены на рис.2. Как видно из рисунка, скорость самоката на начальном этапе разгона принимает отрицательные значения, чтобы качнуть пассажира вперёд, а затем ловить его контуром стабилизации с модальным регулятором. ПИД- регулятор сильно форсирует этот этап, создавая более сильное отклонение пассажира. Интегральный регулятор скорости разгоняет самокат более плавно и почти за такое же время. Интегральный модальный регулятор настраивался на более медленный разгон и обеспечивает более комфортные условия для пассажира.

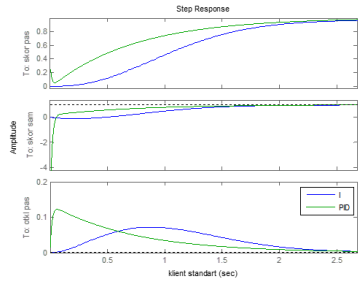


Рис. 2 – Скорость пассажира, скорость самоката и отклонение пассажира самоката в СУ с модальным регулятором в контуре стабилизации

Результаты моделирования самоката с интегральным модальным регулятором приведены на рис.3.

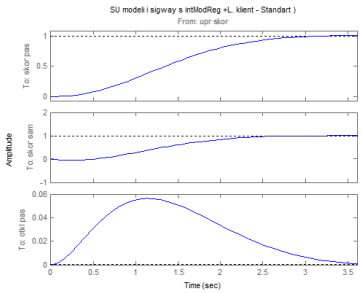


Рис. 3 – Скорость пассажира, скорость самоката и отклонение пассажира самоката в СУ с модальным, интегральным регулятором

Контур оценивания базировался на датчике скорости электропривода колеса. Моделирование показало увеличение запасов устойчивости контура оценивания для не стандартных клиентов при увеличении жёсткости электропривода в пределах реальных настроек.

V. Выводы

Произведено сравнение подходов проектирования контура управления самоката: одноэтапно с помощью интегрального модального регулятора, и как последовательное из двух вложенных контуров, контура стабилизации равновесия и контура управления движением. Контур управления с интегральным модальным регулятором даёт лучшие переходные характеристики и проектируется проще. Для самоката с реальными параметрами механики и электроприводов контур оценивания может базироваться на датчике скорости электропривода колёс и не использовать дополнительные гироскопические датчики положения пассажира.

VI. Список литературы

1. Фёдоров, Д.С. Разработка системы стабилизации угла отклонения балансирующего робота / Д.С.Фёдоров, А.Ю.Ивойлов, В.А.Жмудь, В.Г.Трубин // Автоматика и программная инженерия. – 2015. №2(12).

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДОМ ФУНКЦИИ А. М. ЛЯПУНОВА

Бейсенби М. А.[1],Сулейменова С. Т.[2]
[1] д.т.н., проф.,[2] докторант, кафедра системного анализа и управления, Евразийский национальный университет,
[2] стажер, кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
[1]Астана, Республика Казахстан, [2] Минск, Республика Беларусь
E-mail: s.t.suleimenova@gmail.com

В статье излагается исследование систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости, построенных в классе трехпараметрических структурно – устойчивых отображений (катастрофа эллиптическая омбилика), для объектов с 1 входом и 1 выходом. Исследование робастной устойчивости систем управления базируется на построении функции Ляпунова. Функция Ляпунова строится в форме вектор – функции, антиградиент которой задается компонентами вектора скорости системы. Область устойчивости установившихся состояний системы получена в виде простейших неравенств по неопределенным параметрам объекта управления и выбираемым параметрам устройства управления.

Введение

Настоящее исследование посвящено актуальным проблемам построения робастно устойчивых систем управления динамическими объектами, с неопределёнными параметрами, с подходом к построению систем управления в классе структурно – устойчивых отображений, позволяющих увеличить потенциал робастной устойчивости. Исследование робастной устойчивости базируется на новом подходе, полученном из геометрической интерпретации теоремы Ляпунова [1, 2]. Функция Ляпунова синтезируется в форме вектор – функции, антиградиент которой задается компонентами вектора скорости системы в форме тензора.

I. Анализ устойчивости системы управления

Рассмотрим систему управления с одним входом и одним выходом, описываемую уравнением состояния.

$$x(t) = Ax(t) + Bu(t). \tag{1}$$

Закон управления задан в форме суммы трехпараметрических структурно – устойчивых отображений (катастрофа эллиптическая омбилика).

$$u(t) = -x_2^3 + 3x_2x_1^2 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + k_2x_2 + k_1x_1 -$$

$$-x_4^3 + 3x_4x_3^2 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + k_4x_4 + k_3x_3 -, \ldots, -$$

$$-x_n^3 + 3x_nx_{n-1}^2 - k_{n-1,n}(x_{n-1}^2 + x_n^2) + k_nx_n +$$

$$+k_{n-1}x_{n-1}. \tag{2}$$

В развернутой форме система (1) записывается следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x_1} = x_2 \\ \dot{x_2} = x_3 \\ \cdots = \cdots \\ \dot{x_{n-1}} = x_n \\ \dot{x_n} = b_n[3x_2x_1^2 - x_2^3 - k_{12}(x_1^2 + x_2^2) + \\ +(k_1 - a_n)x_1 + (k_2 - a_{n-1})x_2 + \\ +3x_4x_3^2 - x_4^3 - k_{34}(x_3^2 + x_4^2) + \\ +(k_3 - a_{n-2})x_3 + (k_4 - a_{n-3})x_4 +, \\ \cdots, +3x_nx_{n-1}^2 \\ -x_n^3 - k_{n-1,n}(x_{n-1}^2 + x_n^2) \\ +(k_{n-1} - a_2)x_{n-1} + (k_n - a_1)x_n]. \end{cases} \tag{3}$$

Установившиеся состояния системы (3) будут определены решением уравнений:

$$\begin{cases} x_{2s} = 0, x_{3s} = 0, \cdots, x_{ns} = 0 \\ 3x_{2s}x_{1s}^2 - x_{2s}^3 - k_{12}(x_{1s}^2 + x_{2s}^2) + \\ +(k_1 - a_n)x_{1s} + (k_2 - a_{n-1})x_{2s} + \\ +3x_{4s}x_{3s}^2 - x_{4s}^3 - k_{34}(x_{3s}^2 + x_{4s}^2) + \\ +(k_3 - a_{n-2})x_{3s} + (k_4 - a_{n-3})x_{4s} +, \\ \cdots, +3x_{ns}x_{n-1,s}^2 - k_{n-1,n}(x_{n-1,s}^2 + x_{ns}^2) - \\ -x_{ns}^3 + (k_{n-1} - a_2)x_{n-1,s} + \\ +(k_n - a_1)x_{ns} = 0 \end{cases} \tag{4}$$

Из (4) можно получить стационарное состояние, определяемое тривиальным решением системы (3):

$$x_{1,s} = 0, x_{2,s} = 0, \cdots, x_{n,s} = 0. \tag{5}$$

Устойчивости стационарных состояний (5) системы (3) будем исследовать на основе предложен-

ного подхода методом функции Ляпунова. Рассмотрим устойчивость стационарного состояния (5). Для этого обозначим компоненты вектора антиградиента компонентами вектор – функции Ляпунова.

Полная производная по времени от вектор – функции Ляпунова будет равна:

$$\frac{dV}{dt} = -x_2^2 - x_3^2 - \cdots - x_n^2 -$$
$$-b_n^2[k_{12}x_1^2 - 3x_2x_1^2 - (k_1 - a_n)x_1]^2 -$$
$$-b_n^2[x_2^3 + k_{12}x_2^2 - (k_2 - a_{n-1})x_2]^2 -$$
$$-, \cdots, -$$
$$-b_n^2[k_{n-1,n}x_{n-1}^2 - 3x_nx_{n-1}^2 - (k_{n-1} - a_2)x_{n-1}]^2 -$$
$$-b_n^2[x_n^3 + k_{n-1,n}x_n^2 - (k_n - a_1)x_n]^2. \quad (6)$$

Из (6) получаем, что полная производная по времени от вектор – функции Ляпунова будет знакоотрицательной функцией, следовательно, достаточное условие асимптотической устойчивости системы (3) относительно стационарного состояния (5) выполняется. По компонентам вектора градиента вектор – функции Ляпунова строим компоненты вектор – функции Ляпунова. Функцию Ляпунова в скалярной форме можно представить в виде:

$$V(x) = \frac{1}{3}b_nk_{12}x_1^3 - b_nx_2x_1^3 - \frac{1}{2}b_n(k_1 - a_n)x_1^2 +$$
$$+\frac{1}{4}b_nx_2^4 + \frac{1}{3}b_nk_{12}x_2^3 - \frac{1}{2}b_n(k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_n})x_2^2 +$$
$$+ \cdots + \frac{1}{3}b_nk_{n-1,n}x_{n-1}^3 - b_nx_nx_{n-1}^3 -$$
$$-\frac{1}{2}b_n(k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_n})x_{n-1}^2 + \frac{1}{4}b_nx_n^4 +$$
$$+\frac{1}{3}b_nk_{n-1,n}x_n^3 - \frac{1}{2}b_n(k_n - a_1 + \frac{1}{b_n})x_n^2. \quad (7)$$

Условия положительной или отрицательной определенности функций (7) не очевидны, поэтому воспользуемся леммой Морса из теорий катастроф [3, 4] для ее представления в квадратичной форме. По лемме Морса функцию Ляпунова (7) локально в окрестности стационарного состояния можем представить в виде квадратичной формы:

$$V(x) = -b_n(k_1 - a_n)x_1^2 - b_n(k_2 - a_{n-1} + \frac{1}{b_n})x_2^2 -$$
$$-b_n(k_3 - a_{n-2} + \frac{1}{b_n})x_3^2 - \cdots -$$
$$-b_n(k_{n-1} - a_2 + \frac{1}{b_n})x_{n-1}^2 - b_n(k_n - a_1 + \frac{1}{b_n})x_n^2. \quad (8)$$

Необходимое условие устойчивости стационарного состояния (5) будет определяться системой неравенств при $b_n > 0$:

$$\begin{cases} k_1 - a_n < 0, \\ k_2 - a_{n-1} + \dfrac{1}{b_n} < 0, \\ k_3 - a_{n-2} + \dfrac{1}{b_n} < 0, \\ \cdots, \\ k_{n-1} - a_2 + \dfrac{1}{b_n} < 0, \\ k_n - a_1 + \dfrac{1}{b_n} < 0. \end{cases} \quad (9)$$

II. Заключение

Система управления, построенная в классе трехпараметрических структурно – устойчивых отображений, для которого истинно существование стационарного состояния (5), является устойчивым при изменении неопределенных параметров объекта в области (9). Концепция построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости является новым научным направлением и базируется на результатах теории катастроф. Уравнения состояния системы путем выбора закона управления представляется в форме структурно – устойчивых отображений, который имеет несколько устойчивых стационарных состояний. Они одновременно не существуют. При потере устойчивости одного стационарного состояния появляются другие устойчивые состояния, в зависимости от изменения неопределенных параметров системы. При этом нелинейная функция катастроф распознает и переключает систему из одной структуры на другую. Для исследования робастной устойчивости этих систем разрабатывается новый градиентно – скоростной метод вектор – функции Ляпунова.

1. Beisenbi M. A., Abdrakhmanova L. G. Research of dynamic properties of parameter structurally stable maps by Lyapunov function. //International Conference on Computer, Network and Communication Engineering (ICCNCE 2013). – Published by Atlantis Press, 2013. – P. 201–203.
2. Барбашин, Е. А. Введение в теорию устойчивости. – М.: Наука, 1967. – 225 с.
3. Гилмор Р., Прикладная теория катастроф. В 2 – х томах, Т.1. – М.: Мир, 1984.
4. Томпсон Дж., Неустойчивости и катастрофы в науке и технике: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 254 с.

ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВИДЕОСИГНАЛОВ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Курулёв А. П.
Кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: alexpapakuru@yahoo.com

Рассматриваются четыре вида импульсной модуляции(АИМ, ДИМ, ЧИМ и ФИМ(ВИМ)) периодической последовательности видеосигналов прямоугольной формы.

Периодическая последовательность импульсов независимо от формы отдельного импульса характеризуется следующими параметрами:

1) максимальным значением амплитуды тока или напряжения;

2) длительность каждого импульса t_u;

3) частотой следования импульсов $F = 1/T$, где Т – период повторения импульсов;

4) временным сдвигом импульсов, который определяет положение каждого импульса во времени по отношению к точкам на оси времени, расположенным относительно друг друга с интервалами, равными периоду следования импульсов.

Воздействие на четыре перечисленных параметра периодической последовательности импульсов дает столько же основных видов импульсной модуляции.

П е р в ы й в и д: амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), т. е. по модулирующему закону изменяются только амплитуды импульсов (рис. 1).

Существуют два вида АИМ: первого и второго рода. При АИМ первого рода (АИМ-1) модулированное напряжение или ток в течение всего времени существования каждого импульса (рис.1, в) следует за изменением модулирующего напряжения или тока (рис.1, б). При АИМ второго рода (АИМ-2) модулированное напряжение или ток (рис. 1, г) в течение всего времени существования каждого импульса определяется некоторым заданным фиксированным значением модулирующего напряжения.

В т о р о й в и д: модуляция импульсов по длительности (ДИМ), т. е. по модулирующему закону меняется только длительность импульса.

Модуляция импульсов по длительности так же, как АИМ, бывает 1-го и 2-го рода. При импульсной модуляции по длительности 1-го рода (ДИМ-1) момент начала увеличения (или уменьшения) длительности импульса определяется значением модулирующего напряжения в этот же самый момент (рис. 2, в). При импульсной модуляции по длительности 2-го рода (ДИМ-2) начало увеличения (или уменьшения) длительности каждого импульса определяется значением модулирующего напряжения в заданный момент (рис. 2, г).

Т р е т и й в и д: частотно-импульсная модуляция (ЧИМ), при которой частота следования импульсов изменяется по закону модулирующего сигнала (рис. 3,в).

Ч е т в е р т ы й в и д: фазоимпульсная (ФИМ), или временная импульсная модуляция (ВИМ) – это модуляция периодической последовательности импульсов, осуществляемая путем сдвига этих импульсов во времени пропорционально значениям модулирующего напряжения.

ФИМ (ВИМ) может быть 1-го и 2-го рода. ФИМ-1 или ВИМ-1 – это фазоимпульсная модуляция, при которой временной сдвиг каждого импульса пропорционален значению модулирующей функции в момент, соответствующий началу этого импульса (рис.4, в). ФИМ-2 или ВИМ-2 – это фазоимпульсная модуляция, при которой временное смещение каждого импульса пропорционально модулирующей функции в заданные моменты времени (рис.4, г).

Рассмотренные четыре основных вида импульсной модуляции применимы и к периодической последовательности радиоимпульсов.

1. Батура, М. П. Теория электрических цепей / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулёв; под общ. ред. А.П. Курулёва. 3-е изд., перераб. – Минск, 2015.
2. Курулёв, А. П. Теория электрических цепей. Неустановившиеся процессы в электрорадиотехнических цепях /А. П. Курулёв, М. П. Батура, А. П. Кузнецов; под. общ. ред. А. П. Курулёва. – Минск, 2003.
3. Радиотехнические цепи и сигналы /под ред. В.Н. Ушакова. – СПб., 2014.
4. Теория электрорадиоцепей. Анализ искажений сигнала сложной формы при прохождении по линейной электрической цепи / Ю. А. Сергеев [и др.]. – Минск, 2010.

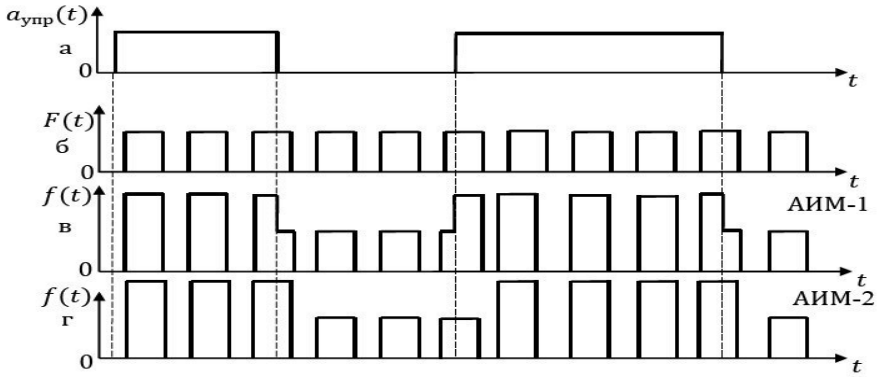


Рис. 1 – Амплитудно - импульсная модуляция

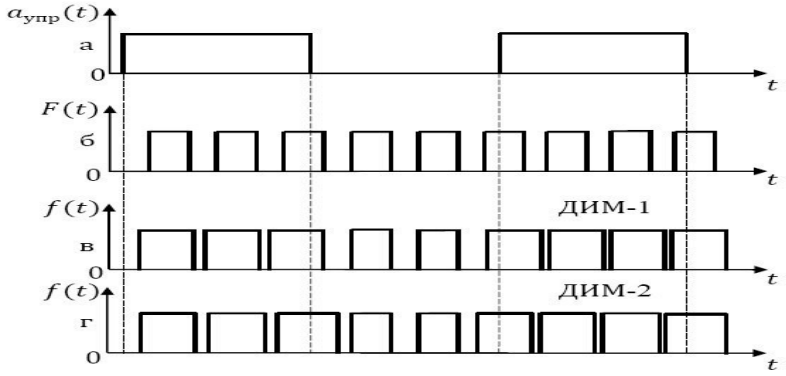


Рис. 2 – Модуляция импульсов по длительности

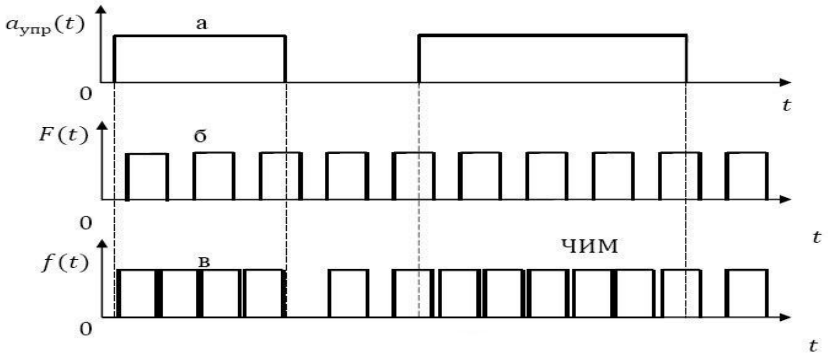


Рис. 3 – Частотно - импульсная модуляция

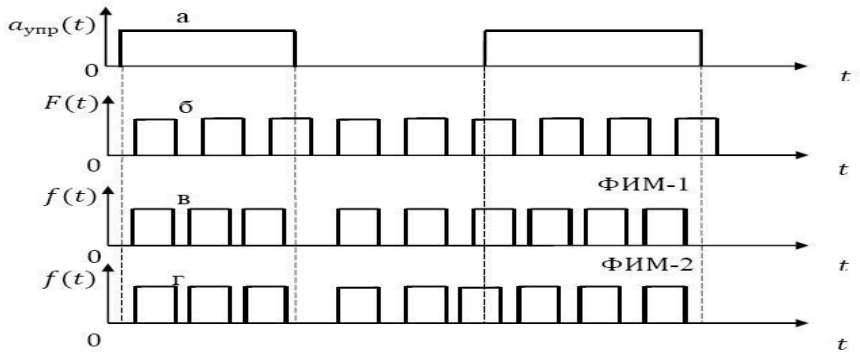


Рис. 4 – Фазоимпульсная (или временная импульсная) модуляция

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БИОМЕДИЦИНЫ В МАШИНОЧИТАЕМЫХ ФОРМАТАХ

Пашук А. В., Гуринович А. Б., Кузнецов А. П.
Кафедра систем управления, кафедра вычислительных методов и программирования, кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {pashuk, gurinovich, kuznap}@bsuir.by

В последнее время все более остро встает проблема воспроизводимости результатов научных исследований в различных областях науки. Все чаще можно услышать, что научные исследования, в частности в области биомедицины, которые публиковались в известных научных изданиях, оказываются невоспроизводимыми или изначально подстроенными, основанными на ложных данных. Это приводит к замедлению развития медицины, появлению лекарств, не оказывающих никакого эффекта или ухудшающих состояние больных, а также к огромным тратам средств, выделяемых ученым в виде грантов и в качестве финансирования дальнейших исследований.

Введение

Под воспроизводимостью результатов понимается возможность любого заинтересованного лица проверить положения, предложенные в научной статье (которые включают в себя графическую, числовую или текстовую информацию), восстановив их из исходных данных. Данный термин подразумевает, что авторы статьи должны предоставить доступ к исходным данным исследования (насколько это возможно, ввиду ограничений законодательства или организации, финансирующей исследования), а также к программному коду, с помощью которого были получены результаты.

I. Проблема воспроизводимости результатов исследований

Полностью решить проблему воспроизводимости научных результатов можно только комплексным подходом к каждому этапу исследования.

- Формат исходных данных и данных, полученных в ходе проведения исследования должен быть общепринятым, не требующим дополнительных действий для получения доступа к данным. В качестве такого формата обычно используют CSV, который имеет хорошую степень сжатия. В случае большого объема информации, ее обычно разбивают на несколько CSV файлов;
- Программный код, позволяющий полностью повторить ход исследования и восстановить результаты, описанные в статье. Для этих целей все чаще используются Jupyter Notebooks [1], позволяющие объединить код, написанный на Python или R, в один файл, состоящий из набора ячеек с фрагментами кода.
- Формат научных статей. Важное значение имеет формат публикации. Обычно научные публикации предоставляется в одном из трех форматов: LateX, DOCX или PDF, однако ни один из этих форматов не позволяет добавить дополнительную информацию о содержимом статьи. Стоит отметить, что информация в таких форматах сложна для автоматизированной обработки.

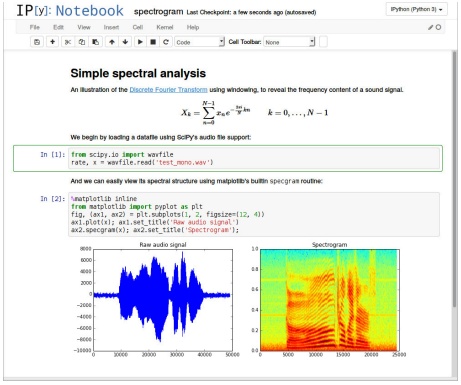


Рис. 1 – Интерфейс Jupyter Notebooks

II. Формат научных статей

Кроме описанных выше существует несколько открытых форматов, позволяющих представить информацию, содержащуюся в научной статье в структурированном виде. Достоинством таких форматов является возможность дальнейшей автоматизированной обработки информации. В ходе исследования было разработано веб-приложение, позволяющее загрузить текст научной статьи в текстовом формате, добавить дополнительную информацию о терминах и их взаимосвязях в тексте статьи и затем экспортировать в один из следующих форматов:

- JATS - Journal Article Tag Suite [2] - XML-based формат, разработанный сообществом ученых как альтернатива неструктурированным форматам. Особенностью данного формата является простота извлечения информации при автоматизированной обработке, а также наличие документации, поз-

воляющей добавлять собственные теги при необходимости. Так, в рамках исследования, JATS был расширен набором тегов, необходимых для разметки терминов в научных статьях.

– HTML with microdata [3] - Расширение HTML разметки, позволяющее добавить дополнительную информацию о содержимом веб-страницы, например, информацию об авторах, дате публикации и др.

Интерфейс приложения [3] приведен на рисунке 2.

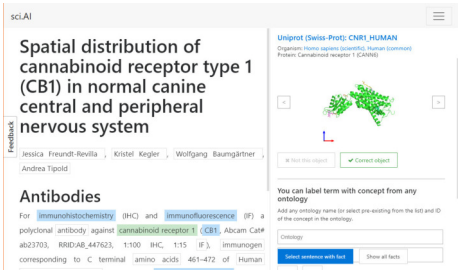


Рис. 2 – Интерфейс приложения для семантизации статей

Разработанное приложение позволяет добавить дополнительную информацию о ключевых терминах научной статьи и их взаимосвязях. Добавление такой информации несет несколько дополнительных функций:

– позволяет извлечь больше полезной информации при обработке машиной;
– позволяет улучшить качество поиска по базе научных статей, т.к. имея информацию о ключевых терминах можно лучше отфильтровать статьи по релевантности;
– позволяет рецензентам и другим ученым быстрее и проще понять предмет, о котором идет речь в научной статье.

После загрузки текста статьи в приложение происходит анализ текста и поиск в нем терминов из нескольких наиболее популярных биомедицинских онтологий (Uniprot, MeSH, ChEBI, ICD-10 и др.). Все найденные термины помечаются и требует валидации автором (рисунок 3).

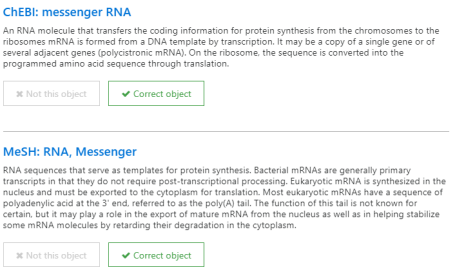


Рис. 3 – Пример термина, найденного в статье

Аналогично происходит анализ и выделение ключевых фактов в тексте статьи (рисунок 4).

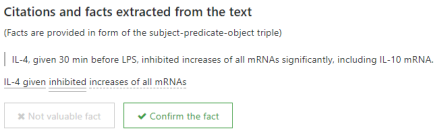


Рис. 4 – Пример термина, найденного в статье

После валидации всех найденных терминов и фактов, автор может экспортировать статью в один из форматов, описанных выше. Статья в структурированном формате при необходимости может быть преобразована в стандартный формат (PDF, DOCX и др.). Стоит отметить, что, имея информацию о ключевых терминах и фактах исследования, можно получить представление статьи в виде нанопубликации [4].

В то время как разработанное веб-приложение используется для обработки новых статей, параллельно идет автоматическая обработка текстов уже опубликованных биомедицинских статей, находящихся в открытом доступе. Качество автоматической семантизации данных статей значительно ниже, чем в автоматизированном режиме с валидацией авторами, однако позволяет увеличить объем обработанных статей и, соответственно, получить больше информации, что на данном этапе имеет большое значение.

Заключение

Преобразование статей в машиночитаемые форматы является первым шагом к улучшению воспроизводимости результатов научных исследований в области биомедицины. Существующие XML- и RDF-based форматы позволяют увеличить объем полезной информации, содержащейся в файле статьи, включить туда данные, упрощающие процесс чтения статьи, позволяющие акцентировать внимание на ключевых моментах (например, формат нанопубликаций, содержащий только ключевые факты научной статьи). Следующим шагом исследование станет построение так называемого графа знаний (knowledge graph), основанного на полученных структурированных статьях.

III. Список литературы

1. Project Jupyter [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://jupyter.org/. – Дата доступа: 25.08.2017.
2. Journal Article Tag Suite [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://jats.nlm.nih.gov/index.html. – Дата доступа: 26.08.2017.
3. sci.AI Papers [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://app.sci.ai/. – Дата доступа: 26.08.2017.
4. Nanopublications [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://nanopub.org/wordpress/. – Дата доступа: 25.08.2017.

МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ МАШИННОГО ПАРКА СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Масный М. А., Давыдов М. В.
Кафедра электронной техники и технологии
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: me.steel.off@gmail.com, davydov-mv@bsuir.by

В данном докладе проведено обоснование выбора метода и программного средства, необходимого для оптимизации, минимизации влияния человеческого фактора и ускорения работы машинного парка станции скорой медицинской помощи, которые позволяют усовершенствовать процесс управления.

Введение

К настоящему времени методы и программные средства оптимизации как практическая деятельность, устойчиво заняло свое место в сфере современных систем управлении, таких как, машинные парки. Область осведомленности специалистов сферы систем управления включает различные виды информации - документооборот, информационные, товарно-материальные и финансовые.

Присутствие работающей системы управления машинным парком дает возможность полностью обеспечить контроль всего потока ресурсов (транспортных средств) - от исполнителя (места здравоохранения) до заказчика (пациента), - оптимизировать каждое действие на пути к цели, достигая значительной экономии ресурсов организации в плане материально-технических средств [1].

I. Актуальность

Развитие ERP-систем (Enterprise Resource Planning System — системы планирования ресурсов предприятия) в современных машинных парках станций скорой медицинской помощи, становится ощутимым при создании программного обеспечения (ПО). Это ПО обеспечивает специалистам медицинских учреждений (операторам ПВЭМ, диспетчерам) определенные удобства, сокращающие трудовые затраты и обеспечивающие более углубленные возможности в оптимизации принимаемых решений. Главной особенностью является интерфейс ПО, который должен погружать специалиста в решаемую им задачу, быть простым и доступным [2].

В этой области знаний определены и специфичные термины [3]:

- «пользователь» - лицо, допущенное к изменению содержимого таблиц в базе данных, командного интерфейса программы;
- «пользовательский интерфейс» - совокупность средств, с помощью которых пользователь может общаться с системой.

Создание удобного пользовательского интерфейса, задача сложная и требует комплексного подхода. Для этого программисту необходимо проникнуться в тему разрабатываемого ПО, учесть все пожелания заказчика, а так же пользователя - человека, который в дальнейшем будет эксплуатировать данное ПО в необходимых целях организации. В пользовательском интерфейсе должны быть учтены все основные важные данные и исключительные ситуации. Под качеством интерфейса обычно понимают:

- возможность и простоту доступа к набору информации;
- дизайн окон (интерфейса);
- перечень и дизайн отображаемых данных, символьной информации;
- "диалог"пользователя и компьютера;
- проработанные исключительные ситуации для предвидения ошибок;
- командный (пользовательский) интерфейс доступа к управлению функционированием программы.

II. Задачи

Основные проблемы методов и программных средств оптимизации заключаются в следующем: сборе, аккумулировании, анализе, передаче и обработке информации.

При решении этих задач организации часто сталкиваются с множеством проблем, например такими, как: пустая трата времени квалифицированных специалистов на проделывание множества операции при заполнении заявки и организации необходимого вида транспортного средства для предоставления заказчику (пациенту) нуждающемуся в экстренной или обычной медицинской помощи; отсутствие систематизации информации; несвоевременное обновление информации о наличии транспортных средств, приводящих к задержке выезда и транспортировки заказчиков (пациентов); ручное заполнение и подтверждение согласованных документов подписью, которое могут повлечь возникновение непредвиденных ошибки, вынуждающие сотрудников повторно заполнять документы; расхождение между требованиями заказчи-

ков и возможностями организационных транспортных средств.

Эти проблемы могут быть устранены при внедрении соответствующих информационных систем управления, в частности методов и программных средств оптимизации, в данном случае таких как, машинного парка станции скорой медицинской помощи.

III. Подзадачи интерфейса

Можно выделить несколько основных подзадач интерфейса программы в общей задаче ПО:

- Выбор оптимального маршрута и транспортного средства из машинного парка;
- Формирование наглядного маршрута машины скорой медицинской помощи с использованием карт;
- Отображение и хранение информации по принятому вызову с учетом статуса заявки.

IV. Описание работы ПО

Блок-схема представляет собой совокупность символов, соответствующих этапам работы алгоритма и соединяющих их линий [4]. Пример блок-схемы для ПО представлен ниже.

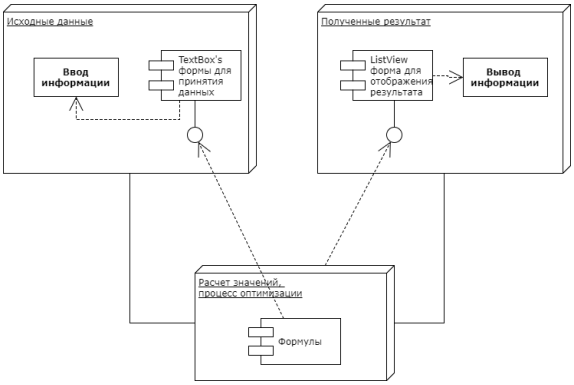


Рис. 1 – Блок-схема ПО

На данной блок-схеме представлено выполнение основных действий ПО на основе принятия решений по выбора метода и программного средства оптимизации. Принцип работы заключается в следующем, оператор вводит исходные данные в определенные поля, данные передаются в функцию для вычисления наилучшего результата и передаются в результат, где оператору будет предложение производства дальнейших действий внутри ПО.

ПО работает в среде операционной системы. Операционная среда определяет ряд стандартных команд, целесообразность изменения (или переименования) которых не желательна, хотя бы по тому, что требует переобучения пользователя и вызывает ошибочные действия.

В командном интерфейсе выделяется подмножество команд идентичных командам операционной системы и основных программных компонентов Microsoft Office (в данном случае пакет используется в подготовке документов). Это подмножество по местоположению, иконкам, надписям должно быть близко к типовым, а также к действиям по их активации, которые должны быть идентичными.

При формировании команд подмножества обеспечивается минимизация командного интерфейса. Прямой доступ к командам, через запросы осуществляется полностью.

Интерфейс пользователя представляется как совокупность четырех основных зон: зона ввода данных, зона отображения графической информации (карты), зона подбора оптимального результата (наилучшего транспортного средства) и зона результатов, где отображается вся необходимая информация о заявке и возможность ее распечатывания. В методах и программных средствах оптимизации - специалист определяет язык пользователя, язык сообщений компьютера.

V. Оценка эффективности системы

Оценка возможной эффективности внедрения информационной системы на станцию скорой медицинской помощи является сложной задачей. Представим возможный результат после внедрения ПО:

- обработка вызова: затраты времени сократились на 89,4 процентов;
- пропускная способность приёма пациентов: повысилось количества человек на 45,8 процентов;
- отпуск транспортного средства: затраты времени сократились на 72,8 процента;
- работа с пациентом: затраты времени сократились на 17 часов или на 30,2 процентов.

Заключение

Использование программного интерфейса, значительно повышающее наглядность и простоту осознания выходных данных, становится все более популярным в информационной технологии поддержки принятия решений. Таким образом, методы и программные средств оптимизации работы машинных парков дает возможность ускорить процесс и организовать распределенную систему сбора и обработки информации.

Список литературы

1. Харрисон, А. Управление логистикой / А. Харрисон // Издательство: ОлимпБизнес, 2010. – 640 с.
2. Econbooks, Inc.(1999). Диапазон областей применения СППР. Москва, Econbooks. [Электронный ресурс] http://econbooks.ru/books/part/10362. Режим доступа: - свободный.
3. Разработка управляемого интерфейса. - /В.А.Ажеронок, А.В. Островерх, М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. – М.: ООО «1С-Паблишинг», 2010. – 723 с.: ил.
4. Блок-схемы алгоритмов. ГОСТ. Примеры; Блог программиста. [Электронный ресурс] https://pro-prof.com/archives/1462. Режим доступа: - свободный.

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГООБЪЕКТНЫМИ СИСТЕМАМИ БПЛА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Симаньков В. И.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail:

Произведен обзор некоторых задач, возникающих при построении систем управления группами беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрены возможные пути решения.

Введение

В настоящее время расширяется применение БПЛА в различных сферах человеческой деятельности. Существуют гражданские и военные применения. Увеличивается количество аппаратов решающих одну задачу вместе с развитием технических возможностей датчиков. Это приводит к увеличению объемов передаваемой информации. Чем больше количество объектов управления системы, тем сложнее организовать эффективный информационный обмен между операторами, если каждый БПЛА управляется вручную. Появляется необходимость в многообъектных автоматизированных системах управления (МОСУ) БПЛА. Предназначение таких систем в том, чтобы снизить нагрузку на оператора и повысить продуктивность каждого БПЛА и системы в целом по сравнению с ручным управлением. Снижение нагрузки достигается за счет делегирования задач на МОСУ, где участие человека не требуется либо менее эффективно. Рассмотрим некоторые задачи для МОСУ БПЛА и возможные пути их решения.

I. Устранение пересечений маршрутов

Решение 1. Для решения этой задачи можно применить жадный метод с использованием выпуклой оболочки. На каждом шаге назначаются цели для одного БПЛА из отсортированного списка. Сортировка должна быть такой, чтобы маршрут БПЛА, построенный на предыдущем шаге, не пересекался с маршрутом текущего БПЛА. Строится выпуклая оболочка по координатам БПЛА и целей. Текущему БПЛА назначается [n / m] целей расположенных следом за ним на выпуклой оболочке по часовой или против часовой стрелки в зависимости от вида сортировки. Пример решения показан на рис 1.

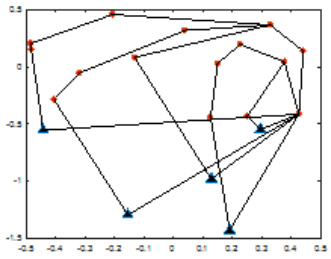


Рис. 1 – Выпуклые оболочки

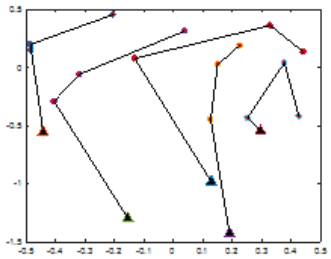


Рис. 2 – Решение задачи

Решение 2. Если планирование без конфликтов в пространстве невозможно или нерационально, тогда решение задачи заключается в поиске альтернативных маршрутов путем добавления дополнительных или распределения конфликтующих маршрутов на разные уровни высоты. Их количество должно быть также минимальным.

Данные о пересечении маршрутов могут быть представлены в виде матрицы пересечений C[m][m] ∈ [0,1], то есть, если элемент $C_{ij} = 1$, значит маршруты i-го и j-го агентов пересекаются. Другой способ представления пересечения маршрутов это граф. Здесь вершинами графа являются БПЛА, а ребра графа – соединяют БПЛА, маршруты которых пересекаются. Затем можно применить алгоритм расцветки вершин графов. Алгоритм и его практическая реализация описаны в книге Иглина [1]. Решением этого алгоритма является назначение каждой вершине цветов (или в общем случае меток) таким образом, что любые две смежные вершины имеют разный цвет. В случае с маршрутами БПЛА цвета означают уровни высот. То, что смежные вершины имеют разные цвета, означает, что БПЛА с пересекающимися маршрутами будут иметь раз-

ные высоты. Пример использования алгоритма расцветки графов представлен на рис. 3-4.

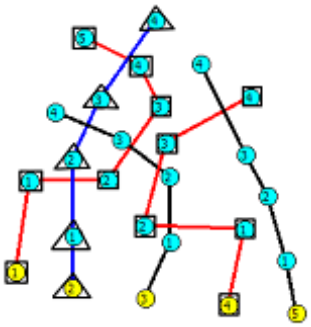


Рис. 3 – Маршруты

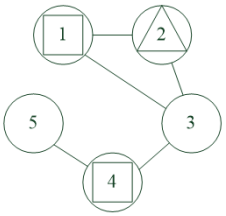


Рис. 4 – Граф расцветки

Решение 3. Также возможно применить теорию кос [2] для разрешения конфликтов (рис. 4-5). Алгоритм работает по принципу расчески. Расческа последовательно проходит между косами. Если косы спутаны, то расческа выправляет их. Применительно к маршрутам, процесс «расчесывания» выполняется алгоритмом линии развертки (sweep line algorithm). Вертикальная линия последовательно и дискретно перемещается по оси x, останавливаясь на точках пересечения и изменения направления маршрутов. В этих точках производятся манипуляции с маршрутами для исключения их пересечений.

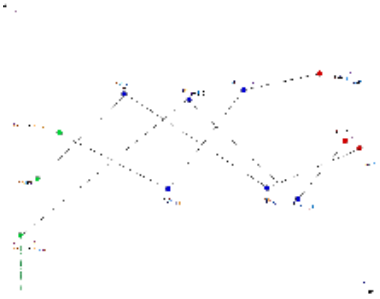


Рис. 5 – Исходные маршруты

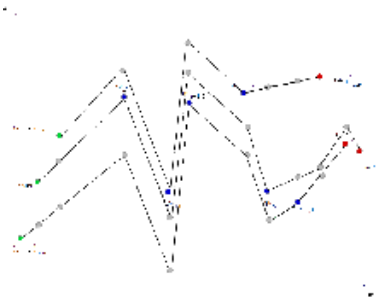


Рис. 6 – Измененные маршруты

Очевидно, что построение альтернативных маршрутов увеличивает суммарный путь и разнесение по высотам имеет ограничения по количеству слоев. Однако, можно повысить эффективность планирования с помощью имитационного моделирования полета по времени.

II. Распределение целей между БПЛА с оптимизацией по времени

Минимизировать максимальное значение длины маршрута. Смысл такой минимаксной задачи в том чтобы снизить общее время миссии по достижению всех целей. Данная задача – в некотором смысле эквивалент линейной задачи о назначениях в узких местах.

Решение. Один из эффективных способов решения – это пороговый алгоритм Гарфинкеля. Он включает в себя проверку двудольного графа на наличие совершенного паросочетания. Можно использовать алгоритм Хопкрофта-Карпа для поиска наибольшего паросочетания с проверкой, является ли оно совершенным. Данная задача, алгоритм ее решения и его практическая реализация описаны в книге Буркарда [3]. Также есть реализации на основе Венгерского алгоритма [4].

III. Заключение

Сложная миссия в своей исходной постановке может оказаться слишком трудной, если решать ее прямо как одну большую задачу. Можно уменьшить сложность задачи ее разложением на более простые подзадачи. Разнообразие постановок миссий для МОСУ можно объяснить тем, что каждая аппаратная платформа накладывает свои особенности. Также развивающиеся возможности техники постоянно меняют условия задач, некоторые из требований становятся неактуальными, появляются новые. Все это ведет к появлению задач, для которых возможно еще не существует эффективного решения. Поэтому при описании типовых задач рассмотрены не только существующие опубликованные методы, но и некоторые идеи, потенциально эффективные при разработке решения новых задач или уже существующих, но в новой постановке.

IV. Список литературы

1. Иглин, С. П. Математические расчеты на базе MATLAB // СПб.: БХВ-Петербург, 2005 – 640 с.
2. Сосинский А., Косы и узлы. Квант № 2, 1989, стр. 6-14
3. Rainer Burkard Assignment Problems Mauro Dell'Amico Silvano Martello Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, USA ©2009.
4. A New Algorithm for Solving Linear Bottleneck Assignment Problem Pramendra Singh Pundir1, Sandeep Kumar Porwal2 and Brijesh P. Singh3 Journal of Institute of Science and Technology, 2015, 20(2): 101-102,

ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС. ГЕНЕРАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАОТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Батура М. П., Шилин Л. Ю., Кукин Д. П., Жилач Н. С.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
220013, П. Бровки, 6, Минск, Республика Беларусь
E-mail: kukin@bsuir.by, nickzhylach@gmail.com

Динамический (детерминированный) хаос, часто называемый просто хаосом, – непериодические колебания в нелинейных детерминированных системах, демонстрирующие высокую чувствительность к начальным условиям. В нашем исследовании рассматривается разработка генератора хаотического сигнала для последующего применения его в устройствах передачи информации.

Введение

Открытие динамического хаоса и дальнейшее его исследование в последней трети XX века привлекли исследователей из разных профессиональных областей. Популярность данному явлению придали широкая распространенность в естественных и искусственных системах, простота математических моделей для исследования этих систем, универсальность бифуркационных механизмов и пути возникновения хаоса из регулярной динамики.

Хаотические сигналы, генерируемые в радиотехнических системах, обладают свойствами шумоподобных сигналов, благодаря чему они представляют большой интерес с точки зрения использования в качестве несущих в системах связи и радиолокации [1, 2]. В настоящее время проблема переходит из области научных исследований в область конкретных инженерных разработок. Одной из важных задач в направлении прикладного использования динамического хаоса является создание эффективных генераторов хаотических колебаний широкого частотного диапазона.

I. Эволюция генераторов хаоса

Первые генераторы стохастических колебаний были разработаны в ИРЭ АН СССР. Они были созданы с использованием, в качестве активного элемента, вакуумных электронных приборов. Самый первый генератор был построен на основе ламп бегущей волны. После более детальных исследований возникновения хаоса были построены генераторы на основе ламп обратной волны и других вакуумных приборах [3].

В начале восьмидесятых годов возник интерес к созданию генераторов хаоса на основе транзисторов радио- и СВЧ-диапазонов. В 1981 году был создан первый генератор радиодиапазона на биполярных транзисторах и применен в передатчике хаотических сигналов «Шатер» для защиты информации в устройствах вычислительной техники.

В конце девяностых годов была выдвинута идея использовать динамический хаос в системах связи, что повлекло за собой необходимость создания генераторов нового поколения. Данные генераторы должны были иметь следующие характеристики: небольшую мощность генерации, компактность, низкую себестоимость и пригодность к массовому производству.

II. Моделирование хаотических сигналов

После того, как в 1961 году Э. Лоренцем был открыт динамический хаос, генерация и моделирование хаотических сигналов заняли большую нишу в научных исследованиях, как в СССР, так и за рубежом.

С момента открытия динамического хаоса и до первого математического описания модели генератора, которое было представлено в 1774 году Кисловым В. Я. и другими сотрудниками, исследования характера явления, приводящего к генерации шумоподобных колебаний в электронных приборах, носили качественно описательный характер.

С появлением производительных компьютеров с необходимым графическим интерфейсом моделирование систем, генерирующих хаотические сигналы, вышло на новый уровень. Но, в то же время, ввиду нелинейности параметров радиоэлектронных компонентов моделировать достаточно точные процессы в моделях невозможно, поэтому разработка генераторов, удовлетворяющих определенным требованиям невозможна без испытаний реальных моделей.

III. Постановка задачи в разработке генератора хаоса

Задача создания источников (генераторов) электромагнитного хаоса включает в себя разработку структуры генератора, математической модели, установление факта возможности хаотического поведения системы, изучение бифуркационных явлений, приводящих к такому поведению. При создании генераторов хаоса наряду с перечисленными задачами должна быть решена задача нахождения условий, при которых генерируемые хаотические колебания обладают приемлемыми с точки зрения решаемой проблемы спектральными и статистическими свойствами.

Из многочисленных источников хаоса, реализуемых в виде электронных устройств, далеко не все могут рассматриваться даже в роли прототипов генераторов хаоса. Во-первых, большинство из них генерируют хаотические колебания со спектрами мощности, обладающими большой изрезанностью. В то же время, типичным требованием для прикладных задач является равномерность спектральной плотности в полосе генерации.

Во-вторых, многие источники хаоса могут быть реализованы только в области относительно низких частот электромагнитного спектра (до 10-100 МГц) в силу специфики применяемых в них элементов. И хотя прогресс в технологии постепенно сдвигает частотную границу в сторону больших частот, эти ограничения имеют место и должны быть приняты во внимание.

В-третьих, по практическим соображениям «элементная база» хаотических генераторов должна, в основном, состоять из классических электронных компонентов. В частности, в качестве активных элементов желательно использовать биполярные и полевые транзисторы.

Ряд таких генераторов СВЧ-диапазона описан в литературе. Эти устройства, как правило, созданы в результате кропотливой экспериментальной работы. Более или менее полные математические модели для них отсутствуют, но даже их упрощенные модели имеют довольно высокую размерность. Отсутствие адекватных моделей серьезно затрудняет создание устройств, пригодных для массового производства, в частности, в виде монолитных интегральных схем (МИМС).

В хаотической динамике традиционно стараются использовать математические модели с минимальным числом дифференциальных уравнений. Такой подход, безусловно, оправдан при изучении фундаментальных бифуркационных явлений, однако он оказывается недостаточным при разработке генераторов хаоса СВЧ-диапазона.

К настоящему времени разработаны и широко используются ряд моделей транзисторов для высоких частот. Эти модели могут быть получены у компаний-производителей. Они также включены в библиотеки средств разработки электронных схем. Таким образом, становится возможным построение модели хаотического источника в виде комбинации модели, описывающей пассивные элементы, и блока типа «черного ящика», описывающего активный элемент. Разработка методов анализа и расчета генераторов ВЧ и СВЧ хаотических колебаний на основе подобных моделей в соответствующих программных средах является актуальной задачей.

Хаотические колебания, рассматриваемые как сигналы для передачи информации, обладают рядом специфических черт. В частности, они весьма чувствительны к возмущениям любое возмущение сигнала экспоненциально увеличивается со временем. Следствием этого является то, что хаотические системы сами по себе содержат информацию. Данное обстоятельство может быть конструктивно использовано при их обработке.

IV. Применение систем ФАПЧ для генерации хаоса

Так как особый интерес в хаотическом сигнале проявляется в системах передачи информации, то и необходимые параметры генератора хаоса должны соответствовать требованиям, удовлетворяющим системам связи.

Цифровые системы связи на хаотических сигналах, в которых формирование хаотической несущей и модуляция информационным сигналом происходят непосредственно в полосе частот связи, а извлечение информации производится без промежуточного преобразования частоты называются прямохаотическими системами связи.

В основу прямохаотических схем связи заложены три базовых принципа:

- источник хаоса генерирует хаотические колебания непосредственно в заданной полосе радио или СВЧ-диапазона;

- ввод информационного сигнала в хаотический осуществляется путём формирования соответствующего потока хаотических радиоимпульсов;

- извлечение информации из СВЧ-сигнала производится без промежуточного преобразования частоты.

Для прямохаотических систем связи может быть использован фазовый хаос, получаемый с помощью систем ФАПЧ. Коллектив авторов провел исследования генератора на системе фазовой синхронизации [4]. В ходе исследований были получены равномерные, не изрезанные спектральные характеристики высокочастотного фазового хаоса. Полученные результаты дают основание для исследования данной модификации генератора в системах связи.

Список литературы

1. Дмитриев А. С., Панас А. И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Физматлит, 2002. – 252 с.
2. Залогин Н. Н., Кислов В. В. Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах / Москва.: Радиотехника, 2006. – 208 с.: ил.
3. Дмитриев А. С. и др. Генерация хаоса / Под общ. ред. Дмитриева А. С. // Москва: Техносфера, 2012. – 424 с.
4. Шилин Л. Ю., Кукин Д. П. Генератор широкополосного хаотического сигнала на базе системы фазовой синхронизации / Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : – 24-25 с.: ил.

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС В ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ

Шилин Л. Ю., Кукин Д. П., Жилач Н. С.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
220013, П. Бровки, 6, Минск, Республика Беларусь
E-mail: kukin@bsuir.by, nickzhylach@gmail.com

Ключевые слова: скрытая передача информации, хаотическая синхронизация, хаотический синхронный отклик, динамический хаос.

Введение

Последние десятилетия характеризуются большим интересом к использованию хаотических колебаний в качестве несущих при передаче информации. Интенсивные исследования этого направления были организованы в начале 1990-х годов.

Возникший интерес был во многом связан с открытием явлений хаотической синхронизации и хаотического синхронного отклика. Первые серьезные успехи были связаны с тем, что было предложено несколько схем передачи информации с использованием хаоса, и при их компьютерном моделировании была продемонстрирована возможность передачи цифровых и аналоговых сообщений. Для схемы с нелинейным подмешиванием информационного сигнала в хаотический были проведены успешные эксперименты по передаче реальных речевых и музыкальных сигналов, как в низкочастотном так и в радиодиапазонах.

Обзор способов построения систем передачи информации (СПИ), основанных на явлении полной хаотической синхронизации

Перейдём к рассмотрению способов скрытой передачи информаци и на основе хаотической синхронизации. Начнём с рассмотрения режима полной синхронизации, поскольку большинство известных способов и устройств основанно именно на этом типе синхронного поведения.

Использование полной хаотической синхронизации для скрытой передачи информации подразумевает наличие, как минимум, двух однонаправленно связанных идентичных хаотических генераторов. Предложено достаточно много таких способов скрытой передачи данных. Это, в первую очередь, хаотическая маскировка [1], переключение хаотических режимов, нелинейное подмешивание информационного сигнала к хаотическому, модулирование управляющих параметров передающего генератора полезным цифровым сигналом и др. На основе этих методов было предложено множество способов скрытой передачи данных. Поэтому рассмотрение основных принципов работы таких схем является очень важным. Остановимся на них более подробно.

Хаотическая маскировка – один из первых и наиболее простых способов скрытой передачи данных [2]. Принципиальная схема реализации этого способа приведена на рисунке 1. На передающей стороне информационный сигнал $m(t)$ подмешивается в сумматоре к несущему сигналу, генерируемому передающей хаотической системой (t), и далее передаётся по каналу связи. В приёмнике осуществляется полная хаотическая синхронизация находящегося в нём хаотического генератора $u(t)$ с помощью принимаемого сигнала, в результате чего динамика принимающего генератора становится идентичной динамике передающего. Детектированный сигнал $m(t)$ получается после прохождения через вычитающее устройство как разность между принимаемым сигналом и синхронным откликом генератора хаоса в приёмнике.

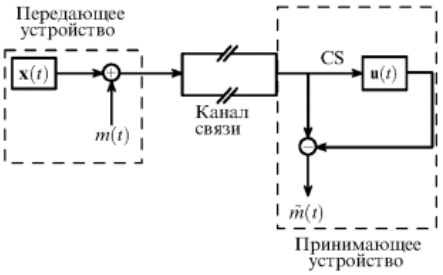


Рис. 1 – Схема скрытой передачи информации с помощью хаотической маскировки (CS — полная хаотическая синхронизация).

Такая схема скрытой передачи данных работает достаточно эффективно (т.е. позволяет качественно передавать информацию и детектировать её на выходе) в отсутствие шумов в канале связи в том случае, когда мощность сигнала, генерируемого передающей системой, превышает мощность информационного сигнала на 35-65 дБ. Добавление шума в канал связи приводит к резкому ухудшению качества передаваемой информации, а следовательно, к высоким отношениям сигнал/шум, при которых схема остаётся работоспособной.

Схемы на основе модулирования управляющих параметров, или адаптивные методы, – естественный этап при переходе от дискретной мо-

дуляции управляющего параметра передающего генератора в схеме с переключением хаотических режимов к модуляции непрерывным сигналом. При этом роль модулирующего сигнала играет информационный сигнал. Необходимым условием реализации таких схем является предварительное определение допустимого диапазона изменения параметра и нормирование модулирующего информационного сигнала. Частным случаем является использование бинарного цифрового сигнала в качестве информационного и модулирование им управляющего параметра передающего генератора. Схема скрытой передачи информации таким способом приведена на рисунке 2.

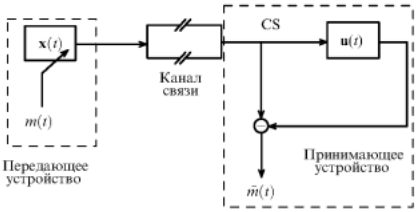


Рис. 2 – Схема скрытой передачи информации путём модулирования управляющего параметра передающего генератора информационным сигналом.

Принципиальная схема реализации способа скрытой передачи данных на основе обобщённой синхронизации приведен а на рисунке 3. Передающая сторона содержит два хаотических генератора, ведущий $x(t)$ и ведомый $u(t)$, которые могут быть неидентичными. Сигнал с ведущего генератора передаётся на ведомый, причём его интенсивность модулируется полезным цифровым сигналом $m(t)$ таким образом: если передаётся бинарный бит 0, то между ведущим и ведомым генераторами устанавливается режим обобщённой синхронизации, а если передаётся бинарный бит 1, то режим обобщённой синхронизации между ними разрушается. На принимающей стороне канала связи находится так называемый вспомогательный хаотический генератор $y(t)$, идентичный ведомому по управляющим параметрам. Сигнал с ведущего генератора по каналу связи передаётся на вспомогательный, что обеспечивает воз никновение режима обобщённой синхронизации между ними, причём интенсивность передаваемого по каналу связи сигнала должна совпадать с интенсивностью сигнала, поступающего к ведомой системе при передаче бинарного бита 0. Сигнал с ведомого генератора уже по другому каналу связи передаётся принимающей стороне. Принимающая сторона имеет в своём распоряжении как хаотический сигнал, содержащий полезную информацию, так и сигнал без неё. Поэтому можно легко выделить полезный цифровой сигнал $m(t)$ простым вычитанием одного сигнала из другого.

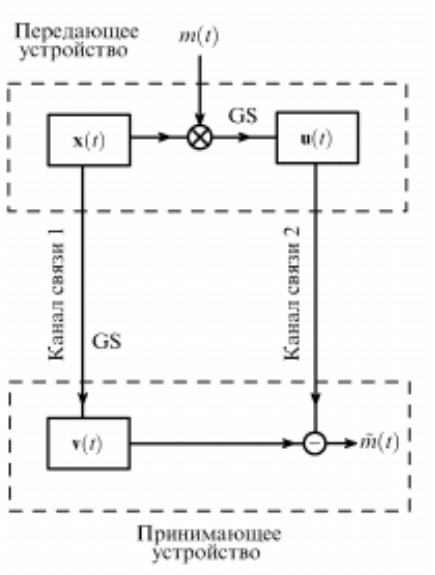


Рис. 3 – Схема скрытой передачи информации путём модулирования управляющего параметра передающего генератора информационным сигналом.

Заключение

В статье приведены некоторые схемы реализации СПИ с различными вариантами синхронизации передатчика и приемника. Проанализировав достоинства и недостатки всех предложенных вариантов, можно сделать вывод, что для работы каждой из них необходимы генераторы детерминированного хаотического сигнала радио- или СВЧ-диапазонов с крайне устойчивыми параметрами и точно настроенными под определенную систему характеристиками.

Разрабатываемый коллективом генератор хаоса на системе фазовой синхронизации [4] по результатам моделирования удовлетворяет требованиям, необходимым для обоснования применения его в системах скрытой передачи информации.

Список литературы

1. Дмитриев А. С., Панас А. И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Физматлит, 2002. – 252 с.
2. Короновский А. А., Москаленко О. И., Храмов А. Е. О применении хаотической синхронизации для скрытой передачи информации // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. № 12. С.1281-1310.
3. Дмитриев А. С. и др. Генерация хаоса / Под общ. ред. Дмитриева А. С. // Москва: Техносфера, 2012. – 424 с.
4. Шилин Л. Ю., Кукин Д. П. Генератор широкополосного хаотического сигнала на базе системы фазовой синхронизации / Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : – 24-25 с.: ил.

СЦЕНАРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА НА РЫНКЕ ТОВАРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Бейсенби М. А[1]., Шутеева Г. С.[2]
[1] д.т.н., профессор., докторант, кафедра системного анализа и управления, Евразийский национальный университет,
[2] стажер, кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
[1]Астана, Республика Казахстан, [2] Минск, Республика Беларусь
E-mail: sh-gulnur-s@mail.ru

Предполагаются сценарии возникновения детерминированного хаоса на рынке товаров, предназначенные для исследования краткосрочных колебаний и флуктуаций методами исследований детерминированного хаоса в развитии экономической системы.

Введение

При наблюдении за краткосрочными колебаниями и флуктуациями не имеет значения, какой показатель экономической деятельности рассматривается. Большинство макроэкономических переменных, которые измеряют тот или иной вид доходов, расходов или производства, изменяются в значительной степени синхронно [1]. Более трудной задачей является объяснения причин вызывающих эти колебания и теория экономических флуктуаций остается дискуссионной и требует системных исследований в рамках качественной теорий динамических систем. Здесь нужны нелинейные математические модели адекватно описывающие процессы происходящие в экономической системе. Их анализ – дело гораздо более сложное, но при решении многих проблем он необходим [2]. В настоящее время не ясно в чем заключаются причины краткосрочных колебаний экономической активности. Не ясно имеет ли государство возможность предотвратить периоды падения реального ВВП, и возрастания безработицы или повлиять на их продолжительность [3]. Пусть макроэкономическая равновесия рыночных процессов описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{T_1}\frac{(N_D(v) - N_S(v))}{N_S(v)}v \qquad (1)$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{1}{T_2}\frac{(I(r) - S(Y))}{S(Y)}r \qquad (2)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{T}\frac{(\theta Y + M_{2D}(r) - M_0)}{M_0}p \qquad (3)$$

где $Y(v,r,p)$ -валовой внутренний продукт (ВВП); S-сбережение; I-инвестиции; N_D и N_S - соответственно спрос и предложение на рабочую силу; v-реальная заработная плата; r-норма банковского процента; p-показатель уровня цен; - обратная величина количеству оборотов денежной единицы в год; M_{2D}-спекулятивный спрос денег на ликвидность; $M_0(v,r,p)$-предложение денег на рынке; T_1, T_2 и T_3 -соответственно постоянные времени рынка труда, денег и товаров т.е. параметры имеющие размерность 1/ время. Уравнение (1) выражает зависимость реальной заработной платы от спроса и предложения рабочей силы на рынке труда; (2)-колебание нормы процента, определяемое соотношением спроса на инвестиции и предложения капитала со стороны населения, государства и иностранных инвесторов. Уравнения (1)-(3) является моделями трех взаимосвязанных рынков: рабочей силы, денег и товаров экономической системы. Стационарная точка системы (1)-(3) является точкой равновесия трех взаимосвязанных рынков [4]. Возникает задача изучения экономического равновесия как предельное состояние эволюционирующей экономики. В общем случае в уравнениях (1)-(3) спрос и предложение на рынках являются сложными функциями от величины кредитных ставок r, уровня реальной заработной платы v и уровня цен p. На рынке рабочей силы главный фактор регулирования – уровень реальной заработной платы v. Здесь спрос на рабочую силу N_D со стороны производства выражается убывающей функцией от v, т.е. $N_D = N_D(v)$, $N_D^{/}(v) < 0$, а предложение ее со стороны населения, напротив – возрастающей функцией [2], т.е. $N_S = N_S(v)\, N_S^{/}(v) > 0$. В уравнениях (1)-(3) обозначим через:

$$\frac{N_D(v) - N_S(v)}{N_S(v)} = \varepsilon_1(v);$$

$$\frac{I(r) - S(Y)}{S(Y)} = \varepsilon_2(r); \qquad (4)$$

$$\frac{\theta Y(v,r,p) + M_2(r) - M_0(v,r,p)}{M_0(v,r,p)} = \varepsilon_3(v,r,p)$$

Тогда уравнений (1)-(3) можно записать в виде:

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{1}{T_1} v\varepsilon_1(v) \\ \frac{dr}{dt} = \frac{1}{T_2} r\varepsilon_2(r) \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{T_3} p\varepsilon_3(v,r,p) \end{cases} \quad (5)$$

В общем случае заданное (стандартное) состояния трех взаимосвязанных рынков v_S, r_S, p_S является частным решением системы (4). Следовательно,

$$\begin{cases} \frac{dv_S}{dt} = \frac{1}{T_1} v_S\varepsilon_1(v_S) \\ \frac{dr_S}{dt} = \frac{1}{T_2} r_S\varepsilon_2(r_S) \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{T_3} p_S\varepsilon_3(v_S, r_S, p_S) \end{cases} \quad (6)$$

Роль отклонений от стандартного состояния $\Delta v, \Delta r, \Delta p$ можно учесть, полагая:

$$r = r_S + \Delta r, v = v_S + \Delta v, p = p_S + \Delta p.$$

Заключение

Теория краткосрочных экономических колебаний и флуктуаций остается дискуссионной. Однако из анализа различных периодов развития экономики различных стран колебания и флуктуация следует одни за другими, иногда провоцируя кризисные явления в экономике. В настоящее время неясно, имеет ли государство возможность предотвратить краткосрочные колебания и флуктуаций экономической активности. Они выражаются в форме последовательности потерь устойчивости состояния равновесия экономической системы, варьирующегося от простых точек равновесия до множественных периодических или хаотических. Не устойчивость рыночных механизмов зависит от проводимой денежно-кредитной фискальной, инвестиционной политики государства и непосредственно определяется свойством нелинейных динамических моделей экономической системы.

Список литературы

1. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Управление хаосом. Методы и приложения. Часть 1. Методы // АиТ. 2003.5. С.3-45.

2. Бейсенби М.А. Модели и методы системного анализа и управления детерминированным хаосом в экономике. Астана, 2011. – 201с.

3. Грегори Мэнкью Н. Принципы экономикс – СПб:Питер, 2002. - 496с.

4. Бейсенби М.А., Ойнаров А.Р. Сценарии возникновения краткосрочных колебаний и флуктуаций на рынке товаров // Доклады НАН РК. 2005. -№3. –С.30-37.

ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СУБЪЕКТА

Дубровский П. С., Севрюк В. Э., Захарьев В. А.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {victoria.sevryuk, joikervik}@gmail.com, zahariev@bsuir.by

В докладе рассмотрены основные области применения и особенности процесса автоматического распознавания эмоций. Представлен обзор актуальных методов распознавания эмоционального состояния на основе анализа речевого сигнала и изображений лица, направлений для дальнейших исследований.

Введение

Распознавание эмоционального состояния человека является актуальным направлением исследований, результаты которого могут быть использованы во многих сферах человеческой деятельности таких как медицина, психология, маркетинг, обеспечение безопасности. Существует восемь основных биполярных эмоций: радость и печаль, гнев и страх, доверие и отвращение, удивление и ожидание. Первичные эмоции могут быть выражены в разной интенсивности и могут быть смешаны друг с другом, образуя различные эмоциональные состояния. Методы распознавания эмоций используют различные типы входных данных, т.е. выражение лица, речь, жесты и языка тела, а также физические сигналы, такие как электрокардиограммы (ЭКГ), электромиографии (ЭМГ), электродермальная активность, температура кожи, гальваническое сопротивление, пульс и дыхание.

I. Распознавание эмоций на основе речевого сигнала

Эмоциональная окраска речевого сигнала (РС) относится к невербальному типу информации, оценивая которую можно делать вывод о психоэмоциональном состоянии диктора, определять его отношение к объекту описания, оценивать намерения говорящего, прогнозировать наступление целевых ситуаций или проявление определенного поведения индивида.

Анализ и распознавание эмоциональной окраски речи диктора начинается с извлечения вектора признаков для описания тех или иных параметров речевого сигнала. Можно выделить четыре общих класса признаков: просодические, спектральные, энергетические и темпоритмические [2].

Просодические признаки отражают такие перцептивные параметры речи как ударение, тон, интонацию. К просодическим признакам также относятся: частота основного тона (ЧОТ), скорость речи, джиттер. ЧОТ является одним из главных признаков, поскольку при изменении эмоционального состояния существенно изменяются мгновенные значения и профиль контура ЧОТ (Рис. 1).

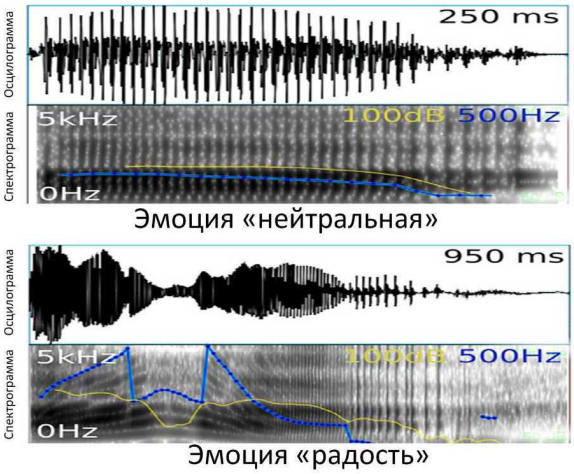


Рис. 1 – Изменение параметров РС в зависимости от типа эмоции

В качестве энергетических признаков выступает кратковременная энергия, а также ее различные вариации. Одним из часто используемых признаков является шиммер, который позволяет оценивать изменения пиковых значений амплитуд при переходе от одного кратковременного фрейма к другому или амплитудную модуляцию речевого сигнал. Темпо-ритмические параметры речи отражают скорость произнесения, временные параметры отдельных звуков или отдельных слов [3].

На основе выделяемого набора информативных признаков строится классификатор, который обучается на предварительно подготовленном наборе тренировочных данных. Классификация эмоциональных состояний производится в соответствии либо с задачами построения анализатора (оценки удовлетворенности, уровня стресса, усталости и т. п.), либо с выбранной моделью описания (набор базовых эмоций, непрерывная классификация и т. п.). Как правило, с ростом числа возможных вариантов классификации, точность распознавания эмоциональных состояний значительно снижается. Соответственно, количество классов, используемых для обучения выбирается небольшим [2].

Наиболее популярными техниками классификации являются следующие: поиск ближайших соседей, метод опорных векторов, скрытые марковские модели, модель смеси нормальных распределений, модели на основе нечеткой логики, байесовские классификаторы максимума вероятности. Самой важной проблемой в распознавании эмоций по голосу является извлечение дискриминационных признаков, которые эффективно характеризуют различное эмоциональное состояние[3].

II. Распознавание эмоций на основе изображения

Обнаружение присутствия человеческого лица на изображении является сложной задачей из-за возможности различных вариаций лица. Различные размеры, углы, освещение и позы человеческого лица на изображении могут вызвать эти сложности. Кроме того, наличие очков, бороды, волос и макияжа имеет значительный эффект в лицевом облике. Распознавание эмоций на основе изображения состоит из следующих этапов[4]: захват и отслеживание лица, определение особых точек и формирование характеристического вектора признаков, классификация в пространстве признаков (Рис. 2).



Рис. 2 – Распознавание на основе изобаржений лица

Современные методы распознавания используют три характерных признака для распознавания: уровень серого, движение и частоты. Разные эмоции приводят к разному уровню серого на цифровом изображении лица пользователя. Однако анализ этого характерного признака требует серьезной предварительной цифровой обработки изображения для нормализации входного изображения. Характерный признак: движение, использует информацию об изменении положения определённых точек на лице. Характерный признак: частоты, использует разницу между различными цифровыми изображениями лица в частотной области [5].

С другой стороны, методы распознавания можно разделить на три области: целостные и локальные распознавания, экстрагирования деформации и движении, геометрические характеристики и характеристика внешности. Методы целостных распознаваний анализируют эмоции человеческого лица в целом, чтобы затем найти разницу между разными изображениями[5]: Principal Component Analysis (PCA), Independent Component Analysis (ICA), Fisher's Linear Discriminants (FLD), Local Feature Analysis (LFA), Fisher Actions, Hidden Markov Models, и кластерный анализ. Методы локальных распознаваний анализируют отдельные части лица, например: рот, брови и глаза. Типичные методы: Facial Actions Code System (FACS), Local PCA, Вейвлеты и Нейронные сети. Методы экcрагирования деформации и движений для распознавания берут за основу изменения органов на лице, когда меняются различные выражения: Active Shape Model (ASM), Point Distribution Model (PDM). Методы геометрических характеристиках основаны на форме и положении различных частей лица человека, чтобы извлечь характерные векторы, которые представляют геометрические характеристики лица.

III. Заключение

В докладе рассмотрены основные методы автоматического распознавания эмоций с использованием различных видов информации о субъекте, в том числе при помощи мимики и речевых сигналов. Собрана база данных изображений и речевых сигналов для последующего анализа.

Необходимо отметить, что основную задачу представляет разработка алгоритма оценки эмоционального состояния человека по кадрам видеопотока. Эта проблема является наиболее перспективным направлением исследований, так как выражение эмоций человеком всегда требует определенного времени, а значит, простой анализ статического изображения не может давать точный результат. Для более точной оценки эмоционального состояния человека, наряду с анализом лицевой мимики следует также анализировать речь, интонацию и движения. Полноценный анализ состояния человека невозможен без комплексной системы определения эмоций. Создание подобной системы является целью дальнейшей работы.

IV. Список литературы

1. R. El Kaliouby, P. Robinson, Mind reading machines: Automated inference of cognitive mental states from video. – 2004. – Vol. 1. – P. 682-688
2. D. Kaminska, A. Pelikant, Recognition of human emotion from a speech signal based on Plutchik's model. – 2012. – P. 165-171
3. R. Plutchik, Emotion: a psychoevolutionary synthesis. – 2000.
4. K. Crammer, Y. Singer, On the algorithmic implementation of multi-class SVMs.JMLR. 2. . – 2001. – P. 265-292
5. Sujun Z. Facial Expression Recognition Algorithm Based on Active Shape Model and Gabor Wavelet. – 2010. – P. 40-45.

ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

Верещаго В. Ю., Захарьев В. А.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: zahariev@bsuir.by

За последние несколько лет были предложены различные подходы к решению задачи автоматического распознавания дорожных знаков для применения в системах помощи водителям и беспилотных транспортных средствах. Данная статься представляет обзор актуальных методов в области распознавания дорожных знаков.

Введение

По оценкам ООН, число дорожно-транспортных происшествий возрастает с каждым годом, и если эта тенденция сохранится, то к 2020-му году число смертей на дорогах вырастет на 50% по сравнению с 2010-ым годом и составит около 1.9 миллиона происшествий. Чтобы обратить эту тенденцию, ООН в 2011 году провозгласила первую «Декаду борьбы за безопасность на дорогах». Системы помощи водителям могут помочь сократить число происшествий, автоматизируя такие задачи, как предупреждение о выезде из своей полосы и распознавание дорожных знаков.

В последнее несколько лет повышенной популярностью пользуются исследования в области распознавания дорожных знаков. Систему даже считают очень важной особенностью «умных» машин. Дорожные знаки содержат много полезной информации, которая может быть проигнорирована водителями по причине усталости или поиска адреса. Водители также уделяют меньше внимания дорожным знакам в плохую погоду. Поэтому инициативы по улучшению, такие как увеличение безопасности вождения, наряду с улучшение систем автоматического обнаружения и распознавания дорожных знаков, становятся необходимыми для уменьшения числа жертв дорожно-транспортных происшествий. Такого рода улучшения сталкиваются с рядом нетехнических проблем, такими как разные уровни освещения и размеры, изменения в погодных условиях, затенения и углы обзора, которые могут существенно ухудшить работу систем распознавания дорожных знаков.

Процесс автоматического распознавания знаков состоит из трех основных этапов: локализация, обнаружение и классификация. В случае с любой ложной тревогой на стадии обнаружения, скорость выполнения стадии классификации будет замедлена. Это связано с тем фактом, что классификаторы обычно не тренируются на ложных срабатываниях.

Дорожные знаки имеют много отличительных особенностей на основе того, как они классифицируются. В соответствии с их формой и цветом, существует 5 основных классов: предупреждающие знаки (красный треугольник), запрещающие знаки (красный круг), информационные знаки (синий прямоугольник), предписывающие знаки (синий круг) и временные знаки (желтый треугольник).

Цель данной статьи – предоставить обзор некоторых последних и эффективных методов автоматического обнаружения дорожных знаков.

I. Методы обнаружения

Как упоминалось выше, мы можем классифицировать методы обнаружения и локализации на три фундаментальных класса: основанные на цвете, основанные на форме и основанные на обучении. В соответствии с природой проблемы и требованиями систем, мы можем выбрать наилучший метод для использования. Например, методы, основанные на информации о цвете, могут использоваться в данных с высококачественным разрешением, тем не менее, их нельзя применить к черно-белым картинкам.

Методы, основанные на цвете. Преобладающий сегмент в методах, основанных на цвете, направлен на обнаружение интересующих областей. Существуют конкретные характеристики цвета у дорожных знаков: красный, голубой и желтый. Тем не менее, они чувствительны к различным факторам, таким как возраст дорожного знака и различная степень освещенния, которые делают задачу выделения области трудным процессом. Для того, чтобы преодолеть эту проблему, авторы работают над различными цветовыми схемами, такими как:

- RGB-пространство;
- HSV-пространство;
- YUV-пространство.

Методы, основанные на форме. В этом подходе авторы не выделяют цветовую сегментацию как исключительно отдельный способ в связи с его чувствительностью к различным факторам, таким как расстояние до цели, погодные условия, время суток и отражения дорожных знаков. На-

оборот, определение знаков выполняется с краев изображения, подвергаясь анализу с помощью структурных или комплексных подходов. Методы, основанные на форме, в основном устойчивее колориметрических методов по причине их возможности обработки изображений черно-белого формата и способности обрабатывать градиенты изображения. Тем не менее, они занимают большое время вычислений, учитывая факт того, что скорость обработки градиентов сильно зависит от количества обнаруженных краев. Не смотря на то, что методы, основанные на форме, могут использоваться при обработке черно-белых изображений, в некоторых странах, например в Японии, существуют пары различных дорожных знаков на трассах, которые, при конвертации в черно-белый формат, содержат одинаковое изображение. Чтобы была возможность различать их, необходима некоторая информация об их цвете[1]. Поэтому, некоторые авторы используют цветовые особенности для выделения интересующей области и заканчивают обработку методами, основанными на форме, чтобы обнаружить позицию знака и определить его геометрическую форму. Пример такой работы используется в [2] и с его результатами можно ознакомиться на рисунке 1.

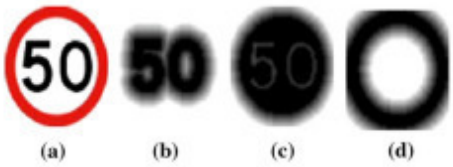


Рис. 1 – Метод цветового дистанционного преобразования: a - оригинальное изображение, b - выделены чёрные пиксели, c - выделены белые пиксели, d - выделены красные пиксели

Методы, основанные на обучении. Описанные ранее методы имеют ряд проблем, связанных с изменением освещения, частичным преграждением знаков, изменением их масштаба и угла поворота. Эти проблемы могут решаться при помощи машинного обучения, однако это требует большое количество аннотированных баз данных.

II. Открытые наборы данных для обнаружения

Немецкий сравнительный тест для обнаружения дорожного знака(GTSDB)[2]: набор данных для обнаружения одиночных знаков на изображении. Он состоит из 900 изображений формата 1360 x 800 пикселей, 600 из который являются тренировочными и 300–оценочными. Изображеня разделены на три группы: предписывающие, предупреждающие и запрещающие знаки. Система позволяет проводить онлайн оценку с непосредственным анализом и рейтингом результатов.

Бельгийский набор данных дорожных знаков(BTSD)[3]: система содержит 10000 изображений, которые разделены на три группы: предписывающие, предупреждающие и запрещающие знаки. Система также содержит четыре видеопоследовательности, сделанные в Бельгии, которые могут использоваться для эксперементов.

Лаборатория для интеллектуальных и безопасных машин(LISA)[4]: набор данных, который содержит видеопотоки и аннотируемые изображения. Система состоит из 7855 изображений, содержащих 47 категорий дорожных знаков. Размер изображений варьируется в диапазоне от 640 x 480 до 1024 x 522 пикселей.

III. Заключение

В данной статье мы представили обзор нескольких последних и эффективных методов в области обнаружения дорожных знаков. Методы обнаружения разделенына три категории: основанные на цвете, основанные на форме и основанные на обучении. Представленные методы достигают различного процента точности распознавания дорожных знаков и варьируются в диапазоне от 90 до 100%. Различные методы обладают теми или иными преимуществами и недостатками, каждые из которых проявляются при определённых условиях. Более высокой степенью распознавания обладают методы, основанные на машинном обучении, однако такие методы требуют больших объёмов данных для их обучения. Некоторые наборы данных, находящиеся в свободном доступе, были также представленны в данной статье. Несмотря на высокие показатели точности, методы обнаружения всё ещё далеки от использования в повседневной жизни и данная область хранит в себе высокий потенциал для исследований.

IV. Список литературы

1. Ruta A, Li Y, Liu X (2010) Real-time traffic sign recognition from video by class-specific discriminative features. Pattern Recogn 43(1):416–430.
2. Ruta A, Porikli F,Watanabe S, Li Y (2011) In-vehicle camera traffic sign detection and recognition. Mach Vis Appl 22(2):359–375.
3. Houben S, Stallkamp J, Salmen J, Schlipsing M, Igel C (2013) Detection of traffic signs in real-world images: The German Traffic Sign Detection Benchmark. In: The 2013 international joint conference on neural networks (IJCNN), IEEE, pp 1–8.
4. Timofte R, Zimmermann K, Van Gool L (2009) Multi-view traffic sign detection, recognition, and 3d localisation. In: Workshop on applications of computer vision (WACV), 2009, IEEE, pp 1–8.
5. Mogelmose A, Trivedi MM, Moeslund TB (2012) Learning to detect traffic signs: comparative evaluation of synthetic and real-world datasets. In: 21st International conference on pattern recognition (ICPR), 2012, IEEE, pp 3452–3455.

СЕРВОПРИВОДЫ С КВАДРАТИЧНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО СКОРОСТИ

Хаджинов М. К., Доманов А. Т., Павлова А. В.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: khm@bsuir.by, kafsu@bsuir.by, pavlova@bsuir.by

Рассматриваются сервоприводы с модальным регулятором, наблюдателем и компенсатором возмущений. Предлагается использовать квадратичную обратную связь по скорости для недопущения режима автоколебаний из-за ограничения вращающего момента двигателя.

Введение

Высококачественные сервоприводы имеют, как правило, структуру подчинённого регулирования, с тремя контурами регулирования : положения, скорости и тока. Традиционная методика настройки регуляторов даёт не лучший вариант регулирования, но реальных попыток использовать модальные методы регулирования не предпринималось.

Можно настроить все регуляторы сервопривода на любой желаемый полином [1] и тем самым осуществить модальное управление традиционными регуляторами. Развитие этого направления с использованием наблюдателя с встроенным модальным регулятором [2] и компенсатором внешних возмущений [3] позволяет высокоэффективно управлять по упрощенной модели и сделать более практичный модальный регулятор для сервопривода, базирующегося на единственном датчике - энкодере.

I. Постановка задачи

Высокоточные сервоприводы всегда имеют ограничение по ускорению и узкую зону линейности, преодоление которой входным сигналом часто приводит к автоколебаниям. Ставится задача недопущения режима автоколебаний при сохранении высокой динамичности сервопривода.

Средством недопущения автоколебаний при больших сигналах управления может быть использование программатора (задатчика интенсивности) в виде контура второго порядка с ограничением ускорения. Если в программатор вкладывать желаемые динамические характеристики сервопривода, часто выявляется склонность к автоколебаниям даже программатора второго порядка с ограничением ускорения.

Одним из путей устранения автоколебаний программатора второго порядка с ограничением ускорения будет введение квадратичной обратной связи по скорости. Такой программатор, включаемый последовательно с сервоприводом, препятствует возникновению автоколебаний при больших сигналах управления, хотя и затягивает переходные процессы на 10 – 30 процентов.

Чтобы избежать затягивания переходных процессов и добиться не только недопущения, но и подавления автоколебаний сервопривода от любых воздействий, предлагается встраивание квадратичной обратной связью по скорости непосредственно в контур управления сервопривода.

II. Вопросы реализации сервопривода с адаптивными свойствами

Сигнал скорости можно получать как от дополнительного датчика, так и обработкой дифференциатором сигнала датчика выходной координаты. Более эффективно использование для этой цели наблюдателя, позволяющего создать контур управления с модальным регулятором, обеспечивающим в малом любые желаемые переходные характеристики. Более того, небольшое усложнение наблюдателя дополнительным интегратором позволяет реализовать структуру фильтра Калмана-Бьюси и одновременно оценивать суммарное воздействие внешних возмущений, приведённых ко входу объекта управления. В этом случае можно не только компенсировать возмущения, но придать нелинейным переходным процессам в системе управления свойство адаптивности к моментным возмущениям сервопривода.

При реализации системы управления это выглядит следующим образом. Сигнал управления контуром тока подаётся через ограничитель, соответствующий максимальным силовым возможностям сервопривода. В сигнал управления объектом следует добавлять оценку возмущения на вход ограничителя. С выхода ограничителя сигнал идёт не только в контур тока сервопривода, но и на вход наблюдателя. На входе невозмущённой модели объекта в наблюдателе сигнал оценивания возмущений нужно компенсировать. Это позволяет адаптировать настройку релейного управления к моментным возмущениям. При тормозящем возмущении разгонная часть нелинейного переходного процесса удлиняется, а тормозящая укорачивается с сохранением отсутствия перерегулирования при переходе в линейный режим регулирования.

III. Моделирование

По вышеизложенной методике была разработана система управления с наблюдателем и компенсатором возмущений для безредукторного электропривода на базе синхронного мотора. Постоянная времени эквивалента контура тока - 1.3 мс. Ограничение тока мотора - 43 А. Общий коэффициент контура положения с 21-разрядным датчиком - 1.1e5. Зона линейности контура положения 0.14 град.

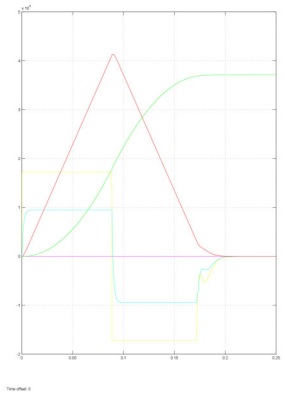


Рис. 1 – Переходные характеристики: изменение угла, скорости, ускорения и управляющего воздействия

На рис.1 приведены графики изменения угла, угловой скорости, углового ускорения и сигнала управления контуром тока переходного процесса разворота на 40 град., превышающего зону линейности в 285 раз. Для удобства восприятия графики дополнительно отмасштабированы. Как видно из рисунка, проблемы устойчивости в большом не возникает, скорость нарастает по линейному закону, а затем так же убывает. Ускорение регулируется практически по релейному закону с дотягиванием в зоне линейности.

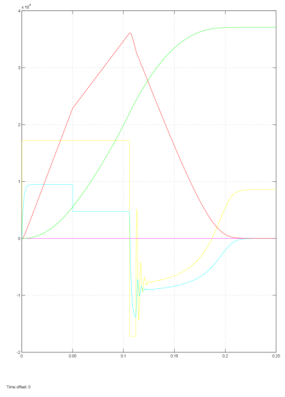


Рис. 2 – Переходные характеристики: изменение угла, скорости, ускорения и управляющего воздействия с моментным возмущением

Результаты моделирования процессов с учётом моментного возмущения на уровне 50 процентов максимального момента двигателя изображены на рис.2. Видны адаптивные свойства системы управления. Сохраняется характер движения без перерегулирования. Разгонная часть процесса увеличивается, тормозящая – уменьшается. Общая длительность переходного процесса чуть-чуть увеличивается. Моделирование показало эффективность квадратичной обратной связи по скорости и для моделей сервоприводов 3-го, 4-го и 5-го порядков с сохранением их суммарной инерционности. Во всех случаях переходные процессы похожи на оптимальные по быстродействию в виде релейного разгона и торможения с последующим дотягиванием в линейном режиме.

Заключение

В программаторе (задатчике интенсивности) в виде контура второго порядка с ограничением ускорения квадратичная обратная связь по скорости препятствует развитию автоколебаний и формирует переходные процессы похожие на оптимальные по быстродействию в нелинейной зоне ограничения.

В сервоприводе с ограничением ускорения квадратичная обратная связь по скорости не допускает развития автоколебаний при любом уровне задающего сигнала и формирует переходные процессы похожие на оптимальные по быстродействию в виде релейного разгона и торможения с последующим дотягиванием процесса в линейном режиме.

Использование наблюдателя для выработки сигнала скорости и оценивания внешнего возмущения позволяет адаптировать настройку релейного управления к моментным возмущениям.

1. 1. Красовский А. Я., Хаджинов М. К. Расчет многоконтурных систем управления электроприводами. Мн., БГУИР, 1996.

2. 2. Шелег Е.Е. Применение модального дифференциального регулятора в СУ сервопривода / Е.Е. Шелег, М.К. Хаджинов // Информационные технологии и системы. – 2016: материалы международной конференции, БГУИР, Минск, 2016. – С. 86-87.

3. 3. Хаджинов М.К. Оценка и компенсация апостериорного матожидания случайных возмущений в системе модального управления на основе эталонных моделей / М.К. Хаджинов, В.А. Шевелева // Информационные технологии и системы. – 2015: материалы международной конференции, БГУИР, Минск, 2015. – С. 82-83.

ШИФРОВАНИЕ, СЖАТИЕ И МАСШТАБИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Тарасюк Е. В., Бурак Д. Л.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: tarasiuk-ev@bsuir.by, venox771@gmail.com

В настоящее время широко распространена передача цифровых изображений по каналам связи. Зачастую происходит перехват и копирования таких изображений, что приводит к постоянно возрастающему числу нарушений авторских прав на графические работы, в связи с незаконным использованием этих работ, в частности, путем их несанкционированного размещения в интернет-галереях. Таким образом, актуальной является проблема защиты цифровых изображений.

Введение

В связи с тем, что передаваемая информация в телеметрических систем несет частный, или государственный характер, возникает необходимость в точной, секретной и эффективной передачи сигналов, а в частности ТВ – изображений по каналам связи. Многие телеметрические системы имеют несколько модулей (контролируемых пунктов) передачи данных оператору (пункту управления). Каждый модуль в процессе запроса оператора будет отправлять на пункт управления ТВ – изображение, в целях обеспечения безопасной передачи сигнала он будет подвергаться процессу шифрования, шифратором ГРИМ – ВИДЕО.

I. Шифрование изображений

На рисунке 1 представлена блок - схема устройства шифратора.

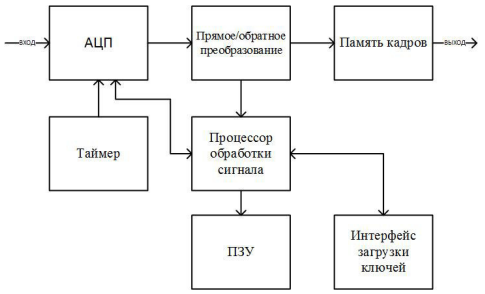


Рис. 1 – блок-схема шифратора

Шифратор имеет низкочастотный вход/выход видео. Техническая идея состоит в следующем. На вход устройства поступает низкочастотный-видеосигнал. Видеоинформация оцифровывается и записывается в видеопамять устройства. Так как стандартный телевизионный сигнал состоит из строк, образующих поля, то для передачи служебной информации используются первые 22 строки каждого телевизионного поля (пустые). Строки перемешиваются в полукадре методом перестановки. Зашифрованная таким образом видеоинформация и является выходом видеокодека. Восстанавливающее устройство проводит обратное преобразование. Закон перестановки строк и пикселов в каждом полукадре меняется.

Используемый в грим-видео кодеке метод блочного шифрования, а в частности метод перестановки состоит в следующем, что исходная информация делится на блоки, в каждом из которых выполняется перестановка элементов. Стандартный телевизионный сигнал уже поделен на блоки. Простейшим примером перестановки является запись исходных данных по строкам некоторой матрицы, а затем чтение данных по ее столбцам. Последовательность заполнения строк и чтения столбцов может быть любой и задается ключом. Таким образом, для матрицы размером NxN число возможных перестановок составит N!xN!. Перестановка строк наиболее приемлема для сохранения качества восстановленного изображения. Для реального изображения перестановки строк может быть вполне достаточно, чтобы скрыть сюжет до неузнаваемости.

Блочное шифрование работает с блоками заранее определенной длины, не меняющимися в процессе шифрования. Исходное сообщение фрагментируется на блоки, и функция XOR вычисляется над ключевой последовательностью и каждым блоком. Размер блока фиксирован, а последний фрагмент исходного сообщения дополняется пустыми символами до длины нормального блока. Например, при блочном шифровании с 16-байтовыми блоками исходное сообщение длиной в 38 байтов фрагментируется на два блока длиной по 16 байтов и 1 блок длиной 6 байтов, который затем дополняется 10 байтами пустых символов до длины нормального блока. Данный вид шифрации применяется только для видеоизображения, передаваемого по одному из каналов связи, следующему на пункт управления.

II. Усовершенствование алгоритма сжатия, масштабирования и скорости передачи ТВ-изображения по радиоканалу

Усовершенствован алгоритм сжатия и масштабирования картины и программное обеспечение для увеличения скорости передачи по радиоканалу цифрового телевизионного изображения ТВ-канала ИК-ТВ-обнаружителя. Для этих целей в команду получения изображения, подаваемую с ЦПО на отдельный АПК, введён признак фильтрации полученного изображения: 100, 66 и 50 процентов. Полное изображение представляет собой картинку в стандарте PAL с разрешением 768x576 пикселей, из которой формируется соответствующий BMP-файл, впоследствии подвергающийся процессу сжатия, основанном на принципе дифференциального косинусного преобразования, в результате чего по радиоканалу передаётся JPEG-файл размером порядка 20 кБ. Схема алгоритма сжатия, масштабирования и передачи по радиоканалу приведен на рисунке 2.

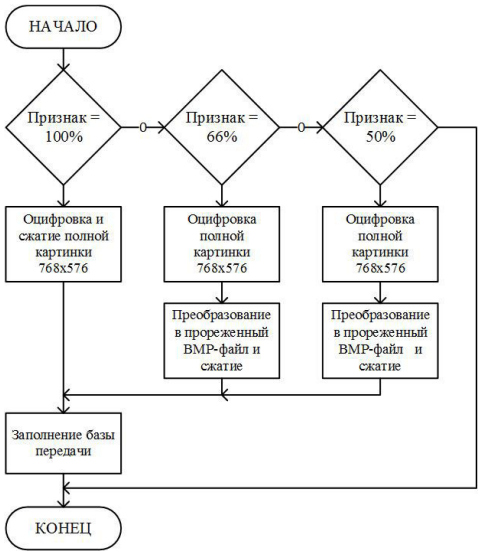


Рис. 2 – Схема алгоритма сжатия, масштабирования и передачи по радиоканалу

В новом алгоритме и реализованном на его основе программном обеспечении происходит дальнейшая обработка большой 100 процентной картинки в зависимости от признака в команде. Она заключается в прорежении пикселов исходного BMP-файла. В частности, для 50 процентной картинки информационной считается каждая третья строка изображения, а для 66 - через строку выбрасывается каждый третий пиксель. Затем из данного массива формируется новый BMP-файл, который подвергается процедуре сжатия, в результате чего его размер уменьшается втрое, что позволяет повысить скорость его передачи на ЦПО. На ЦПО, в свою очередь, в зависимости от признака фильтрации происходит масштабирование полученного изображения на экране монитора, которое представляет собой автоматическое отображение картинки в окне большего или меньшего размера.

III. Заключение

Целостность данных включает такие области, как безопасность сетевой инфраструктуры, безопасность периметра и конфиденциальность данных. Активная проверка помогает удостовериться в том, что установленная политика в области безопасности соблюдается, и отследить все аномальные случаи и попытки несанкционированного доступа.

1. Antsipov G.v. an automated remote infra-red and television system of forest fire and ecological monitoring. International forest fire news №23 (December, 2000), p.p. 92-96.
2. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си / Под ред. А. Б. Васильева. — М.: Триумф, 2002. — 816 с.
3. К. Шеннон. Теория связи в секретных системах // Работы по теории информации и кибернетике / Перевод С. Карпова. — М.: ИЛ, 1963. — С. 243-322. — 830 с.
4. Дж. Миано. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии. - М.: Издательство Триумф, 2003. - 336 с.
5. Ватолин Д., Ракушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 384 с.

КРИТЕРИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УНЧ С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ СЛУХОВОГО ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКА

Федосеев Д. С., Шилин Л. Ю.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
220013, П. Бровки, 6, Минск, Республика Беларусь
E-mail: precisionaudiosystems@gmail.com

В статье рассмотрены особенности слухового восприятия человека, влияющие на субъективное ощущение качества воспроизведения музыкальных сигналов УНЧ, также рассмотрены некоторые нюансы работы петли отрицательной обратной связи.

При проектировании устройств звуковоспроизведения для компенсации нелинейностей передаточных характеристик активных элементов и, как следствие, возникающих гармонических и интермодуляционных искажений воспроизводимого сигнала используется классический прием введения различного рода обратных связей. После чего для проверки качества звуковоспроизведения применяется стандартный набор тестов, включающий измерение коэффициента гармонических искажений, коэффициента интермодуляционных искажений, амплитудной, амплитудно-частотной характеристик и некоторых друих. К достоинствам этих характеристик следует отнести их повторяемость и техническую обоснованность. Однако, данный метод обладает серьезным недостатком. В нем не учитываются физиологические и психические особенности работы человеческого органа слуха, вследствие чего возникает некое несоответствие применяемого набора тестов, которые должны быть согласованными с особенностями объекта получения информации действительному качеству звуковоспроизведения.

Вопреки распространенному мнению, ухо не является приемником с высокой степенью линейности даже при воздействии звука с весьма низкой интенсивностью из-за психофизиологических особенностей слухового восприятия. Более того, «комбинационные тоны», наподобие обнаруженных Тартини , в действительности начинают восприниматься ухом вблизи порога слышимости, где механические смещения во внутреннем ухе составляют доли ангстрем. Звуковые волны, попадающие в ушную раковину через наружный слуховой проход, подводятся к барабанной перепонке, расположенной на входе среднего уха.

В среднем ухе имеются три маленькие слуховые косточки, которые выполняют функции преобразователя импеданса между воздушной средой наружного уха и жидкостной средой внутреннего уха. В зависимости от индивидуальных анатомических особенностей, таких как площадь барабанной перепонки и площадь основания стремечка, преобразование импеданса составляет примерно 1:20 и передача акустической мощности через среднее ухо улучшается более чем в пять раз. При высоких интенсивностях звука подвижность косточек понижается вследствие непроизвольного сокращения прикрепленных к ним мышц («акустический рефлекс»), что предохраняет среднее ухо от повреждения из-за перегрузки. При высоких уровнях звука коэффициент передачи среднего уха уменьшается и в его амплитудной характеристике начинает преобладать квадратичные член. Если в наружное ухо при этом поступают два или более тона, то в результате воздействия этой нелинейности появляются комбинационные тоны. Так при поступлении в ухо двух тонов большой интенсивности с частотами f1 и f2 можно услышать разностный тон с частотой f2-f1. Его амплитуда будет увеличиваться пропорционально увеличению амплитуд первичных тонов.

В зависимости от индивидуальных особенностей, можно услышать также суммарный тон f1+f2, но, как правило, его интенсивность мала вследствие низкочастотного характера передаточной функции среднего уха, ослабляющего частоты выше 1 кГц. Во внутреннем ухе звуковые волны распространяются вдоль тонкой «базилярной мембраны», резонансная частота которой изменяется на протяжении её длины от 20 кГц до 100 Гц, обеспечивая частотный анализ поступающего сигнала. Именно базилярная мембрана поддерживает Кортиев орган – орган слухового ощущения. Кортиев орган содержит волосковые клетки, которые преобразуют смещения базилярной мембраны относительно текториальной мембраны в нервные импульсы. Поскольку комбинационный тон (КТ) с частотой 2f1-f2 становится слышимым при уровне звука, близкому к порогу слышимости, когда среднее ухо ещё обладает высоколинейными характеристиками, это указывает на тот факт, что КТ возникает во внутреннем ухе. Амплитуда КТ очень сильно зависит от разности частот первичных тонов, уменьшаясь со скоростью 100 дБ на октаву, данное явление напоминает частотно-избирательные свойства базилярной мембраны. Согласно результатам психоакустических и ней-

рофизиологических экспериментов, КТ с частотой 2f1-f2 может быть подавлен воздействием на наружное ухо третьего синусоидального колебания с частотой 2f1-f2 и с соответствующими амплитудой и фазой. Фактически, КТ проявляет себя как первичный тон, волна возбуждения от которого распространяется по базилярной мембране к вершине улитки. Из чего можно предположить, что базилярная мембрана и органы, принимающие участие в её движениях, представляют наиболее вероятное место возникновения КТ. На рисунке 1 показана зависимость ауральных гармоник, образуемых ухом в зависимости от интенсивности звукового давления.

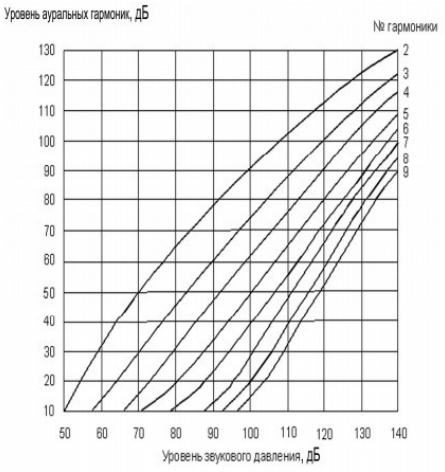


Рис. 1 – Зависимость ауральных гармоник

Представленные на рисунке кривые были получены на основе известного явления слуховых биений двух тонов, достигающих уха. Для определения уровней ауральных гармоник использовался внешний тон с частотой вблизи гармоник основного тестового тона, уровень которого увеличивался до момента появления слышимых биений это повторялось для первых восьми гармоник в широком интервале уровней звукового давления.

Рисунок 2 отражает зависимость уровня генерируемых ухом тонов в диапазоне от 50 Гц до 10 кГц.

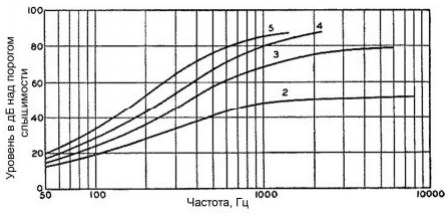


Рис. 2 – Зависимость уровня генерируемых ухом тонов

Для уровня звукового давления 80 дБ, 2-я гармоника, образуемая нелинейностью органа слуха, будет составлять 65 дБ над порогом слышимости (см. рис. 1), что эквивалентно уровню нормального голоса. Уровень третьей гармоники 45 дБ, что более чем на 40 дБ больше среднечастотного порога слышимости (см. рис. 2), но гармоники не слышны. Система ухо-мозг полностью подавляет весь набор гармоник и слышится чистый тон. Этот же механизм может быть успешно применен для подавления гармонических составляющих, которые вносит звуковоспроизводящее оборудование, если гармоники создаваемые усилителем не будут по интенсивности превышать соответствующие ауральные гармоники. Таким образом, все гармоники, вносимые усилителем, интенсивность которых не превышает интенсивности гармоник, создаваемых собственно ухом, будут маскироваться и оставаться неслышимыми.

Особенности функционирования петли обратной связи

Классическим подходом к проектированию УМЗЧ является введение отрицательных обратных связей (ООС), которая, как известно, в равной степени с ослаблением усиления уменьшает КГИ. Однако кроме ослабления гармоник, образуемых нелинейностью передаточной характеристики усилительного элемента, ООС образует высокочастотный шум из смеси высших гармоник, который коррелирован с сигналом и не может быть отделён от полезного сигнала системой ухо-мозг.

Передаточная функция приведенной на рисунке 3 схемы ООС имеет следующий вид :

$$\frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = \frac{K_У}{1 - K_{ОС} \cdot K_У} \qquad (1)$$

где КУ – усиление прямого контура,
$K_У.K_{ОС} = K_{УОС}$ – петлевое усиление.

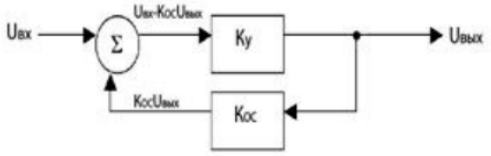


Рис. 3 – Передаточная функция

Глубина обратной связи в дБ определяется как :

$$-20\log\left|(1 - K_{УОС})\right|.$$

Рассмотрим усилительный элемент, передаточная функция которого содержит квадратичный член, при отсутствии ООС его передаточная функция может быть представлена :

$$U_{ВЫХ} = K_У \cdot U_{ВХ} + \alpha\left(K_У \cdot U_{ВХ}\right)^2,$$

При введении петли ООС, после суммирующего узла имеем сигнал:

$$Uc = U_{ВХ} - K_{ОС} \cdot U_{ВЫХ},$$

При квадратичном характере передаточной характеристики, подавая на вход усилительного элемента синусоидальный сигнал частоты f,

на его выходе будет присутствовать вторая гармоника. Введя ООС, на выходе появится третья гармоника, которая, попадая в цепь ООС, создает суммарные продукты на частоте f+3f, т.е. четвертую гармонику, а также пятую гармонику. Воспользовавшись вышеприведенными выражениями можно математически показать механизм появления гармоник более высокого порядка, чем характер нелинейности:

$$U_{ВЫХ}=\frac{K_{ОС}K_У+1-\sqrt{(K_{ОС}K_У+1)^2-4\cdot K_{ОС}\cdot\alpha\cdot K_У^2\cdot U_{ВХ}}}{2\cdot K_{ОС}\cdot\alpha\cdot K_У^2}$$

На рисунке 4 представлены осциллограммы и спектрограммы, полученные при моделировании воздействия на усилительный элемент с квадратичной нелинейностью петли ООС в среде Mathcad. Временные задержки сигнала в петле не учитывались.

На рисунке 4а и 5а сплошной тонкой линией показан исходный сигнал, тонкой прерывистой линией сигнал на выходе усилительного элемента, неохваченного петлёй ООС и толстой линией показан сигнал для усилителя с введенной ООС.

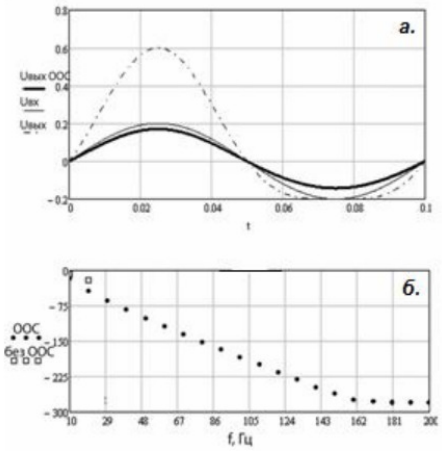


Рис. 4 – Осциллограммы и спектрограммы

На рисунке 4б и 5б показаны спектры каскадов охваченного ООС (•) и без введения ООС (◇). Отметим, что в спектре выходного сигнала (рисунок 4б) для каскада без ООС присутствует только 2-я гармоника, тогда как для случая с петлей ООС кроме второй гармоники, ослабленной на 23 дБ, появляются 3-я, 4-я, 5-я и т.д. гармонические составляющие, интенсивность которых уменьшается с увеличением номера гармоники. При воздействии многотональным сигналом (рисунок 5) петля ООС порождает множество комбинационных тонов. Итогом применения петли ООС является появление в сигнале высокочастотного шума, коррелированного с сигналом. При введении многопетлевой ООС эффект ещё больше усугубляется, поскольку ослабляя 2-ю гармонику, петля местной ООС порождает 3-ю, 4-ю, 5-ю гармоники. Петля общей ООС добавляет 4-ю, 6-ю, из-за наличия ослабленной 2-й гармоники появляются 8-я и 12-я гармоники и т.д.

Поскольку характер огибающей шума в звуковой динамике важен для правильного восприятия слушателем музыкальной информации, то шумовые загрязнения гармоническими составляющими низкой интенсивности, которые модулируют мгновенное значение сигнала, должны быть минимизированы. В противном случае, наличие шумового загрязнения полезного сигнала будет восприниматься как неестественное, «мутное», «лишенное воздушности» звучание, приведет к утомляемости и отсутствию вовлеченности у слушателя в прослушиваемый музыкальный материал.

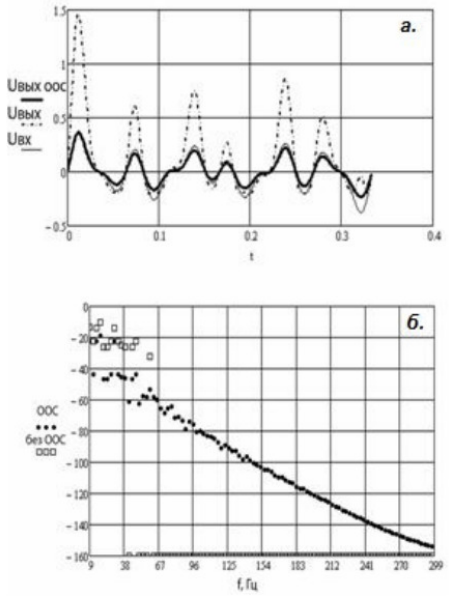


Рис. 5 – Осциллограммы и спектрограммы

Список литературы

1. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. — СПб.: Композитор, 2006.— 720 с.: ил.
2. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике - М.: Мир, 1991. - 446 с.: ил.
3. Glen M. Ballou. Handbook for Sound Engineers. Fourth Edition. -UK: Focal Press is an imprint of Elsevier. Copyright © 2008, Elsevier Inc. - 1778 p.

Секция «Интеллектуальные информационные технологии»

Section «Intellectual information technologies»

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРИЗНАКОВ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА В СОЦИАЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСАХ

Молодецкая-Гринчук К. В.
Кафедра компьютерных технологий и моделирования систем, Житомирский национальный агроэкологический университет
Житомир, Украина
E-mail: kmolodetska@gmail.com

Сегодня социальные интернет-сервисы превратились в популярный инструмент коммуникации участников виртуальных сообществ – акторов. В случае распространения в социальных интернет-сервисах недостоверного контента они превращаются в источник угроз информационной безопасности. Отсутствие действенных подходов к оценке таких угроз создает условия для проведения информационных операций в интересах отдельных субъектов. Предложен подход к оценке признаков угроз информационной безопасности на основе скалярной свертки по нелинейной схеме компромиссов. Преимуществом такого подхода является компромисс между частными признаками угроз и оптимальность полученного решения по Парето. Эффективность подхода экспериментально подтверждена на примере реальной информационной акции в социальных интернет-сервисах.

Введение

Сегодня социальные интернет-сервисы (СИС) используются участниками виртуальных сообществ – акторами, для образования информационных связей с другими акторами, оперативного распространения собственного контента, самоорганизации с целью влияния на общественные и политические процессы в государстве [1, 2]. Однако, практический опыт использования СИС как средства массовой коммуникации показал, что они превратились в действенный инструмент проведения информационных операций и реализации угроз информационной безопасности личности, общества, государства [2].

В предыдущих исследованиях [2] установлено, что целью таких угроз может быть влияние на свободу выбора акторов СИС, распространение призывов к сепаратизму, свержению конституционного строя и тому подобное. Опыт гибридной войны против Украины продемонстрировал появление качественно новых и действенных технологий информационного воздействия на акторов СИС. Это привело к возникновению противоречия между уровнем новейших информационных технологий воздействия на акторов СИС и научным базисом оценки уровня угроз информационной безопасности государства. Поэтому возникает потребность в разработке действенных методов оценки уровня таких угроз для организации эффективного противодействия, которые будут положены в основу функционирования системы обеспечения информационной безопасности государства в СИС.

I. Признаки угроз информационной безопасности в СИС

Систематизация исследований [3-6], посвященных автоматизации процедур раннего выявления угроз информационной безопасности государства в СИС показала, что их признаками являются:

1. Организационные, указывающие на целевое использование информационных ресурсов и специального программного обеспечения в СИС для достижения поставленной цели;
2. Содержательные – наличие в контенте СИС деструктивного информационного посыла, который применяется для влияния на акторов виртуальных сообществ;
3. Манипулятивные, сводящиеся к применению технологий скрытого управления акторами СИС для проявления в них желаемых психических состояний, реакции на распространяемый контент, влияния на свободу выбора и т. п.;
4. Оценка профиля информационной безопасности актора, представляющая набор агрегированных характеристик профиля актора в СИС для определения уровня его угрозы как возможного участника информационных акций.

II. Оценка признаков угроз информационной безопасности в СИС

Предложенный подход к оценке признаков угроз информационной безопасности государства в СИС основывается на нелинейной схеме компромиссов [7] и сводится к следующему.

Этап 1. Расчет показателя I_1 на основе технологии обнаружения организационных признаков информационных акций в СИС. Технология [3] сводится к поиску дубликатов публикаций и комментариев в СИС, расчета показателя читабельности текстового контента и ведения диалога с акторами, которые являются авторами такого контента. Вывод о целенаправленной информационной акции формируется на основе обоб-

щенного показателя

$$I_1 = I_1^n \to B, B = \{0;1\}, n = 1. \quad (1)$$

Этап 2. Определение показателя I_2 наличия деструктивного информационного влияния в контенте СИС. Выявление таких скрытых информационных влияний основывается на методе, предложенном в публикации [4] и заключается в интеллектуальном поиске текстового контента СИС в соответствии с заданным семантическим ядром по критерию актуальности, критичности и уровню обсуждения в обществе. Отобранный контент подлежит семантическому анализу на основе онтологий с использованием сигнатурного метода и метода выявления аномалий. В результате формируется показатель

$$I_2 = I_2^n \to B, B = \{0;1\}, n = 1. \quad (2)$$

Этап 3. Оценка проявления I_3 признаков манипуляций общественным мнением в СИС. Расчет показателя производится в соответствии с разработанной методикой выявления манипуляций общественным мнением [5]. Обобщение частных признаков манипуляций выполнено на основе оценки информационной энтропии H_n контента СИС, то есть установления уровня неопределенности относительно использования технологий скрытого воздействия на акторов

$$I_3 = 1 - H_n, H_n \in [0;1]. \quad (3)$$

Этап 4. Оценка I_4 профиля информационной безопасности актора. Расчет показателя реализован с использованием метода построения профилей информационной безопасности акторов [6]. Предложенный метод основан на технологиях интеллектуального анализа данных, в частности методах машинного обучения с учителем. Показатель I_4 принимает значения в диапазоне

$$I_4 \in [0;1]. \quad (4)$$

Этап 5. Определение весовых коэффициентов $[\alpha_j]$ признаков угроз информационной безопасности государства в СИС. Значения устанавливаются экспертами на основе их индивидуальных предпочтений и соответствуют оперативной ситуации в СИС [7]. Весовые коэффициенты угроз информационной безопасности $[\alpha_j]$ в СИС рассчитывают согласно выражению

$$\alpha_j = \frac{f_j}{\sum_{i=1}^{4} f_i}, j \in [1;4],$$

где f_j – оценка приоритетности признака угрозы, которую устанавливает эксперт.

Этап 6. Скалярная свертка признаков угроз по нелинейной схеме компромиссов. Многокритериальная задача оценки (1)–(4) сводится к модели векторной оптимизации с различными весовыми коэффициентами признаков угроз информационной безопасности государства в СИС [7]

$$I^* = \arg\min \sum_{j=1}^{4} \alpha_j (1 - I_j)^{-1}. \quad (5)$$

Признаки I_1 и I_2 принимают только предельные значения 0 или 1, что характеризует высокий уровень напряженности ситуации в СИС [7]. С целью исключения необходимости деления на ноль в выражении (5) для значений признаков равных 1 необходимо использовать величину 0,95.

Также проведено экспериментальное исследование предложенного подхода к оценке признаков угроз на примере реальной информационной акции в микроблоге Twitter. Полученные результаты совпадают с выводами международных организаций и доказывают его действенность и эффективность.

Выводы

Впервые предложен подход к оценке признаков угроз информационной безопасности государства в СИС, основанный на нелинейной схеме компромиссов, который отличается от известных подходов применением методов выявления признаков информационных акций в виртуальных сообществах. Разработанный подход положен в основу функционирования системы обеспечения информационной безопасности государства в СИС, что позволило автоматизировать процедуры раннего выявления угроз. Таким образом достигается оперативность и быстродействие системы обеспечения информационной безопасности государства в СИС.

III. Список литературы

1. Грищук, Р. В. Основи кібербезпеки / Р. В. Грищук, Ю. Г. Даник // – Ж.: ЖНАЕУ, 2016. – 688 с.
2. Молодецька, К. В. Соціальні інтернет-сервіси як суб'єкт інформаційної безпеки держави / К. В. Молодецька // Information technology and security. – 2016. – Vol. 4, Iss. 1. – С. 13–20.
3. Молодецька, К. В. Технологія виявлення організаційних ознак інформаційних операцій у соціальних інтернет-сервісах / К. В. Молодецька // Проблеми інформаційних технологій. – 2016. – № 20. – С. 84–93.
4. Молодецька-Гринчук, К. В. Виявлення інформаційних впливів у соціальних інтернет-сервісах на основі інтелектуального аналізу текстового контенту / К. В. Молодецька-Гринчук // Актуальні питання забезпечення кібербезпеки та захисту інформації. – 2017. – С. 121–122.
5. Молодецька-Гринчук, К. В. Методика виявлення маніпуляцій суспільною думкою у соціальних інтернет-сервісах / К. В. Молодецька-Гринчук // Інформаційна безпека. – 2016. – № 24. – С. 80–92.
6. Молодецька-Гринчук, К. В. Метод побудови профілів інформаційної безпеки акторів соціальних інтернет-сервісів / К. В. Молодецька-Гринчук // Інформаційна безпека. – 2017. – № 26. – С. 104–110.
7. Воронин, А. М. Многокритериальный синтез динамических систем / А. М. Воронин // Киев: Наукова думка, 1992. – 160 с.

СПОСОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

Корнеев Н. В., Яницкий А. И.
Кафедра информационный и электронный сервис, Поволжский государственный университет сервиса
Тольятти, Российская Федерация
E-mail: niccyper@mail.ru, yahtsmen91@mail.ru

Для стабилизация движения электропривода предложен способ интеллектуального управления электроприводом во взаимосвязи модели электропривода, модели окружающей среды и модели оператора. Разработана блочно-функциональная схема системы интеллектуального управления электроприводом с фази-контроллером и мобильным телеуправлением.

Введение

В настоящее время для следящих электроприводов динамических рекламоносителей (СЭП ДР) достаточно сложно реализовать устойчивое положение в условиях высоких динамических параметров движения рабочего органа (РО), определяемых нестабильностью ветровой нагрузки [1, 2].

В работе [3] рассмотрена типовая задача адаптивного управления на основе адаптивной системы с настраиваемой моделью (АСНМ) для электропривода постоянного тока с двумя изменяемыми параметрами: активным сопротивлением якорной цепи и моментом инерции. Показано, что использование модели электропривода с наблюдателем, при определенных условиях, с высокой степенью точности позволяет восстановить изменяемые параметры и переменные состояния объекта управления. Реализация адаптивной системы управления затруднительно в условиях существенных нелинейностей в электроприводе, сочетающихся с колебательными звеньями. В этом случае, как указано в работе [3] приближенную адаптацию можно построить не на аналитической, а на логической основе с помощью адаптивного фаззи-наблюдателя (АФН).

Для электропривода ДР с изменяемым моментом инерции призм в условиях ветровой нагрузки и аварийных режимов работы это дает возможность реализовать приближенную сигнальную адаптацию на основе адаптивного фаззи-наблюдателя (АФН), который представляет соответствующий фаззи-регулятор (ФР) с дополнительным управляющим сигналом, подаваемый на вход контура момента и оказывающий компенсирующее действие на изменение момента инерции.

I. Способ интеллектуального управления электроприводом

Моделирование проведенное в работе [3] показало, что в самом простом случае возможно получить оптимальную нелинейную характеристику динамического режима электропривода путем подбора значений центров функций принадлежности входных и выходной переменных ФР.

Однако подобная оптимизация динамического режима электропривода строится исключительно на модели объекта – электропривода, его режимных и нагрузочных характеристиках и не учитывает динамично изменяющуюся модель окружающей среды. Задача интеллектуального управления электроприводом во взаимосвязи модели электропривода, модели окружающей среды и модели оператора электропривода, определяющего задачи безопасной и эффективной эксплуатации не рассматривались не в одной из аналогичных работ [3-9].

В тоже время, результаты работ [10-12], показывают, что реализация интеллектуального управления электроприводом во взаимосвязи модели электропривода, модели окружающей среды и модели оператора электропривода возможна. На рис. 1. приведена блочно-функциональная схема системы интеллектуального управления электроприводом ДР с фази-контроллером (ФК) и мобильным телеуправлением. Она является развитием блочно-функциональных схем предложенных в работах [10-12] в направлении дополнения человеко-машинной системы (ЧМС) элементами искусственного интеллекта.Имитаторы модели 1, 2 и 3, имеют целью повторить в достаточно приближенном виде модели, которые существуют внутри оператора. Их задача – объяснить и предвидеть поведение оператора, обусловленное этими факторами. Например, оператору ДР кажется, что электропривод ДР неисправен. Личностная модель отображает его поведение при появлении такой гипотезы. Задача имитаторов – по возможности точнее повторить свойства внутренних моделей.

Отличие «непосредственных» моделей электропривода ДР и ветровой нагрузки в системе управления от внутренних моделей оператора ДР и их имитаторов, то есть отображения этих моделей, формируемых у оператора ДР состоит в следующем: непосредственная модель объекта – есть результат его диагностирования

и текущего контроля в стационарных условиях и более подробно, то есть это модель, значительно более точная, нежели внутренняя модель у оператора (особенно, если оператор имеет не очень высокую квалификацию); непосредственная модель ветровой нагрузки может формироваться в системе управления объективно (программно и аппаратно), включая: карты района текущей эксплуатации объекта; карта уровня ветровой нагрузки, знаков и указателей; состояние атмосферы и дорожные условия; наличие динамических и других помех при движении призм; модели электропривода и ветровой нагрузки у оператора субъективны и деформируются его личностной моделью.

Включение в систему управления электроприводом личностного корректора оператора ДР и вектор-наблюдателя с фази-контроллером не рассматривались не в одной из аналогичных работ [3-9] и являются абсолютной новизной схемы (рис. 1). В целом, как и идентификационная таблица режимов, эти модули имеют характер обработчиков накапливаемой информации и устройств формирования дополнительно диагностирующих действий и воздействий исполнительного характера.

II. Выводы

Предложен способ интеллектуального управления электроприводом во взаимосвязи модели электропривода, модели окружающей среды и модели оператора. Разработана блочно-функциональная схема системы интеллектуального управления электроприводом с фази-контроллером и мобильным телеуправлением.

III. Список литературы

1. Корнеев Н.В., Яницкий А.И. Мобильное телеуправление электроприводом рекламных конструкций с использованием аппарата нечёткой логики. Материалы двадцать пятой международной научно-технической конференции «СБ-2016». М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 421-423.
2. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1984.
3. Терехов В.М., Осипов О.М. Система управления электроприводов. М.: Академия, 2005.
4. Борцов Ю.А., Поляхов Н.Д., Путов В. В. Электромеханические системы с адаптивным модальным управлением. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отдние, 1984.
5. Справочник по ТАУ / Под ред. А. В. Красовского. М.: Наука, 1987.
6. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: учеб. пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отдние, 1982.
7. Павлова А.В., Хаджинов М.К. Система управления краном с фаззи-регулятором // Информационные технологии и системы 2012 (ИТС 2012): материалы международной научной конференции. Минск: БГУИР, 2012. – С. 70–71.
8. Шраим Л.М.А., Внуков А.А. Интеллектуальное цифровое управление динамическим торможением электропривода промышленного робота //Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. 2013. № 1. С. 79-80.
9. Постников В.Г. Оптимизация позиционных электроприводов в автоматизированной системе на основе многоканального фаззи-контроллера//ЭЛЕКТРО. 2007. № 2. С. 28-30.
10. Корнеев Н.В., Кустарев Ю.С., Морговский Ю.Я. Теория автоматического управления с практикумом. М.: Академия, 2008.
11. Корнеев Н.В., Яницкий А.И. Логическая модель программно-аппаратной системы мобильного телеуправления // Известия СНТЦ РАН. 2015. Т. 17. № 2-1. С. 171-177.
12. Корнеев Н.В., Корнеева Ю.В. Система дистанционного управления рекламным стендом на базе современных программных платформ //Автоматизация. Современные технологии. 2014. № 9. С. 29-33.

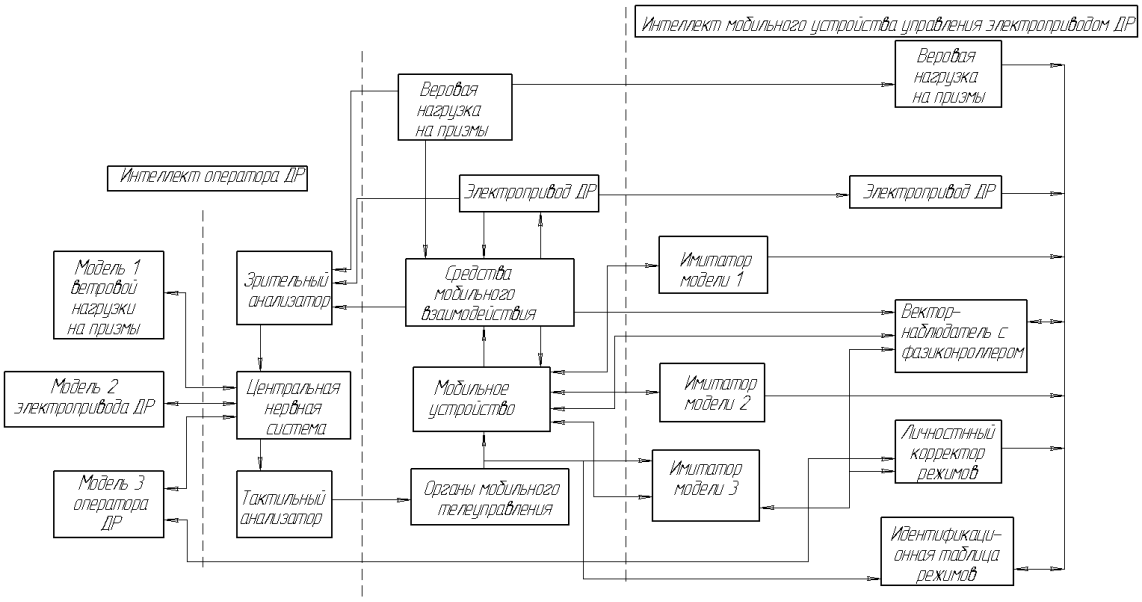


Рис. 1. Блочно-функциональная схема системы интеллектуального управления электроприводом ДР с фази-контроллером и мобильным телеуправлением

ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

Нечай О. С., Головатая Е. А.
Кафедра интеллектуальных систем, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: olganechay.bsu@gmail.com, katerina-golovataya@yandex.ru

В данной работе рассматриваются алгоритмы структурной детализации для выделения флуоресцентных маркеров и границ клеток на изображениях, полученных в результате проведения исследований методом флуоресцентной гибридизации. Для выделения флуоресцентноых маркеров используются такие алгоритмы, как пороговое разделение и рекурсивная точечная заливка. Для чёткого выделения границ клеток на изображениях используется детектор границ Кэнни.

Введение

FISH (fluorescence in situ hybridization) – молекулярно-цитогенетический метод для определения наличия или отсутствия последовательностей ДНК в хромосоме. Метод основан на принципе использования способности одной цепи ДНК специфически гибридизироваться с другой парной цепочкой ДНК. FISH использует короткие ДНК участки (зонды), к которым уже прикреплены флуоресцентные светящиеся маркеры. Зонды связываются комплементарно с тестируемыми участками хромосом.Визуализацию связавшихся ДНК-зондов проводят при помощи флуоресцентного микроскопа.

Метод FISH является модификацией детекции нуклеиновых кислот in situ с помощью радиоактивной метки; отличие заключается лишь в том, что в методике FISH применяются флуоресцентно меченые зонды. Впоследствии данная методика была модифицирована с целью определения специфических последовательностей молекул ДНК на хромосомах человека с использованием нерадиоактивных ДНК зондов.

Визуализацию связавшихся ДНК-зондов проводят при помощи флуоресцентного микроскопа. Во флуоресцентном микроскопе образец облучается светом с соответствующей частотой. Излучение образца, соответственно, пропускается через фильтр, отсекающий свет на частоте возбуждения [1].

Метод FISH является важной составляющей цитогенетического обследования, так как позволяет оценить генетический статус отдельной клетки, в отличие от других способов исследований генетического материала. Для качественного анализа изображений необходима как структурная детализация объектов изображений, так и предварительная обработка. Для проведения одного FISH-исследования требуется проанализировать большой объём выборки изображений. Автоматизация данного процесса необходима для сокращения времени проведения анализа и улучшения его качества.

I. Выделение флуоресцентных маркеров методом пороговой обработки

Пороговая обработка – один из наиболее распространенных методов сегментации изображений. Первым этапом в реализации данного алгоритма производится сглаживание изображения с помощью фильтра Гаусса для удаления побочных максимумов. Далее вычисляется светимость каждого из пикселей по линейному закону для пространства RGB: Y=0.2126R+0.7152G+0.0722B, где R – красная компонента, G – зеленая компонента, B – синяя компонента.

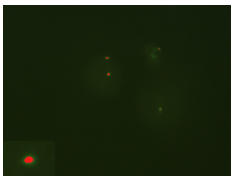


Рис. 1 – Результат применения алгоритма пороговой обработки

Следующим этапом задаётся пороговое значение светимости. Если значение светимости пикселя больше порога, то этот пиксель включается в область. Если же значение светимости пикселя меньше порога – пиксель в область не включается [2] (см.рис.1).

II. Выделение флуоресцентных маркеров методом рекурсивной точечной заливки

Алгоритм рекурсивной точечной заливки позволяет выделять достаточно однородные области изображения, на которых изменение цвета не очень велико(см.рис.2).

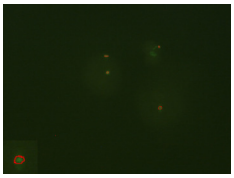


Рис. 2 – Результат применения рекурсивной точечной заливки

Для применения алгоритма необходимы начальные точки, которые предлагается выбрать как точки локальных максимумов. Присутствие шума на изображениях может дать побочные нежелательные максимумы. Следовательно, на первом этапе алгоритма необходимо устранить побочные максимумы. Этап сглаживания изображения заключается в применении операции свертки по оператору Гауссова размытия[2].

После проведения операции сглаживания изображения начинается поиск локальных максимумов. Поиск производится по каждому пикселю в соответствии со значениями яркости в 4 соседних пикселях. Следующим этапом находится цветовая разность между исходным пикселем и каждым последующим. Далее совершается рекурсивный обход точек вокруг выделенного локального максимума и принимается решение о включении или невключении пикселя в область:если цветовая разность меньше заданного порога – пиксель в область включается, если больше – не включается.

III. Автоматическое выделение клеток на изображении

Для качественного проведения анализа требуется структурная детализация объектов на изображении, а именно необходимо знать, какой клетке принадлежит маркер.

Поскольку маркеры флуоресцируют только при облучении светом определенной длины волны, чётко их можно увидеть при рассмотрении образца через фильтр. Однако, отфильтрованное изображение нередко оказывается размытым, и становится трудно различить границы клеток. Для этого границы клеток выделяются на изображении, где они чётко видны, далее изображение с выделенными границами соотносится с изображением с чётко выделенными маркерами.

Наилучшие результаты получены при использовании детектора границ Кэнни.

Первый этап алгоритма детектора Кэнни состоит в сглаживании изображения с помощью фильтра Гаусса.

Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Они могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер в размытом изображении.Следующим этапом происходит подавление немаксимумов [2] (см.рис.3).

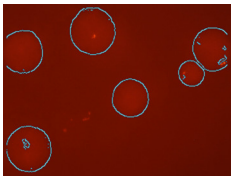


Рис. 3 – Результат применения детектора границ Кэнни

Далее производятся двойная пороговая фильтрация и трассировка областей неоднозначности [2]. Для проведения одного FISH-анализа требуется изучить большой объем выборки. Выделение границ клеток упрощает задачу доктора, уменьшает время проведения анализа.

Заключение

Выделение флуоресцентных маркеров на изображении, а также выделение границ клеток на изображении значительно упрощает работу над анализом изображений, полученных при проведении FISH-анализа.

Выделение маркеров при помощи двух алгоритмов: пороговой обработки и рекурсивной точечной заливки, а также выделение границ клеток на изображении значительно упрощает работу над FISH-анализом, позволяет сделать большее количество анализов в более короткий срок [3].

Рассматриваемые алгоритмы в рамках работы были реализованы при помощи платформы плагинов ImageJ [4].

1. Юров, И. Ю. Геномные и хромосомные болезни центральной нервной системы: молекулярные и цитогенетические аспекты / И. Ю. Юров, С. Г. Ворсанова, Ю. Б. Юров. -ИД«Медпрактика – М », 2014. –С.289-295.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс //Техносфера, 2006. –С. 86-246.
3. Fully Unsupervised M-FISH Chromosome Image Characterization [Electronic resource] / Petros S. Karvelis, Aristidis C. Likas // IEEE., 2013. Mode of access: http://ieeexplore.ieee.org. Date of access: 20.08.2017.
4. Ferreira, T. ImageJ User Guide IJ 1.46r / T. Ferreira, W. Rasband // Tuesday 2nd October, 2012. –C.87-95.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЧЕВЫХ РАССТРОЙСТВ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Меньшаков П. А., Мурашко И. А.
Кафедра «Информационные технологии», Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: pmenshakov@gmail.com, iamurashko@tut.by

В настоящее время, голосовая идентификация и анализ голоса являются одним из передовых направлений, как в области систем защиты информации, так и в определении голосовых параметров [1]. Предлагается рассмотреть способ анализа состояния голоса и выявления его проблем, таких как усталость голосовых связок, повреждения или воспаления речевого тракта при помощи ранее записанного голоса диктора и нейросетевого анализа голосовых изменений.

Введение

Оценка нарушения голоса включает использование оценки множественных характеристик речи (степень дыхания, напряжение, шероховатость). Одна из проблем, связанных с использование многомерных данных – их сравнение. Для выполнения сравнения и классификации предлагается использовать самоорганизующуюся карту Кохонена. Ввиду возможности обучения без учителя, она не нуждается в целевом векторе для выходов и, сле-довательно, не требует сравнения с предопределенными идеальными ответами, а обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Процесс обучения, следовательно, выделяет статистические свойства обучающего множества и группирует сходные векторы в классы. Предъявление на вход вектора из данного класса даст определенный выходной вектор.у

I. Аппаратная реализация

Для реализации устройства необходим микрофон, фильтр и аналого-цифровой преобразователь, для дальнейшей работы с цифровой записью голоса. Схема устройства представлена на рисунке 1.

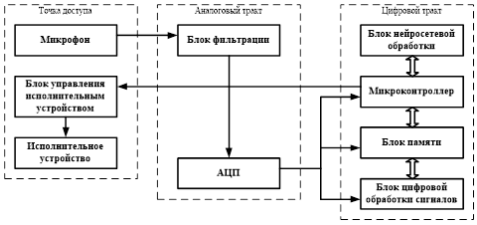


Рис. 1 – Схема устройства

С выхода микрофона сигнал подается на вход блока фильтрации. Следующим этапом является прохождение АЦП [2]. Далее оцифрованный сигнал попадает в блок цифровой обработки. В блоке цифровой обработки сигнал фильтруется и преобразуется в вектор, с которым в дальнейшем будет работать микропроцессор и нейросетевой обработчик. Для последующего сравнения с сохраненным ранее вектором мелкепстральных коэффициентов, полученный вектор заносится в энергонезависимую память. После сравнения вектора в памяти с полученным вектором, микроконтроллер подает команду на блок управления внешним устройством, к примеру, на магнитный дверной замок. Сам процесс голосовой идентификации не требователен к ресурсам, и состоит из двух этапов. Первым этапом является получение речевых признаков диктора и преобразование к виду, в котором его можно будет сравнить с другими. Вторым шагом является их сравнение при помощи обученной нейронной сети [3].

II. Дисфония

Дисфония четко определяется как основное расстройство фонации, является следствием заболеваний или патологии голосовых связок. Так как данное отклонение работы речевого тракта сопровождается слышемым изменением голоса, то может быть записано и обработанно в отношении к оброзцу голоса диктора, до появления отклонений. Есть два вида дисфонии – функциональная и повреждающая. Повреждающие дисфонии делится на два вида: врожденная и приобретенная дисфония. Повреждающая дисфония в некоторых случаях может появиться после функциональной дисфонии. Возможны функциональные дисфонии:

- хрипота;
- ларингит;
- воспаление гортани;
- гиперкинез;
- слизистая киста или киста оболочки;
- гипокинез;
- инфекция горла;
- глоссоплегия;
- ринофарингит.

Указанные заболевания имеют различные степени тяжести, что существенно отражает-ся на качестве жизни человека. Таким образом, диагностирование нарушений фонации помогут опреде-

лить уровень качества жизни. Шкала голосовых нарушений приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Шкала голосовых нарушений

Градация нарушений	Степень Нарушений	Описание	Рекомендации
Нет нарушений	0	-	-
Незначительные нарушения	1	Лингвистическое нарушение едва чувствуется или ощущается только самим пациентом	Рекомендуется речевая терапия
Умеренные нарушения	2	Снижение легкости и скорости говорения	Необходима речевая терапия
Тяжелые нарушения	3	Говорящий нуждается в помощи слушателя. Пациент часто не может быть понятым, но понимает сам	Необходима речевая терапия и помощь со стороны слушателя
Глубокие повреждения	4	Говорение фрагментарными выражениями. Слушатель должен о многом догадываться. Информации мало, и слушатель	Необходима речевая терапия и изучение языка жестов, консультации или синтез голоса.

III. Анализ нарушения речи

В исследовании, проведенном Leinonen Et Al., для замены непосредственного прослушивания голоса, была создана шкала оценок различных степеней и форм дисфони. Для сравнения критериев использовалась нейронная сеть без учителя, обучение которой было проведено с использованием перцепционной карты оценок нормального и дисфонического голоса [3]. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

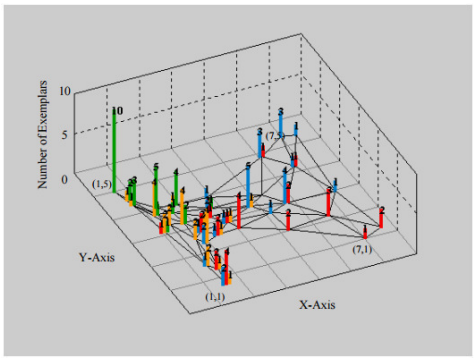


Рис. 2 – Результаты определения дисфонии голоса (зеленый – нормальные голос, желтый – гипотонусная, красный - гипертонусная, синий – спазматическая)

У данного подхода имеется несколько недостатков:

- Отсутствие сравнительной характеристики с предыдущим состоянием голоса. Ввиду данного недостатка невозможно отделить врожденные нарушения от приобретенных.
- Отсутствие возможности диагностирования нескольких расстройств одновременно.

Классификация различных форм и степень дисфонии может быть произведена путем использования не только перцепционных оценок патологии, шероховатости, дыхания, напряжения и астении но и сверкой данных оценок с предыдущим значением, путем вклю-чения голосового отпечатка с симуляцией той или иной степени заболевания в качестве входных параметров. Таким образом голосовой отпечаток может быть использован не только для средств контроля доступа, но и для оценки голосовых отклонений диктора. Очевидное преимущество данного подхода заключается в отсутствии непосредственного контакта с диктором и возможность удаленной диагностики, включая использование электронных средств связи. Так же, данная процедура имеет возможность полной автоматизации и нетребовательна к ресурсам.

1. Bosi, M. Introduction to digital audio coding and standards / M. Bosi, R.E. Goldberg – Springer Science+Business Media, USA. – 2003. – 434 p.
2. You, Y. AudioCoding: Theory and Applications / Y. You – NY: Spring-er, 2010 – 349 p.
3. Загуменнов, А. П. Компьютерная обработка звука./ А. П. Загуменнов - М.: ДМК, 1999. - 384 с
4. Using self-organizing maps to cluster music files based on lyrics and audio features / Research Con-gress 2013 De La Salle University, Manila, March 7-9, 2013.
5. Kohonen, T. (2001). Self-Organizing Maps. Berlin: Springer.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО РЕШЕНИЮ ОДНОЙ СЕТЕВОЙ ЗАДАЧИ ДРОБНО-ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Лагуто А. А., Копейко В. С.
Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lagutoa@yahoo.com, volodyakopeyko@gmail.com

Рассматривается задача потокового программирования с дробно-линейной целевой функцией и линейными ограничениями. Приводятся результаты вычислительного эксперимента по решению тестовых задач различной размерности, показывающие эффективность применения рекуррентных формул преобразования элементов обратной матрицы детерминантов на итерациях метода, а также зависимость числа итераций, необходимых для нахождения оптимального решения, от количества выбранных циклических дуг.

Введение

Исследования экстремальных потоковых задач, создание специальных алгоритмов, учитывающих особенности и свойства задачи, и современные достижения потокового программирования позволяют создавать эффективные методы решения экстремальных потоковых задач с большим числом переменных и ограничений.

I. Математическая модель

Пусть $S = (I, U)$ – конечная ориентированная связная сеть без кратных дуг и петель. I – множество узлов, U – множество дуг сети S, определенных на прямом произведении $I \times I$, $|I| < \infty$, $|U| < \infty$. Рассмотрим математическую модель задачи дробно-линейного потокового программирования с взаимосвязью дуговых потоков:

$$f(x) = \frac{p(x)}{q(x)} = \frac{\sum\limits_{(i,j)\in U} p_{ij}x_{ij} + \beta}{\sum\limits_{(i,j)\in U} q_{ij}x_{ij} + \gamma} \to max, \quad (1)$$

$$\sum_{j\in I_i^+(U)} x_{ij} - \sum_{j\in I_i^-(U)} x_{ji} = b_i, i \in I, \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j)\in U} \lambda_{ij}^t x_{ij} = \alpha_t, t = \overline{1,l}, \quad (3)$$

$$d_{*ij} \le x_{ij} \le d_{ij}^*, \quad (4)$$

где $x = (x_{ij}, (i,j) \in U)$ – поток задачи (1)-(4), X – множество потоков, $x \in X$, $p_{ij}, q_{ij}, \beta, \gamma, b_i, \lambda_{ij}^t, \alpha_t$ – параметры задачи (1)-(4), $I_i^+(U) = \{j : (i,j) \in U\}$, $I_i^-(U) = \{j : (j,i) \in U\}$, $|U| > |I| + l$. Полагаем, что знаменатель целевой функции $q(x)$ не меняет знак на множестве потоков X. Без ограничения общности предполагаем, что $q(x) > 0, \forall x \in X$.

Опорой связной сети $S = (I, U)$ для системы (2) является покрывающее дерево (I, U_t) сети S с множеством дуг U_t [1]. Опора сети S для системы (2)-(3) определяется согласно [1,2]. Пусть множество дуг $U_k = U_t \cup U_c$, $U_t \cap U_c = \emptyset$ – опора сети S для системы (2)-(3). Множество дуг U_c – множество циклических дуг.

II. Преобразование множеств опоры

Для создания эффективного метода решения дробно-линейной сетевой задачи (1)-(4) исследованы свойства разреженной матрицы системы (2), проведена декомпозиция системы ограничений (2)-(3) на сетевую и общую части с применением теории графов, алгоритмов и технологий потокового программирования. В результате для решения задачи (1)-(4) разработан прямой опорный релаксационный метод [3], применены рекуррентные формулы преобразования элементов обратной матрицы детерминантов на итерациях метода [4]. Структуры данных, алгоритмы и технологии для численной реализации метода описаны в [2,5].

Предположим, что для опорного потока $\{x, U_k\}$ нарушаются условия критерия оптимальности [3], тогда строится новый опорный поток $\{\overline{x}, \overline{U}_k\}, \overline{U}_k = \overline{U}_t \cup \overline{U}_c$, $\overline{U}_t \cap \overline{U}_c = \emptyset$: $\overline{x} = x + \theta^0 l_0$, где θ^0 – максимально допустимый шаг, l_0 – подходящее направление. Пусть $(\tau_0, \rho_0) \in U \setminus U_k$ – дуга, на которой достигается максимальное значение производной целевой функции (1) по допустимому направлению при симплексном нормировочном условии, $(i_0, j_0) \in U_k \cup (\tau_0, \rho_0)$ – дуга, на которой достигается максимально допустимый шаг θ^0 вдоль подходящего направления l_0. Пусть $L(\tau_0, \rho_0)$ – базисный цикл, порожденный дугой (τ_0, ρ_0) [3]. Если $(i_0, j_0) = (\tau_0, \rho_0)$, то опора U_k не изменяется, т.е. $\overline{U}_k = U_k$, в противном случае происходит замена опоры:

- если $(i_0, j_0) \in U_c$, то $\overline{U}_t = U_t, \overline{U}_c = (U_c \setminus (i_0, j_0)) \cup (\tau_0, \rho_0)$;
- если $(i_0, j_0) \in U_t$ и $(i_0, j_0) \in L(\tau_0, \rho_0)$, то $\overline{U}_c = U_c, \overline{U}_t = (U_t \setminus (i_0, j_0)) \cup (\tau_0, \rho_0)$;

– если $(i_0, j_0) \in U_t$ и $(i_0, j_0) \notin L(\tau_0, \rho_0)$, то $\overline{U}_c = (U_c \setminus (i_1, j_1)) \cup (\tau_0, \rho_0)$, $\overline{U}_t = (U_t \setminus (i_0, j_0)) \cup (i_1, j_1)$, где дуга $(i_1, j_1) \in U_c$ такая, что $(i_0, j_0) \in L(i_1, j_1)$.

III. Вычислительный эксперимент

Для проведения численных экспериментов использовались задачи, полученные при помощи дополнительно написанной программы генерации сети и параметров задачи в системе Wolfram Mathematica. Вычисление оптимального потока для тестовых задач производилось прямым опорным релаксационным методом, в котором вычисление элементов матрицы детерминантов и ее обращение производится на каждой итерации метода, и его модификацией. В модификации метода обращение матрицы детерминантов осуществляется только на первой итерации. На последующих итерациях для пересчета элементов обратной матрицы детерминантов применяются рекуррентные формулы, а детерминанты циклов пересчитываются только для дуг фундаментального разреза, порожденного дугой (i_0, j_0), на которой достигается максимально допустимый шаг θ^0 изменения потока. Далее, для краткости, прямой опорный релаксационный метод будем называть вариант A, а его модификацию – вариант B.

Для каждого теста вычислялись количество итераций It, время работы метода tA и его модификации tB в секундах и отношение tA/tB.

Для первого эксперимента в тестах изменялось только число циклических дуг. Результаты вычислений приведены в таблице 1 и показывают уменьшение числа итераций и времени работы метода при увеличении числа циклических дуг для одной и той же сети.

Таблица 1 – Вычислительный эксперимент №1

№	$\|I\|$	$\|U\|$	$\|U_c\|$	It	tA	tB	tA/tB
1	50	200	30	287	860.80	94.60	9.10
2	50	200	40	263	754.49	89.00	8.48
3	50	200	50	244	663.80	84.12	7.90
4	50	200	60	239	543.10	79.43	6.84
5	50	200	70	206	484.38	75.03	6.46
6	50	200	80	147	351.30	70.72	4.97
7	50	200	90	136	320.60	61.40	5.22
8	50	200	100	113	209.40	57.20	3.66
9	50	200	110	106	184.20	54.73	3.36
10	50	200	120	97	171.50	52.51	3.26

Второй вычислительный эксперимент проводился на сетях различной степени разреженности. Число циклических дуг не изменялось. Число итераций и время получения оптимального решения для тестовых задач приведены в таблице 2. На рис. 1 изображена зависимость отношения времен tA/tB к коэффициенту разреженности тестовых сетей, т.е. к отношению $|U|/|I|$. Можно заметить, что с увеличением степени разреженности графа, а, следовательно, и разреженности матрицы ограничений, увеличивается эффективность варианта B прямого опорного метода решения дробно-линейной задачи (1)-(4).

Таблица 2 – Вычислительный эксперимент №2

№	$\|I\|$	$\|U\|$	$\|U_c\|$	It	tA	tB	tA/tB
1	50	100	50	113	128.5	42.2	3.05
2	50	150	50	203	312.8	62.4	5.01
3	50	200	50	244	693.8	94.1	7.37
4	50	250	50	361	1783.2	113.3	15.74
5	50	300	50	693	6129.3	218.4	28.06
6	50	350	50	892	16893.1	345.3	48.92
7	50	400	50	1136	78342.0	645.2	121.42
8	50	450	50	1324	198123.3	1202.2	164.80
9	50	500	50	1606	373349.2	1583.7	235.74

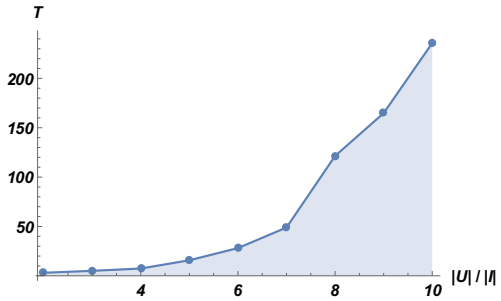


Рис. 1 – Изменение tA/tB в зависимости от разреженности сети $S = (I, U)$

Проведенные эксперименты на примере тестовых задач показывают преимущества декомпозиционного подхода к построению решений задачи дробно-линейного потокового программирования с взаимосвязью дуговых потоков. Методы декомпозиции в наибольшей степени учитывают априорную информацию о математической модели, ее свойствах и типе разреженности. Теоретико-графовый подход позволяет применить эффективные алгоритмы и технологии построения численных решений экстремальных задач линейного и нелинейного программирования.

1. Pilipchuk, L. A. Sparse Linear Systems and Their Applications / L. A. Pilipchuk –Minsk: BSU, 2013. – 235 p.
2. Пилипчук, Л. А. Теоретико-графовые свойства декомпозиции разреженных недоопределенных систем специального вида / Л. А Пилипчук, А. А. Лагуто // Материалы Международного конгресса по информатике: Информационные системы и технологии. – Минск: БГУ.– 2016. – с.1061-1067.
3. Лагуто, А. А. Экстремальная сетевая задача дробно-линейного программирования / А. А. Лагуто, Л. А. Пилипчук // Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике. – Минск: БГУ. – 2004, с.109-117.
4. Пилипчук, Л. А. Линейные неоднородные задачи потокового программирования: учеб.-метод. пособие / Л. А. Пилипчук. - Минск: БГУ, 2009. - 222 с.
5. Пилипчук, Л. А. Алгоритмы и технологии построения решений разреженных недоопределенных линейных систем в Wolfram Mathematica / Л. А. Пилипчук, А.А. Лагуто // Материалы III Международной научно-практической конференции "Технологии информатизации и управления". – Гродно, Беларусь.– 2016. – 9 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ POSTGIS, GEOSERVER

Пилипчук А. С., Полячок Е. Н., Пилипчук Л. А., Астапеня П. Н., Вишневецкая Т. С.
Факультет прикладной математики и информатики, Кафедра компьютерных технологий и систем,
Белорусский государственный университет
Автотракторный факультет, Кафедра транспортные системы и технологии,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {an.pilipchuk, arszp10}@gmail.com, pilipchuk@bsu.by, {astapenia, vishnevetskaya}@etsconsult.by

В статье рассматривается задача моделирование экологических процессов и визуализация пространственных данных. Разработан программный комплекс для сбора, обработки и визуализации геопространственных данных в задачах экологического мониторинга с использованием программных продуктов PostGIS, GeoServer, Leaflet. В работе демонстрируется стратегии отображения пространственных данных.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения основные источники загрязнения воздуха — неэффективные виды транспорта, сжигание отходов, промышленность и угольные электростанции, из них 85% выбросов в городах составляют выбросы от автотранспорта. В настоящее время в РБ проводятся исследования по созданию системы мониторинга выбросов загрязняющих веществ. Разработка системы мониторинга качества воздуха является актуальной проблемой, позволяющей оценить реальную ситуацию загрязнения воздуха. Расчетные системы мониторинга в настоящее время одни из самых распространенных в мировой практике[1].

Моделирование экологических процессов и визуализация пространственных данных представляют собой сложные и многофункциональные задачи. Данная работа также является вкладом в практическое решение задач в сфере экологического мониторинга[2–5].

I. Модель загрязнения атмосферного воздуха

Для визуализации и мониторинга экологических процессов выполнено моделирование стационарных (предприятия) и мобильных (транспорт) точек. В процессе моделирования учитываются следующие характеристики:

- радиус выброса загрязняющих веществ предприятиями;
- данные по загрязняющим веществам по предприятиям;
- данные с Global Positioning System (GPS) треков от подвижного транспорта.

В процессах моделирования не учитываются данные о силе и направлении ветра, а также характеристики рельефа местности (ландшафта). Предприятия визуализируются в виде кругов, а автотранспорт – в виде линий. Радиус круга соответствует радиусу выбросов загрязняющих веществ. Ширина линии равна 70 метров.

Для процесса визуализации необходимо собрать и обработать пространственные данные, которые перечислены ниже:

- данные по предприятиям;
- данные ручных замеров;
- данные GPS треков подвижного транспорта.

В результате обработки указанных данных получены агрегированные данные, такие как интенсивность, скорость, задержки, остановки и др. На основе полученных агрегированных данных рассчитана группа выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

II. Выбор базы данных

Все применяемые программные решения бесплатны в использовании. Из-за этого условия не представляется возможным использование операционной системы Windows и Mac OS. Поэтому все программные продукты должны работать на операционной системе под ядром Linux.

Перечислим список из кандидатов на роль основной базы данных:

- SQLite;
- PostgreSQL.

Есть Oracle и другие базы данных, которые попали бы в список, если бы они были бесплатные. В данной работе выбор остаётся за PostgreSQL, поскольку используется один из плагинов – PostGIS, который является де-факто стандартом для разработки геоинформационных систем[6].

III. Веб-сервисы ГИС

Для передачи и получения пространственной информации использованы протоколы Open Geospatial Consortium (OGC).

Получение геопространственных данных осуществляться с помощью веб-сервисов ГИС. Ниже перечислен список веб-сервисов ГИС, которые могут использоваться в качестве модуля ГИС:

- GeoServer;
- MapServer.

GeoServer, в отличие от MapServer, имеет веб-интерфейс, в котором можно манипулировать слоями и настройками сервера. Обоснованием использования GeoServer является более полная реализация функций OGC стандартов и их спецификаций по сравнению с MapServer. Например, есть поддержка протокола OGC Web Feature Service Transactional (WFS-T), которого нет у MapServer. Так же имеется возможность использования специальных функций, предназначенных только для GeoServer. Например, есть свои фильтры Extended Contextual Query Language (ECQL).

IV. Результаты

Для визуализации использованы две стратегии отображения геопространственных данных на карте:

- первая стратегия заключается в том, чтобы через PostGIS преобразовать линии и точки в полигоны;
- вторая стратегия заключается в том, что размеры точек и линий необходимо задавать с помощью пикселей.

Первая стратегия представлена на рисунке 1.

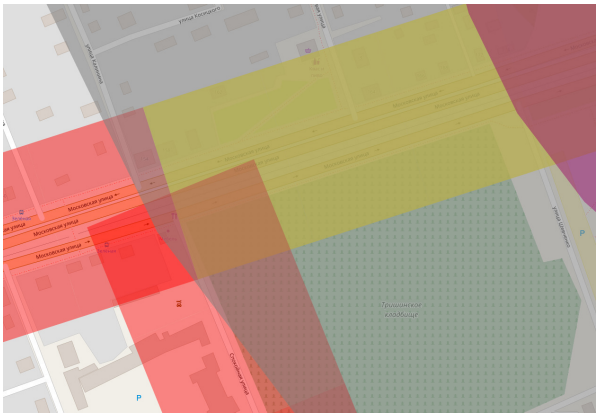


Рис. 1 – Пример первой стратегии

Заметим, что при использовании первой стратегии все пространственные объекты являются прозрачными. Данное ограничение нужно для отображения подписи карты-подложки. При масштабировании карты точки и линии изменяются соответственно.

Вторая стратегия изображена на рисунке 2. При второй стратегии ширина линий изменяется динамически в зависимости от интенсивности, но не зависит от изменения масштаба. Это значит, что размер в пикселях будет одинаковый.

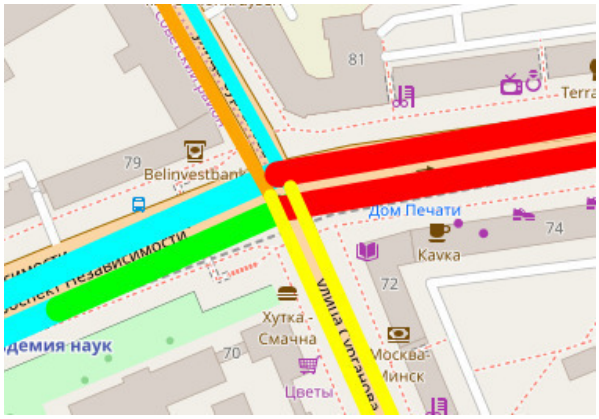


Рис. 2 – Пример второй стратегии

Поскольку карта является интерактивной, то имеется возможность получить сводную таблицу и круговую диаграмму распределения загрязняющих веществ. Загрязняющие вещества делятся на 8 групп, где первые семь групп важны для мониторинга экологических процессов.

Заключение

Разработаны и реализованы методы обработки геопространственных данных. Разработаны две стратегии визуализации геопространственных данных на географической карте. Создан программный продукт для моделирования и визуализации пространственных данных экологических процессов. Реализованы функции улучшения и корректировки плагина Leaflet-WFST для протокола OGC WFS-T. Разработан программный комплекс для мониторинга и оценки выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на основе систем PostgreSQL, GeoServer и Leaflet.

1. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease // World Health Organization [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/. – Date of access: 11.09.2017
2. Bianco, L. A network based model for traffic sensor location with implication in O/D matrix estimates / L. Bianco, G. Confessore, P. Reverberi // Transportation Science – 2001. – Vol 35, № 1. – P.50–60.
3. Bianco, L. Combinatorial Aspects of the Sensor Location Problem / L. Bianco, G. Confessore, M. Gentili // Annals of Operation Research. – 2006. – Vol 144, № 1. – P. 201–234.
4. Пилипчук, Л. Задача оптимального расположения сенсоров в узлах некоторых специальных графов // Электронная библиотека БГУ [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/160655. – Дата доступа: 11.09.2017.
5. Confessore, G. Experimental evaluation of approximation and heuristic algorithms for the dominating paths problem / G. Confessore, P. Dell'Olmo, M. Gentili // Computers and Operations Research. – 2005. – Vol 32, № 9. – P.2383–2405.
6. PostgreSQL 9.5.9 Documentation / official site PostgreSQL [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.postgresql.org/docs/9.5/static/index.html. – Date of access: 11.09.2017

ЭКСПЕРТНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ХОРИАЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Курочкин А. В., Прибушеня О. В., Садов В. С.
Кафедра интеллектуальных систем, факультет радиофизики и компьютерных технологий, Белорусский государственный университет
ГУ "РНПЦ «Мать и дитя»"
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lawliet29@gmail.com, pribushenya@yandex.ru, sadov@bsu.by

В разрабатываемой системе решается задача определения хориальности многоплодных беременностей на основании данных типичных обследований. С использованием 9 основных исходных признаков сформулированы эвристические правила, для каждого из которых оценена достоверность. При формулировке правил используются данные научных исследований по предметной области, полученные из литературных источников, практического опыта и исторических данных. Для определения конечного результата используется механизм нечеткого вывода по модели Такаги-Сугено-Канга.

Введение

Развитие информационных технологий обуславливает разностороннее развитие и внедрение практик автоматизации в различные сферы жизнедеятельности. Одним из подходов к автоматизации процессов оценки и принятия решений является формализация и применение формальных методов. Любое формальное высказывание может использоваться как элементарное выражение при построении более сложных высказываний, а также для установления отношений между ними с использованием формальных методов вывода [1].

Чаще всего используется формулировка исходных выражений в рамках булевой алгебры, т.е. с описанием причинно-следственных связей между исходными и искомыми параметрами. В таких случаях для оценки конечного результата по исходным данным может использоваться строгий логических вывод. Исходные признаки бинаризуются, и на основании формальных правил формулируются выражения логики высказываний.

В рамках исследуемой предметной области ставится задача по оценке хориальности многоплодных беременностей на основании результатов основных диагностических врачебных исследований пациентов. Существует ряд ограничений, из-за которых строгий логический вывод не является корректным в контексте данной задачи. Для преодоления этих ограничений предлагается использовать систему нечеткой логики и алгоритм нечеткого вывода [1–3].

I. Постановка задачи в доменной области

При определении хориальности многоплодных беременностей на основании данных типичных обследований в качестве исходных признаков используются следующие [4–5]:

- наличие или отсутствие лямбда-признака при обследовании в срок 11 и 17 недель;
- пол плодов при обследовании в срок 11 и 17 недель;
- раздельное или совместное положение хорионов в срок 11 недель;
- раздельное или совместное положение плаценты в срок 11 и 17 недель;
- толщина межамниотической перегородки в срок 17 и более недель.

Перечисленные признаки описываются при помощи 9 лингвистических переменных.

С использованием вышеперечисленных признаков можно составить формальные высказывания с использованием алгебры логики, т.е. на основании причинно-следственных высказываний. Сами высказывания формулируются на основании научных данных литературных источников, практического опыта и исторических данных [4–5].

Тем не менее, существует ряд ограничений, из-за которых строгий логический вывод не является корректным в контексте данной задачи.

Во-первых, каждый из сформулированных признаков не является абсолютным, и имеет некоторую достоверность (определяемую, всё так же, на основании практических данных).

Во-вторых, некоторые признаки могут в определенных условиях противоречить друг другу при использовании строгого логического вывода.

В-третьих, в рассматриваемой задаче некоторые исходные признаки легко бинаризуются. Однако, на основании достоверностей формулируемых правил ожидаемый результат не может являться строгим ответом и также должен обладать некой мерой достоверности. Кроме того, даже наличие или отсутствие того или иного бинарного признака может обладать определенной достоверностью, которую врач может сформулировать по результатам обследования [3].

II. Формулировка правил для нечеткого вывода

Применение системы нечеткой логики и использование нечёткого вывода позволяет учитывать достоверности каждого признака при определении конечного результата. В разрабатываемой системе, в качестве возможных достоверностей можно указать следующие значения:

- очень низкая
- низкая
- средняя
- высокая
- очень высокая

Достоверность определяет то, какое влияние конкретное правило имеет на конечный результат. Для непосредственного нечеткого вывода используется метод Такаги-Сугено-Канга [2].

В системе реализован нечеткий вывод по совокупности следующих правил [4–5]:

- при наличии лямбда-признака в 11 или 17 недель беременность дихориальная (высокая достоверность);
- при отсутствии лямбда-признака в 17 недель беременность монохориальная (низкая достоверность);
- при разнополости в 17 недель беременность дихориальная (высокая достоверность);
- при однополости в 17 недель беременность монохориальная (очень низкая достоверность);
- при раздельном положении хорионов в 11 недель беременность дихориальная (средняя достоверность);
- при раздельном положении плацент в 11 или 17 недель беременность дихориальная (средняя достоверность);
- при совместном положении плацент (или наличии 1 плаценты) в 17 недель беременность монохориальная (низкая достоверность);
- при толщине межамниотической перегородки более 2 мм в 17 и более недель беременность дихориальная (средняя достоверность);
- при толщине межамниотической перегородки более 2 мм в 17 и более недель беременность монохориальная (низкая достоверность).

III. Формат выходных данных и оценка полученных результатов

В качестве выходного значения системы нечеткого вывода используется бинарное кодирование, т.е. в предельных случаях дихориальность кодируется единицей, а монохориальность – нулем. Результат работы системы ξ, в общем случае, непрерывен на отрезке определения, т.е. $\xi \in [0; 1]$. При значениях $0 < \xi < 0,5$ делается вывод о монохориальности, а при $0,5 < \xi < 1$ – о дихориальности. Достоверность μ полученного результата (уверенность в исходе) можно определить как $\mu = |2\xi - 1| \cdot 100\%$.

При значениях ξ близких к $0,5$ (или, соответственно, μ близких к 0) результат работы системы нечеткого вывода недостоверен.

При проверке алгоритма на выборке из исторических данных (400 записей) процент ошибок сосавил 11,25% (45 записей), достоверность μ для ошибочных результатов не превысила 40%.

В дальнейшем, для повышения качества экспертных оценок, предусмотрена возможность добавления или изменения правил, введения новых переменных для входных данных, а также определение меры уверенности и определение многозначных (более двух значений) лингвистических переменных для бинарных признаков.

Таким образом, разработанная система достаточно состоятельна для оценки хориальности многоплодных беременностей и может использоваться в качестве информационного экспертного ресурса во врачебной практике для упрощения работы врача. Тем не менее, следует отметить, что полученные оценки носят исключительно информационный характер и служат скорее подсказкой, чем достоверным результатом; при принятии связанных с результатом работы системы решений специалист в первую очередь должен опираться на собственный опыт и не принимать полученный результат как верный, особенно при невысоких полученных значениях достоверности.

1. West, F. Fuzzy Inference System / F. West // NY Research Press, 2015 – 326 P.
2. Giangiacomo, G. Effectiveness and Multivalued Logics / G. Giangiacomo // Journal of Symbolic Logic – 2006. – Vol. 71, № 1. – P. 137–162.
3. Ross, T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications, Fourth Edition / T. J. Ross // Wiley India Pvt. Limited, 2008 – 4th ed. – 625 P.
4. Прибушеня, О. В. Акушерская тактика и перинатальные исходы при многоплодной беременности: критерии отбора плодов для редукции / О. В. Прибушеня // Проблемы репродукции – Москва: Медиа Сфера, 2013. – № 5. – С. 94–99.
5. Прибушеня, О. В. Ультразвуковое исследование при многоплодии. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения / О. В. Прибушеня, Т. В. Лемешевская, М. Г. Дувакина // Репродуктивное здоровье – Минск: Профессиональные издания, 2012. – № 6(24). – С. 88–106.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ И ДЕСКРИПТОРОВ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОДАННЫМ

Головатая Е. А., Садов В. С.
Кафедра интеллектуальных систем, факультет радиофизики и компьютерных технологий, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: katerina-golovataya@gmail.com, sadov@bsu.by

В работе рассматриваются алгоритмы извлечения и сравнения локальных признаков цифровых изображений. Исследуются методы поиска ключевых точек, а также вычисления векторов признаков изображений по ключевым точкам для их дальнейшего сопоставления с точками, найденными на других изображениях набора. Полученные пары ключевых точек описывают изменения положений объектов на разных изображениях и в дальнейшем используются для оценки положений видеокамер в трехмерном пространстве и пространственной поточечной трехмерной реконструкции.

Введение

Задача трехмерной реконструкции является одним из важнейших направлений исследований в области обработки визуальной информации и компьютерного зрения. В общем виде задачу можно сформулировать следующим образом: имеется реальный объект в пространстве и набор данных визуальных наблюдений этого объекта, обычно в виде двумерных изображений. Задача состоит в том, чтобы по этим данным восстановить как можно более точную трехмерную модель объекта. В рамках данной работы рассматриваются изображения видеоряда, полученного в ходе видеоэндоскопического обследования.

Одними из наиболее распространённых методов для проведения трехмерной реконструкции являются методы оценки структуры по сдвигу (structure from motion) [1]. Основная идея этих методов заключается в определении сдвига объектов между парами изображений; информация о глубине может быть оценена исходя из эффекта параллакса: при смещении камеры более близкие объекты получают больший сдвиг, а более дальние – меньший.

Основной задачей алгоритмов оценки структуры по сдвигу является поиск точек, принадлежащих одним и тем же частям объекта на разных изображениях. При этом можно выделить 2 этапа – непосредственно нахождение набора точек, достаточно полно описывающих ключевые характеристики и признаки объекта, и сопоставление найденных точек на двух изображениях для определения того, как изменилось положение объекта [2–3].

I. Алгоритмы обнаружения ключевых точек

Ключевая точка – это такая окрестность на изображении, в которой присутствует некоторый характерный признак. К основным характерным признакам можно отнести следующие [1, 3]:

- Границы и стыки – ключевые точки в местах перепада яркости на изображении. Такие точки можно найти исходя из того, что в них наблюдается большое значение модуля градиента яркости. Граница может быть произвольной формы и содержать разветвления. Основными алгоритмами обнаружения границ являются методы Собела и Кэнни.
- Углы и точечные структуры – ключевые точки в местах, где на изображении наблюдается признак, похожий по структуре на точку, а также в местах резкой смены направления границы. В таких точках, как правило, наблюдаются высокие значения кривизны градиента яркости. Наиболее популярными алгоритмами является детектор углов Ши-Томаси и алгоритм поиска ключевых точек FAST, а также дифференциальные методы - лапласиан гауссиана, разница гауссианов, и определитель матрицы Гессе.
- Совокупности точек и замкнутые регионы – в отличие от предыдущих признаков, совокупности точек и регионы описывают некую область на изображении. Алгоритмы поиска ключевых точек, как правило, сводят описание всей области к описанию одной точки этой области – например, её центра. Для поиска таких областей используются специализированные алгоритмы поиска пятен (blob detector), которые способны обнаружить признаки на сглаженных изображениях, для которых не сработают детекторы границ и углов. Для поиска этих признаков используются специализированные алгоритмы, которые условно можно разделить на методы оценки интенсивно-

сти (MSER) и методы оценки структуры (PCBR).

Некоторые алгоритмы обнаружения ключевых точек могут также вводить свои виды характерных признаков.

Основное требование к алгоритму поиска ключевых точек – воспроизводимость. Воспроизводимость означает, что алгоритм будет обнаруживать одни и те же точки объектов на различных изображениях инвариантно относительно их положения и различных видов афинных преобразований – наклона, поворота, масштабирования и их совокупности.

Как правило, поиск ключевых точек осуществляется с использованием нескольких различных алгоритмов, результат работы которых комбинируется.

II. Алгоритмы описания локальных признаков

После нахождения ключевых точек необходимо осуществить их сопоставление. Для этого можно сравнивать совокупность локальных признаков в некоторой их окрестности. Описание локальных признаков по точкам осуществляется при помощи специальных алгоритмов, называемых дескрипторами. Дескрипторы позволяют вычислять для произвольной точки вектор признаков $\vec{d}$ в некотором пространстве U_D, для которого определена метрика $s(\vec{d_i}, \vec{d_j})$. Метрика s в этом пространстве служит мерой «похожести» окрестности пары точек [4].

Таким образом, алгоритм поиска соотвествующих точек на двух изображениях можно описать в виде следующих шагов:

1. Определить наборы ключевых точек $P_1 = \{p_{1i}\}$ и $P_2 = \{p_{2j}\}$ для первого и второго изображения соответственно;
2. При помощи дескриптора $D(p)$ с метрикой $s(\vec{v}_1, \vec{v}_2)$ рассчитать для каждой ключевой точки p_{1i}б p_{2j} значения их векторов признаков $\vec{d}_{1i} = D(p_{1i}), \vec{d}_{2j} = D(p_{2j})$;
3. Для каждой точки p_{1i} исходного изображения найти номер точки на втором изображении m_i, такой, что $s(\vec{d}_{1i}, \vec{d}_{2m_i}) = \min\limits_{\forall j} s(\vec{d}_{1i}, \vec{d}_{2j})$;
4. Из множества пар точек $\{(p_{1i}, p_{2m_i})\}$ выбрать подмножество $\{F_k\} = \{(p_{1k}, p_{2m_k}) | s(\vec{d}_{1k}, \vec{d}_{2m_k}) < T\}$, где T - некое пороговое значение, которое можно определять экспериментально;

Различают 2 основных вида дескрипторов – гистограммные и бинарные.

К наиболее распространённым гистограммным детекторам относятся SIFT (Scale-Invariant Feature Transform), SURF (Speeded Up Robust Features) и GLOH (Gradient Location and Orientation Histogram).

Гистограммные дискрипторы статистически оценивают окрестности ключевых точек с использованием различных видов преобразований и строят на их основании набор градиентных гистограмм. Метрика s для таких дескрипторов, как правило, вычисляется достаточно сложно и включает в себя нелинейные преобразования исходных дескрипторов [4–5].

Бинарные дескрипторы подразумевают вычисление некоторой битовой строки по окрестности точки, обычно только на основании яркости окружающих пикселей. К таким дескрипторам относятся BRIEF (Binary Robust Independent Features), ORB (Oriented FAST and rotated BRIEF), BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints), FREAK (Fast Retina Keypoint) и другие.

Значение бинарного дескриптора (битовая строка) вычисляется в соответствии с определенной последовательностью сэмплирования. Основное преимущество бинарных дескрипторов заключается в намного более высокой производительности – в качестве метрики s сравнения значений дескрипторов используется расстояние Хэмминга (количество несовпадающих бит), вычисление которого значительно проще, чем гистограммный анализ [5].

Анализ алгоритмов обнаружения ключевых точек применительно к данным видеоэндоскопических исследований показал несостоятельность большинства методов вследствие таких особенностей данного типа изображений, как контрастность, недостаточная освещенность и отсутствие резких границ. После проведенной предварительной обработки наилучшие результаты показали алгоритмы, основанные на методах оценки интенсивности. Вследствие однородности самих видеоэндоскопических изображений и однотипности объектов на них рассматриваемые дескрипторы вызвали множество ошибок первого и второго рода. Наилучшие результаты по точности определения соответствующих точек показали гистограммные дескрипторы, но они имеют значительный пройгрыш по производительности и времени работы относительно бинарных дескрипторов.

1. Do We Need Binary Features for 3D Reconstruction? / B. Fan [et al.] // Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), IEEE Conference – 2016.
2. Lindeberg, T. Scale-space / T. Lindeberg // Encyclopedia of Computer Science and Engineering (Benjamin Wah, ed), John Wiley and Sons, 2008–2009 – №4 – P. 2495–2504.
3. Mikolajczyk, K. Scale and affine invariant interest point detectors. / K. Mikolajczyk, C. Schmid // International Journal of Computer Vision, 2004 – P. 63–86.
4. Mikolajczyk, K. A performance evaluation of local descriptors. / K. Mikolajczyk, C. Schmid // Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005 – P. 1615–1630.
5. Rublee, E. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF / E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, G. Bradski // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2011.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АУДИОСООБЩЕНИЙ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Кисель Е. В.
Кафедра интеллектуальных систем, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kisel.jenya@gmail.com

В данной работе рассматривается алгоритм распознавания аудиосообщений. Представлен прототип распознавания речи в режиме реального времени, реализованный на JavaScript. В работе рассмотрены и используются библиотеки Web Audio API и Pocketsphinx.

Введение

Речь - это последовательность звуков. Звук - это колебания частиц воздушной среды, воздействующих на слуховую систему человека и создающих слуховые ощущения. В настоящее время под понятием «распознавание речи» содержится целая сфера научной и инженерной деятельности. Каждая задача распознавания речи заключается в выделении, классификации и обработке человеческой речи из входного звукового потока. Это может быть и выполнение определенного действия на команду человека, и выделение определенного слова-маркера из большого массива телефонных переговоров, и системы для голосового ввода текста.

Основная задача системы распознавания речи - представление аудиопотока как набора символов. Как правило, распознавание речи не является абсолютно правильным. На это могут влиять такие факторы, как неточность существующих алгоритмов, неполнота используемых словарей и, в не меньшей степени, наличие шумов. В данной работе анализируется эффективность некоторых алгоритмов шумоподавления на основе результатов работы спроектированной системы по распознаванию речи в режиме реального времени.

I. Шумоподавление

Все устройства записи, как аналоговые, так и цифровые, обладают свойствами, которые делают их восприимчивыми к шуму. Шум может быть случайным и не когерентным, то есть не связанным с самим сигналом, или когерентным, вносимым устройствами записи и алгоритмами обработки [1].

В настоящее время существует много способов подавления шума. Самый простой из них - пороговый шумоподавитель. Он блокирует прохождение сигналов в паузах фонограммы, действуя как простой выключатель - либо полностью пропускает входной сигнал на выход, либо полностью его подавляет. В современных моделях задается порог срабатывания, ниже которого сигнал не проходит. Но это не всегда дает необходимый результат, так как во время звучания уровень шума все равно остается довольно высоким и заметным на слух.

Другой способ шумоподавления был распространен несколько лет назад и назывался динамическим ограничителем шума. На основе анализа высоких частот обрабатываемого сигнала происходило их ослабление в том случае, если уровень в исходном сигнале достаточно мал, и ими можно пренебречь. Для этого применялся скользящий адаптивный фильтр, который изменял полосу своего пропускания в зависимости от спектра обрабатываемого сигнала.

С развитием цифровой обработки сигналов широкое распространение получил метод спектрального вычитания. Идея метода заключается в том, что из амплитудно-частотного спектра полезного сигнала вычитается либо указанный заранее, либо выделяемый автоматически спектр чистого шума. Число частотных полос, на которые разбивается сигнал, в зависимости от реализации алгоритма может достигать нескольких тысяч, то есть ширина полосы, в которой ведется обработка, будет составлять единицы Герц. Это позволяет эффективно отфильтровывать гармоники полезного звукового сигнал от шумовых составляющих [1].

II. Алгоритм распознавания речи

В данной работе для распознавания речи создан прототип на основе готовой библиотеки pocketsphinx.js [2].

Библиотека разработана с использованием языка javascript и позволяет осуществлять распознавание речи в реальном времени прямо в браузере конечного пользователя. Принцип работы распознавания основан на использовании скрытых марковских моделей. Основные преимущества такого подхода - высокая скорость и точность распознавания.

Принцип распознавания речи при помощи библиотеки pocketsphinx.js заключается в следующем: необходимо взять аудиопоток, который должен быть предварительно обработан, разделить этот аудиопоток на высказывания молчанием, разобрать, что говорилось в каждом выска-

зывании (берутся всевозможные заданные комбинации слов, сопоставляются с аудио, выбирается наиболее подходящая комбинация) [3].

Для улучшения качества распознавания необходимо обработать входной сигнал. В работе использовано пороговое шумоподавление, описанное ранее.

III. Анализ совпадения речи

Определение совпадения речи состоит из трех концепций: концепция функций, концепция модели, концепция совпадений. Произнесенная речь делится на фреймы - кадры длительностью 10 миллисекунд. Для каждого фрейма определяется вектор признаков, описывающих речь. Для выделения вектора признаков речевого сигнала используется спектральное представление речи, которое можно разделить на два этапа. На первом этапе осуществляется дискретное преобразование Фурье, что позволяет получить частотный спектр речевого сигнала. На втором этапе обрабатывается, улучшается и очищается полученный спектр сигнала. При анализе речевого потока также учитываеются ее изменчивость и динамические особенности речи. Используемые для этого параметры представляют собой производные по времени от основных параметров речи, таких как тембр голоса, скорость речи, изменение интонации [4].

В качестве модели речи часто используются скрытые Марковские модели (Hidden Markov Model). В этой модели процесс описывается как последовательность состояний, которые изменяют друг друга с определенной вероятностью. В любой момент поддерживаются лучшие подходящие варианты и расширяются с течением времени, создавая наиболее подходящие варианты для следующего фрейма.

Скрытая Марковская модель состоит из трех частей. Первой частью является акустическая модель, которая содержит наиболее возможные вектора признаков. Вторая часть - фонетический словарь. В нем хранятся заданные слова в виде фонем. И третья часть - языковая модель, которая определяет, какое слово может следовать за ранее распознанными словами.

Распознавание слов в работе происходит путем сопоставления входного сигнала и заданного фонетического словаря. Количество распознаваемых слов напрямую зависит от словаря, т. е. для увеличения этого самого количества необходимо расширить фонетический словарь.

IV. Результаты распознавания аудиосообщений

Результаты распознавания при различных условиях представлены в таблице 1. Ошибки в распознавании аудиосообщений обусловлены наличием аукстических помех и искажений, наличием речевых помех, разным произношением одних и тех же слов, спонтанной речи, сопровождаемой аграмматизмами и речевым мусором.

Таблица 1 – Результат распознавания

Входной сигнал	Объём выборки	Процент ошибок	Неправильно	Распознано лишнее
С фоновым шумом	50	38%	2%	36%
В тишине	50	18%	0%	18%
Фоновый шум с пороговым шумоподавлением	50	21%	1%	20%

V. Заключение

Таким образом, в работе анализируются сложности, возникающие в процессе распознавания речи, связанные с наличием различного вида шумов. Находясь в помещении без шумов распознавание является правильным. Качество распознавания в значительной степени зависит от «чистоты» входного сигнала, что обуславливает необходимость использования предварительной обработки. Рассмотренное в работе пороговое шумоподавление оказалось не очень эффективным для устранения всех шумов, что требует дальнейших исследований способов шумоподавления.

Разработанный на данный момент прототип имеет лишь ограниченное количество распознаваемых слов. Для увеличения этого количества могут применяться различные способы, в том числе использование онлайн-словаря.

Проектированием прототипа движет цель разработать устройство с уже известными технологиями распознавания без недостатков, присущим уже готовым устройствам.

1. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике. Способы снижения шумов и помех. Москва: Мир, –1991. –246, 446 с.
2. Pocketsphinx [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cmusphinx.github.io/wiki/ - Дата доступа: 20.04.2017.
3. Speech Analysis FAQ [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://svr-www.eng.cam.ac.uk/ – Дата доступа: 25.03.2017.
4. Фролов А. В., Фролов Г. В. Синтез и распознавание речи. Современные решения. М. : Связь, –2003. –186 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАНРОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ АУДИОИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЕЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Сушко А. А., Курочкин А. В.
Кафедра интеллектуальных систем, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: andrewklopz@gmail.com

В данной работе рассмотрена жанровая классификация музыкальных композиций при помощи нейронной сети. Представлены разные способы классификаций аудиоинформаци, рассмотрены возможности библиотеки Web Audio API при анализе аудиоинформации. Приведены результаты простейшей нейронной сети, реализованной на JavaScript.

Введение

Музыкальные жанры – это описания, создаваемые людьми для разделения на категории музыки. Они используются для того, чтобы обозначить сходство между музыкантами или композициями, а также для организации музыкальных коллекций. Слушатели используют жанры для поиска музыки, а также для получения представления о том, понравится ли им та или иная композиция ещё до её прослушивания. В музыкальной индустрии жанры используются для поиска целевой аудитории.

На сегодняшний момент в сети Интернет существует огромное количество музыкальных файлов и различных сервисов, предоставляющих доступ к огромному объему музыки по подписке. Автоматический анализ может стать одной из услуг, с помощью которой владельцы таких сервисов будут привлекать клиентов. В данной статье рассматривается способ построения классификатора музыкальных произведений с использованием нейронной сети. Также рассматриваются сложности, возникающие при реализации такого классификатора, и способы их решения.

I. Сложности классификации по жанрам

Задача точного определения жанра является сложной как для человека, так и для компьютера. Часто не существует общепринятого понимания того, какие характеристики имеет тот или иной жанр, как они коррелируют друг с другом. Еще одной проблемой является то, что разные люди по-разному воспринимают жанры, что приводит к несоответствиям.

Небольшое количество жанров имеет четкое определение, некоторые жанры перекрываются между собой, и отдельные записи могут в разной степени одновременно принадлежать к разным жанрам.

Из всего вышесказанного следует один важный вопрос автоматической классификации по жанрам: какие музыкальные признаки использовать для классификации.

II. Признаки для классификации

Каждое музыкальное произведение характеризуется тремя основными признаками: тембром, ритмом и высотой звука. Тембр – характеристика звука, позволяющая двум звукам с одинаковой высотой и громкостью звучать поразному. Тембральные признаки часто называют низкоуровневыми, так как обычно они вычисляются на коротких отрезках сигнала (от 10 до 60 мс). Основные низкоуровневые признаки, используемые в приложениях для определения жанров:

- Временные признаки – вычисляются из кадров звукового сигнала (частота переходов через ноль, коэффициенты линейного предсказания и т.д.).
- Энергетические признаки – признаки, относящиеся к энергии сигнала (энергия гармонической составляющей спектра сигнала, энергия шумовой части спектра и т.д.).
- Перцептивные признаки – признаки, относящиеся к восприятию (относительная громкость, четкость и т.д.).

Высота – свойство звука, определяемое человеком на слух и зависящее от частоты звука. С увеличением частоты колебаний растёт и высота. Таким образом, высота отвечает за частотные характеристики музыкальной композиции. Ритм часто рассматривается как идея временной регулярности. В более общем смысле, слово «ритм» может использоваться для обозначения всех временных аспектов музыкального произведения. Ритмический рисунок зачастую является важной особенностью того или иного жанра.

III. Реализация нейросетевого классификатора

Учитывая, что музыка – это совокупность несчетного числа звуков, просто так подать ее на вход нейронной сети не выйдет, соответственно, необходимо определить, что именно сеть будет

получать на вход. В качестве опорных данных нужно выделить некоторое представление о частотах звуков, которые используются в музыке. Решение о том, что нужно выделить именно частоты было принято по ряду причин:

- Частотный диапазон для каждого музыкального инструмента различен (табл. 1) [1].
- Чувствительность слуха в зависимости от частоты различна.
- Насыщенность музыкального трека определенными частотами достаточно индивидуальна.

Таблица 1 – Частотные диапазоны музыкальных инструментов

Музыкальный инструмент	Частотный диапазон
Скрипка	196 – 2100 Гц
Акустическая гитара	82 – 1175 Гц
Электрическая гитара	82 – 1570 Гц
Электрическая бас-гитара	41 – 250 Гц
Кларнет	147 – 1570 Гц
Рояль	27 – 4200 Гц

Для выделения частотной насыщенности в треке на каждом временном интервале можно воспользоваться данными быстрого преобразования Фурье. Для получения этих данных из композиции была выбрана библиотека Web Audio API, которая позволяет получать данные FFT и производить анализ в реальном времени [3].

Необходимо определить, на сколько частотных диапазонов делить искомый звук, так как от этого параметра зависит не только то, насколько детализированным будет результат анализа, но и, как следствие, нагрузка на нейронную сеть (ей потребуются большие вычислительные затраты). В ходе проведенного анализа для рассматриваемой задачи выделены 1024 градации, что обеспечивает достаточно детальный спектр и сравнительно небольшой объем информации на выходе [2, 120].

IV. Результаты тестирования классификатора

На вход нейронной сети подавались музыкальные композиции двух различных жанров Rock и Rap, которые распределялись по соответствующим классам. Результаты представлены в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 – Результаты классификации Rock композиций

Музыкальные композиции	Результат классификации
Би-2 – Мы не ангелы	0,9981
Hurts – Illuminated	0,0005
Linking Park – My December	0,9695
Сплин – Мое сердце	0,9314
One republic – Counting stars	0,8874
Linking Park – in the end	0,0004

Таблица 3 – Результаты классификации Rap композиций

Музыкальные композиции	Результат классификации
Kanye West – Power	0,87421
Jay-Z – Marcy Me	0,00046
Стас Михайлов – Ну вот и все	0,00002
Dubstep	0,00371
50cent – A-1	0,99722
Eminem - Warrior	0,99804

По данным таблицы 2 и таблицы 3 можно заметить, что созданный классификатор справляется с поставленной задачей, но также он имеет ошибки первого и второго рода. Это может быть связано с рядом причин:

- Маленькая обучающая выборка.
- Малое количество нейронов в скрытом слое.
- Неэффективная конфигурация нейронной сети.

На разработанном классификаторе было проверено 48 музыкальных композиций. Из них нейронная сеть правильно распознала 35 треков. Ошибок первого рода: 18%. Ошибок второго рода: 9%.

V. Заключение

В данной работе реализован классификатор музыкальных композиций. Исследована работа «простейшей» нейронной сети в задаче классификации музыкальных произведений. Проведен вычислительный эксперимент по классификации музыкальных произведений, представлены полученные результаты.

1. Яцков, Н. Н. Интеллектуальный анализ данных / Н. Н. Яцков / БГУ. – 2014. – С. 100–142.
2. Частотные характеристики музыкальных нструментов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.lexamusic.com/sound/sound1.htm. – Дата доступа: 25.04.2017.
3. Web Audio API [Электронный ресурс] Режим доступаs:http://html5.by/blog/audio/. – Дата доступа: 20.03.2017. .

ОТБОР ЗНАЧИМЫХ ПРИЗНАКОВ МЕТОДАМИ ИЕРАРХИЧЕСКОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Лисица Е. В., Скакун В. В., Яцков Н. Н., Апанасович В.В.
Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ylisitsa@gmail.com

В работе рассматриваются методы иерархического кластерного анализа для выделения значимых признаков объектов, сегментированных на многоканальных люминесцентных изображениях. В ходе исследования были рассмотрены 42 характеристики объектов по форме и цвету. Оптимальная комбинация метода связывания и метрики были отобраны, используя кофенестический коэффициент.

Введение

Результатом сегментации изображения является его бинарная маска, которая содержит границы объектов, используя которую можно произвести их квантификацию, т. е. численно оценить признаки характеризующие объекты. В результате такого преобразования будут получены N объектов-ядер $n_1, n_2, \ldots, n_N$, характеризующиеся набором из K признаков (измеряемых оценок параметров объектов) $X_1, X_2, \ldots, X_K$. Одним из способ снижения количества используемых признаков явялется отбор наиболее значимых из них, например, методом иерархического кластерного анализа.

I. Материалы и методы

В данной работе рассматриваются микрочипы тканей опухолей молочной железы. Изображения представляют собой популяции клеток, окрашенные в зеленые, синие и красные цвета (трехканальные люминесцентные изображения в формате RGB). В цитоплазмах раковых клеток регистрируются процессы с участием белка цитокератина. Белок маркируется цианиновым красителем Cy3 (Cyanines) и регистрируется в зеленом цветовом канале изображения. Красный канал изображения зарезервирован для индикации ядер раковых клеток. В ядрах раковых клеток находится белок эстроген-рецептор , для маркировки которого использован краситель Cy5. Для маркировки ядер использован краситель 4,6-диамидино-2-фенилиндол дигидрохлорид (DAPI) и для него зарезервирован синий канал. Размер изображений 20482048 пикселей в каждом из трех каналов, размер пикселя 0.2 мкм/пиксель. Сегментация изображений проводилась улучшенным методом пороговой обработки с автоматической оценкой размеров сегментированных объектов[1]

Для описания формы сегментированных объектов выбраны опубликованные в литературе параметры [2, 3]: Площадь объекта (S);Периметр (Perimeter); Полная площадь (FilAR); Эквивалентный диаметр (*Deq*); Округлость (*Round*), ; Выпуклая площадь (*ConvexA*); Плотность (*Solid*); Длина (*Height*); Ширина (*Width*); Большая (*Major*) и малая (*Minor*) оси характеристического эллипса; Эллиптичность (*AR*); Округлость эллипса (*Circ*); Эксцентриситет характеристического эллипса (*Eccen*); Коэффициент заполнения (*Exten*); степень изогнутости границы объекта (*OUR*)

Для описания положения объектов в пространстве используются следующие параметры:Координаты центра масс *(X,Y)*; Координаты начала (верхний правый угол) характеристического прямоугольника *(BX,BY)*; Координаты граничной точки исследуемого объекта относительно правого верхнего угла изображения *(XSatrt, YSatrt)*; Угол между осью абсцисс и основной осью характеристического эллипса *(Angle)*.

Параметры интенсивности люминесценции в цветовых каналах. Для описания полученных распределений использовались стандартные параметры интенсивности флуоресценции: 1. Минимальное и максимальное значение интенсивностей в каждом цветовом канале (*MAX_R*, *MIN_R* – для красного канала R; *MAX_G*, *MIN_G* –для зелёного канала G; *MAX_B*, *MIN_B* – для синего канала B).

2. Среднее значение и среднеквадратичное отклонение интенсивности флуоресценции в цветовом канале (*MEAN_R, STD_R* – для красного канала R; *MEAN_G, STD_G* – для зелёного канала G; *MEAN_B, STD_B* – для синего канала B).

3. Медиана, 25, 75 % перцентили интенсивности флуоресценции (*MED_R, Q1_R, Q3_R* – для красного канала R; *MED_G, Q1_G, Q3_G* – для зелёного канала G; *MED_B, Q1_B, Q3_B* – для синего канала B).

Для сравнительного анализа разработанных методов ИАД произвольным образом выбраны девять экспериментальных изображений. Эталонная выборка сформирована экспертным путем. Для характеристики объектов ядер клеток выбрано 42 признака, показанных в таблице 1. На предварительной стадии анализа используется иерархический метод кластерного анализа для выделения основных групп признаков, характеризующих объекты.

Таблица 1 – Порядковые номера для обозначения признаков

Признак	N	Признак	N	Признак	N
S	1	X	2	Y	3
$Perimeter$	4	BX	5	BY	6
$Width$	7	$Height$	8	$Major$	9
$Minor$	10	$Angle$	11	$Circ$	12
AR	13	$Round$	14	$XSatrt$	15
$YSatrt$	16	$FilAR$	17	$ConvexA$	18
$Solid$	19	$Exten$	20	OUR	21
MAX_R	22	MIN_R	23	$MEAN_R$	24
STD_R	25	MED_R	26	$Q1_R$	27
$Q3_R$	28	MAX_G	29	MIN_G	30
$MEAN_G$	31	STD_G	32	MED_G	33
$Q1_G$	34	$Q3_G$	35	MAX_B	36
MIN_B	37	$MEAN_B$	38	STD_B	39
MED_B	40	$Q1_B$	41	$Q3_B$	42

В методе иерархического кластерного анализа необходимо задать: меру сходства, способ кластеризации, число кластеров. Для сравнения двух объектов n_i и n_j используются расстояния: Евклидово (d_2); города (d_H); Минковского (d_{Mnkw}); косинусное (d_{cos}); корреляционное (d_{cor}). Для связывания объектов в кластеры существуют методы: ближнего соседа, дальнего соседа, средней связи, медианной связи. Кофенетический корреляционный коэффициент k служит для определения эффективности степени близости кластеров и методов связывания. Если коэффициент k близок к 1, то построение иерархического дерева считается успешным[4].

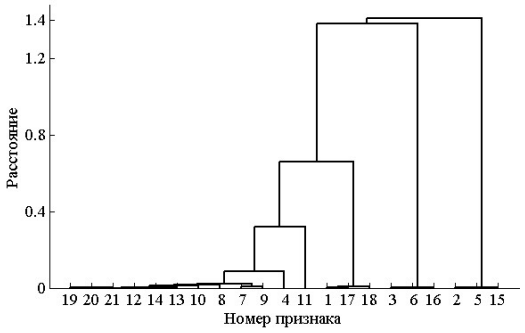


Рис. 1 – Дендрограмма признаков формы

II. Результаты

Для определения наиболее оптимальной комбинации метода связывания и метрики для различных способов кластеризации данных рассчитаны кофенестические коэффициенты,наилучше построение дендрограммы для признаков объектов изображения получено для расстояния Минковского и метода ближнего соседа $k = 0,99913$. Так как часть групп содержит только признаки цвета, а другая часть групп содержит только признаки формы, то для дальнейшего анализа целесообразно исследовать отдельно признаки формы и признаки цвета. Наилучшее значение кофенестического коэффициента для параметров формы были получены при использовании d_{cos} и метода средней связи. На рис. 1 показана дендрограмма признаков формы объектов построенная по всем изображениям.

Анализ дендрограммы признаков формы позволяет выделить 8 групп параметров:1 - $Width, Major$; 2 - $Height, Minor$; 3 - $Round, Circ, AR, OUR, Solid, Exten$; 4 - $Perimeter$; 5 - $S, FilAR, ConvexA$; 6 - $Angle$; 7- $Y, BY, YStart$; 8 - $X, BX, XStart$.

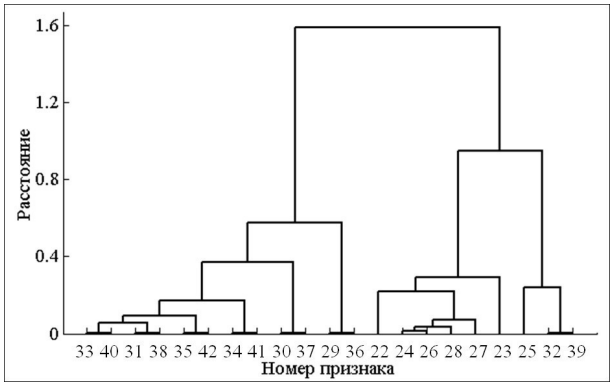


Рис. 2 – Дендрограмма признаков цвета

Для построения дендрограммы признаков цвета необходимо использовать расстояние dcor и метод средней связи, их кофенестически коэффициент слставляет $k = 0,99693$. Анализ дендрограммы признаков цвета позволяет выделить 4 группы параметров: 1 - MAX_G, MAX_B; 2 - STD_R, STD_G, STD_B; 3 - $MAX_R, MIN_R, MEAN_R, MEDIAN_R, Q3_R, Q1_R$; 4 - $MED_G, MED_B, MEAN_G, MEAN_B, Q3_G, Q3_B, Q1_G, Q1_B, MIN_G, MIN_B$. Параметры с равномерным законом распределения $(Y, BY, YSatrt, X, BX, XSatrt, Angle)$ не являются информативными поэтому их можно исключить из дальнейшего анализа. Из каждой группы признаков для дальнейшего описания объектов достаточно отобрать по одному признаку, таким образом, для описания объектов можно использовать только 9 признаков из имеющихся 42: $S, Perimeter, Width, Height, Circ, MAX_G, STD_B, MED_R, MED_G$.

III. Литература

1. Алгоритм автоматической сегментации границ ядер раковых клеток на трех-канальных люминесцентных изображениях / Лисица Е. В., Яцков Н. Н., Апанасович В. В., Апанасович Т. В. // :Журнал прикладной спектроскопии. – 2015. – Номер. 82(4). – Стр. 598-607.
2. Schindelin J. R. C. T., Hiner M.C., Eliceiri K.W. The ImageJ ecosystem: An open platform for biomedical image analysis // Mol Reprod Dev. 2015 T. 82. C. 518-529.
3. Kamentsky L. J. T. R., Fraser A., Bray M.A., Logan D.J., Madden K.L., Ljosa V., Rueden C., Eliceiri K.W., Carpenter A.E. Improved structure, function and compatibility for CellProfiler: modular high-throughput image analysis software // Bioinformatics. 2011. T. 27, № 8. C. 1179-80.
4. Интеллектуальный анализ данных/ Н. Н. Яцков – Минск: БГУ, 2014. – 151 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

Михальчук О. Л., Садов В. С.
Кафедра интеллектуальных систем, факультет радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь
E-mail: olgamirko97@gmail.com

Данная работа посвящена актуальной проблеме распознавания эмоций человека по изображению лица. Проведено исследование существующих информационных моделей, описывающих проявление эмоций в мимике. Разработан алгоритм распознавания эмоций по фотографии, подготовлен «графический препарат» объектов изображений с помощью предварительной обработки изображений в системе MATLAB. Оценены результаты и дальнейшие пути развития.

Введение

При любом взаимодействии людей в первую очередь необходимо правильно воспринимать реакцию другого человека, его истинные намерения и состояние. Выражение лица занимает центральное положение в экспрессивном поведении.[1]

Способность распознавания эмоций может быть с успехом применена в изучении эмоций у потребителя, телекоммуникациях, видеоиграх, анимации, психиатрии, автомобильной безопасности, обучающих компьютерных программах, коммуникации роботов с человеком, использоваться для проведения научных исследований, количественной и качественной оценки эмоций человека психиатрами, клиническими психологами и др.

При решении задачи определения эмоции, особенно скрываемой, специалисты-психологи сталкиваются с рядом проблем, таких как сложность современных визуальных методик, увеличивающая трудозатраты по обучению таких специалистов, возможность появления ошибки в их работе, отсутствие стандарта мимических картин, субъективность мнения эксперта, физиологические ограничения человека в восприятии микроэмоций и др. Автоматизация процесса распознавания эмоций позволяет избежать перечисленные проблемы.

I. Проявление эмоций и определение канала для исследования

Переживание эмоциональных состояний – грусти, счастья, гнева, удивления и т.п. – всегда имеют определенное внешнее или внутреннее проявление. Можно выделить шесть основных каналов внешнего проявлений эмоций: субъективное выражение, поведение, речь, вегетативные и биохимические признаки, поза или движения, мимика.[2] Именно мимика выбрана в работе как канал для исследования и автоматизации определения переживаемой субъектом эмоции, так как она обладает следующими преимуществами:

- информативность;
- точность;
- универсальность;
- сложность фальсификации;
- удобство фиксации для исследования (с помощью фотографий);
- широкий круг технологий для анализа.

II. Существующие подходы

С одной стороны, существующие подходы к распознаванию используют три характерных признака: уровень серого, движение и частоты. С другой стороны, методы распознавания можно разделить на три области: целостные и локальные распознавания, улавливания деформации и движения, геометрические характеристики и характеристика внешности.

Методы целостных распознаваний анализируют эмоции человеческого лица в целом, чтобы затем найти разницу между разными изображениями: Principal Component Analysis (PCA), Independent Component Analysis (ICA), Fisher's Linear Discriminants (FLD), Local Feature Analysis (LFA), Fisher Actions, Hidden Markov Models и кластерный анализ.

Методы локальных распознаваний анализируют отдельные части лица, например: рот, брови и глаза. Типичные методы: Facial Actions Code System (FACS), Local PCA, Вейвлеты и Нейронные сети.[3]

III. Разработанная модель определения эмоции

Созданный в данной работе алгоритм опирается на следующий подход к процессу распознавания эмоции:

1. Предварительная обработка изображения лица: полутоновой вид, медианная фильтрация, выделение контуров (наибольшую эффиктивность показали методы Превитта и Робертса).
2. Выделелеление контрольных точек. Для глаз: центральная точка зрачка, точка конечника брови, точка, имеющая наиболь-

шую координату по вертикальной оси (наиболее «поднятая» точка брови) и наиболее близкая к переносице точка брови (точки A, B, C, D соответственно, см. рис. 1); для рта: точки, расположенные по середине нижних границ губ (если рот сомкнут – они совпадают), центральная точка рта и конечники губ (точки A1, B1, C1, D1, E1 соответственно).

3. Сравнениние геометрического положения ключевых точек с «эталоном» - нейтральным выражением лица рассматриваемого человека.
4. Принятие решения о выборе эмоции (см. табл. 1).

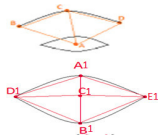


Рис. 1 – Контрольные точки изображения глаза и рта

Таблица 1 – Характеристики формы брови и рта при различных эмоциях

Эмоция	Бровь	Рот
Грусть	Конечник снизится	Конечники снижаются
Счастье	Пригибается	Конечники поднимаются
Гнев	Снизится и сморщится	Открывается и растягивается, конечники снижаются
Отвращение	Снизится	Сжимается и конечники снижаются
Страх	Поднимается и сморщится	Открывается и растягивается
Удивление	Поднимается	Открывается

IV. Проведение эксперимента, подведение итогов

Для работы программы в системе Matlab использовались фотографии глаз и рта Михальчук О. Л. при различных эмоциях. При этом первая фотография, выражающая нейтральную эмоцию, использовалась в качестве эталона для сравнения. После применения алгоритма, описанного в предыдущей главе, имеем следующий однозначный и достоверный результат: вторая фотография соответствует грусти, третья – счастью, четвёртая – гневу, пятая – отвращению, шестая – испугу, седьмая – удивлению (см. рис. 2 и рис. 3).

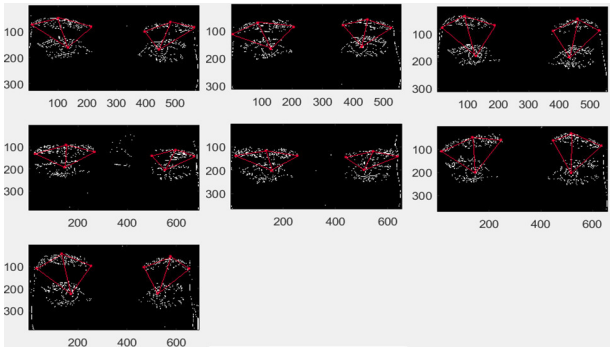


Рис. 2 – Результат обработки изображений глаз

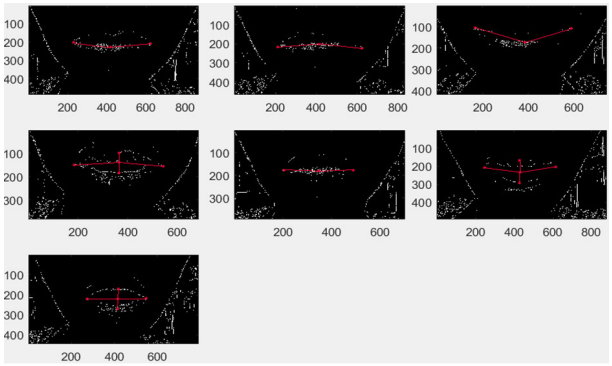


Рис. 3 – Результат обработки изображений рта

Данный алгоритм успешно справляется с «идеальной» подборкой фотографий, однако не учитывает множество особенностей, связанных с индивидуальными характеристиками человека, его проявлением эмоций, с положением и масштабом изображения лица на фотографии и т д. В связи с этим, предусмотрены следующие пути развития данной системы:

- комбинирование алгоритма с другими подходами к определению эмоций по ключевым точкам, для того, чтобы система смогла учитывать индивидуальные особенности человека;
- внедрение способов, позволяющих избежать использование «эталона» в виде изображения лица с нейтральной эмоцией;
- использование в системе технологий, позволяющих работать с разным масштабом фотографий, различным положением и углом поворота лица.

V. Список литературы

1. Анохин П. К. Эмоции // Психология эмоций: Тексты. – М., 1984. – 542с.
2. Мурачковский Н. В. Об особенностях некоторых мыслительных операций в условиях эмоциональной напряженности (эмоционального стресса) // Психология.– 2006г. №4, С. 25 – 28.
3. Cuiping Z., Guangda S. Human face recognition: A survey // Journal of Image and Graphics, 2000, 11, pp. 103 - 111.
4. Электронный журнал «Молодёжный Научно-Технический Вестник» ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н. Э. Баумана». Эл No. ФС77 - 51038. Статья «Автоматическое распознаваний эмоций пользователя для организации интеллектуального интерфейса», автор – Ян Си

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «АНАЛИТИЧЕСКИЕ СЕРВИСЫ БИЗНЕСМЕНА (АСБ)»

Змитрович А. И., Кривко-Красько А. В., Терещук А. Н., Зборовский С. Н., Цегельный В. С.
Компания ITransition
Институт бизнеса и менеджмента технологий Белорусского государственного университета
Компания IBA «Международный деловой альянс»
Бизнес-компания СЭТКОМ
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: azmitrovich@mail.ru

Рассматривается приложение поддержки принятия финансово-экономических решений для повышения эффективности бизнес-операций. Представлены актуальность, задачи, категории пользователей, а также направления развития мобильного приложения «Аналитический сервис бизнесмена (АСБ)».

Введение

Сегодня сложно успешно управлять средней или крупной организацией, не прибегая к специализированным системам поддержки принятия финансово-экономических решений. За последнее время разработано множество крупных консолидированных систем, которые берут на себя автоматизацию таких подсистем управления предприятием, как управление кадрами, логистика, финансовое управление, управленческий учет и т. п. Среди поставщиков подобных систем можно перечислить крупнейшие корпорации мира: SAP, Oracle Applications, Infor Global Solutions, Microsoft и др. Принимая во внимание достоинства таких систем, нельзя не отметить высокую стоимость, а также необходимые средства для внедрения и поддержки продуктов. В организациях, которые не пользуются в своей работе крупными автоматизированными средствами управления, среди руководителей, финансовых менеджеров и бухгалтеров существует потребность в простой в использовании, несложной функционально, системе анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия, которая позволила бы ознакомиться с принципами автоматизации финансового менеджмента, применять результаты анализа на практике. К таким системам относится мобильное приложение «Аналитические сервисы бизнесмена (АСБ)».

I. Задачи мобильного приложения

Приложение АСБ решает следующие задачи:

1. Проведение вычислительных операций и анализа бизнес-деятельности наиболее популярными методами, а также автоматического формирования предложений по повышению ее эффективности для поддержки принятия решений бизнесменом или любым человеком;
2. Изучение моделей, методов и ознакомление с сущностью анализа и оценки бизнес-деятельности для повышения финансовой грамотности и умелого применения мобильного приложения и аналитических сервисов бизнеса.

Покупателями мобильного приложения АСБ будут активные к предпринимательской деятельности люди, бизнесмены, менеджеры, выпускники вузов и средних специальных учебных заведений, студенты, учащиеся и школьники, которые проявляют интерес к предпринимательству и бизнесу. Мобильное приложение АСБ позволит им ознакомиться с сущностью предлагаемого сервиса и воспользоваться предлагаемым сервисом для вычислений и получения аналитических выводов с целью принятия эффективного бизнес-решения.

Покупателями приложения АСБ будут как пользователи Ios, так и пользователи Android в возрасте от 16 до 65 лет.

Информация до клиентов будет доноситься через приложения AppStore и GooglePlay. Реклама с помощью групп Вконтакте и Яндекс.Директ и др. Мобильное приложение АСБ состоит из множества аналитических сервисов, цена каждого из которых равна 1 доллар США (по курсу в нац. валюте).

II. Актуальность мобильного приложения

Эффект мобильных приложений для бизнеса заключается в автоматизации и поддержке процессов принятия решений, то есть выполнение вычислительных операций и на их основе автоматическое формулирование выводов бизнесмену или человеку для принятия решений.

Особенно актуальным представляется это приложение в настоящее время для Беларуси и России, экономики которых нуждаются в существенном повышении их эффективности, на что и нацелено мобильное приложение. Ведь с его помощью можно существенно повысить эффективность деятельности, как отдельного менеджера, компании, так и любого человека, экономики в целом.

Мобильное приложение АСБ имеет большие перспективы развития в сфере управления предпринимательской деятельностью, микро, малым и средним предприятием, в банковской деятельности, в маркетинге и управлении продажами и пр.

Приложение АСБ разрабатывается с помощью современных информационных технологий, а автоматическое формулирование выводов осуществляется посредством нечетких продукционных правил искусственного интеллекта.

III. Рынок покупателей мобильного приложения

В соответствии с официальной статистикой количество микро, малых, средних предприятий и индивидуальных предпринимателей на 01.01.2017 года в Республике Беларусь (348 200 ед.) и в России (5 523 625 ед.) составляет в настоящее время в сумме примерно 6 млн. единиц. Именно эта группа предприятий является наиболее потенциальным потребителем сервиса АСБ. Еще одна группа потенциальных потребителей — это люди в возрасте 20–50 лет, количество которых в двух странах составляет примерно 72 734 000 ед. Без учета вышеуказанной численности бизнесменов получаем 66 734 000 ед. Пусть даже 1% этих людей купит один сервис АСБ, то вместе с вышеуказанными цифрами это составит свыше 6,5 млн. ед.

IV. Категории пользователей мобильного приложения

Категории потенциальных пользователей, заинтересованных в приложении АСБ:

1. Пользователи мобильного приложения на смартфонах с операционной системой IOS или Android;
2. Студенты и магистранты университетов специальностей «Менеджмент», «Инновационный менеджмент», «Финансы и кредит», «Банковское дело» и др.;
3. Учащиеся школ и средних специальных учебных заведений;
4. Действующие бизнесмены и менеджеры различных уровней;
5. Люди, стремящиеся заняться бизнесом.

Как видно из выше представленного списка категорий пользователей приложения, мобильное приложение «Аналитические сервисы бизнесмена (АСБ)» предназначено не только для руководителей и сотрудников предприятий, но также и для учащихся учебных заведений. С помощью такого приложения студент, магистрант и даже школьник может смоделировать финансовую деятельность начиная с простого проекта и заканчивая предприятием, а также вычислить и получить аналитические выводы с целью принятия эффективного бизнес-решения как возможно один из будущих руководителей предприятия. Выводы и предложения, которые предлагает в качестве результата мобильное приложение, позволит пользователю быть уверенным в принятии серьезных управленческих решений. Подробные графики и диаграммы (в некоторых сервисах мобильное приложение дополнительно использует графическое представление данных) позволят наглядно представить пользователю результаты вычислений.

V. Совершенствование и дополнение приложения

Первая версия мобильного приложения будет включать пять аналитических сервисов:

1. Эффективная процентная ставка (по депозитам и кредитам);
2. Расчет процентной ставки по кредиту в условиях инфляции;
3. Экспресс-анализ бизнес-сделки (от выручки до показателей эффективности);
4. Калькуляция бизнес-сделки;
5. Важнейшие финансово-экономические показатели деятельности предприятия.

После завершения работ по первой версии приложения планируется его совершенствование и дополнение новыми аналитическими сервисами, которые позволят пользователю приложения получать более детализированную информацию с подробными рекомендациями для улучшения финансово-хозяйственной деятельности анализируемого проекта или данных предприятия.

VI. Заключение

Таким образом, мобильное приложение «Аналитические сервисы бизнесмена (АСБ)» является очень важным инструментом в принятии управленческих решений, а также в обучении будущих руководителей на разных ступенях образования.

VII. Список литературы

1. Информационные технологии для финансовых менеджеров / А. И. Змитрович, А. В. Кривко-Красько, М. В. Комар [и др.]. – Минск: Издательство Белорусского государственного университета, 2009. – 479 с.
2. Lobanova, E. N., Zmitrovich, A. I., Voshevoz, A. A., Krivko-Krasko, A. V. Financial decision making support system. / E. N. Lobanova, A. I. Zmitrovich, A. A. Voshevoz, A. V. Krivko-Krasko // XX International Congress – AEDEM'2010. «Global Financial & Business Networks and Information Management Systems», Minsk. – 2010. – P. 341–346.

МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Ивашенко В. П.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivashenko@bsuir.by

В статье рассматриваются универсальные модели обработки информации, операции и команды, а также построенная на их основе программная модель машины Тьюринга

Введение

В системах, ориентированных на решение задач [1], используются разные модели и формализмы [2], направленные на решение задач заданного класса, среди которых можно выделять обеспечивающие решение задач менее или более широких классов [3]. Особый интерес представляют универсальные модели [3], способные обеспечить интеграцию различных моделей решения задач [2]. Многие из этих моделей представляют в основном теоретический интерес [4], так как не всегда удобны или пригодны для практического использования, однако, нет оснований отрицать, что практическое использование подобных моделей в интеллектуальных системах решения задач является востребованным и целесообразным. Вместе с тем, следует отметить, что зачастую при практической реализации формализмов и моделей, которые в соответствии со спецификацией полагаются универсальными, упускаются из виду важные технические аспекты, вследствие чего универсальность этих моделей остаётся существовать только теоретически, а практически пользователь получает ограниченную и неуниверсальную систему, при достижении пределов возможностей которой приходится начинать разработку новой системы или её версии, требующую существенных трудозатрат, связанных в том числе с переносом данных и задач пользователя.

I. Модели обработки информации, ориентированные на работу с памятью

Предложенные в [5] логические и арифметические модели обработки информации (МОИ), являются конечными и вследствие этого, несмотря на полноту, неуниверсальными. Для того, чтобы обеспечить универсальность, эти модели расширяются до модели, в которой поддерживаются операции адресной арифметики и адресного доступа к линейно адресуемой памяти, которая полагается неограниченной именно с целью обеспечения универсальности. На практике существуют объективные технические ограничения, которые не позволяют реализовать бесконечную память или легко обеспечить её неограниченность, достраивая её «на лету». Однако, известны подходы, решения, позволяющие существенно минимизировать перепрограммирование и затраты на перенос данных и задач в системах, допускающих масштабирование [6], которое в рассматриваемом случае касается информационного объёма памяти. Эти подходы и решения связаны с организацией системы команд, которые абстрагируются от особенностей текущей физической реализации вычислительной системы. Таким образом, команды системы команд адресной арифметики и адресного доступа к памяти должны быть абстрагированы от реализационных ограничений на информационный объём физически доступной в текущий момент памяти.

Система команд адресного доступа, строится на основе модели адресного доступа к памяти, которая состоит из n ($\leq 2^d$) адресных регистров неограниченной разрядности, и линейно упорядоченного набора ячеек памяти, которая также двусторонне неограничена. Однако, при конкретной реализации допускается использовать ограниченное количество разрядов (не меньшее чем значение d) и ячеек памяти (не менее чем 2^d): младшие d разрядов любого адресного регистра являются аргументами логических и арифметических операций, которые вместе с операциями адресных арифметики и доступа входят в объединённую систему команд. В случае, когда разрядов адресных регистров или ячеек памяти становится недостаточно, процесс вычислений прерывается до тех пор, пока не будет подготовлена реализация с достаточным количеством требуемых ресурсов. При прерывании состояние машины сохраняется, это сохранённое состояние впоследствии загружается (копируется) на подготовленную реализацию и вычислительный процесс возобновляется, при этом не требуется вносить никаких изменений ни в программы, ни в данные. Для того, чтобы отследить когда необходимо прервать процесс, в каждую реализацию вводится пара значений *minor* и *major*, с учётом которых строится реализация операций адресной арифметики: увеличение и уменьшение значений адресных регистров (см. табл. 1 и 2), максимум, минимум, операции условного перехо-

да и другие адресные операции. Модель вычислений предполагает, что команды хранятся наравне с данными в общей памяти, поэтому один из адресных регистров (нулевой) используется в качестве адресного регистра исполняемой команды.

Таблица 1 – Команда вида *add_pointer*

$\langle\#1\rangle\backslash P[\#2]$	$\leq major-\langle\#1\rangle$	$>major-\langle\#1\rangle$
$\leq major-P[\#2]$	$P[\#2]+=\langle\#1\rangle$	-
$>major-P[\#2]$	-	прерывание; сохранение состояния

Таблица 2 – Команда вида *sub_pointer*

$\langle\#1\rangle\backslash P[\#2]$	$<minor+\langle\#1\rangle$	$\geq minor+\langle\#1\rangle$
$\leq P[\#2]-minor$	-	$P[\#2]-=\langle\#1\rangle$
$>P[\#2]-minor$	прерывание; сохранение состояния	-

II. Программирование универсальной машины Тьюринга

Чтобы показать универсальность совокупности предложенных моделей обработки информации, рассмотрим реализацию на их основе такой вычислительной системы, как машина Тьюринга (МТ). Для чего требуется ответить на несколько вопросов: «как запрограммировать (универсальную) машину Тьюринга?», «как распределить память и обеспечить доступ к бесконечной ленте?», «как организовать хранение программы МТ в памяти?». Программирование осуществляется с помощью предложенной системы команд. Память распределяется блочным образом (см. рис. 1—3). Хранение команд программы МТ (см. рис. 4) сводится к хранению проверяемого и записываемого символов (0 или $2^{32}-1$), направления перехода к следующей ячейке (0, 1 или $2^{32}-1$) и смещения (занимает необходимое количество ячеек) до блока команд (следующего внутреннего состояния) МТ от начального.

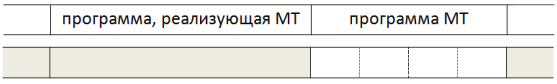


Рис. 1 – Общий вид, разбиение памяти на блоки (вверху) и блочное хранение программы МТ (внизу)



Рис. 2 – Блочное хранение команд программы МТ

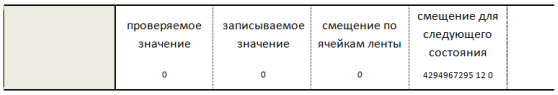


Рис. 3 – Структура блока команды программы МТ

```
0 0     0     2^32-1 132  0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 12  0
0 0     1     2^32-1 24   0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 96  0
0 2^32-1 2^32-1 2^32-1 36   0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 24  0
0 0     2^32-1 2^32-1 48   0  2^32-1 2^32-1   2^32-1  2^32-1 36  0
0 0     2^32-1 2^32-1 48   0  2^32-1 2^32-1   2^32-1  2^32-1 60  0
0 0     1     2^32-1 12   0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 72  0
0 0     1     2^32-1 84   0  2^32-1 0        1       2^32-1 72  0
0 0     1     2^32-1 84   0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 24  0
0 2^32-1 1    2^32-1 96   0  2^32-1 2^32-1   2^32-1  2^32-1 108 0
0 0     0     2^32-1 132  0  2^32-1 0        1       2^32-1 120 0
0 2^32-1 0    2^32-1 132  0  2^32-1 2^32-1   1       2^32-1 120 0
2^32-1 2^32-1
```

Рис. 4 – Код программы МТ добавления единицы к строке единиц и её данные



Рис. 5 – История состояния регистров (слева) и фрагмент истории состояний памяти (справа) работающей МТ (данные изображены белым)

Заключение

Важным является то, что объединённая система команд, способная обеспечить реализацию универсальных вычислительных систем, имеет в своём наборе команды, которые соответствуют востребованным и практически используемым командам в современных компьютерных архитектурах, что позволяет легко совмещать классическое программирование и поддержку универсальных моделей решения задач.

Система команд и демонстрационный пример МТ (см. рис. 5 и рис. 6) реализованы средствами JavaScript (https://bitbucket.org/version/openjsvvm/).

1. Wolfram, S. Jeopardy, IBM, and Wolfram|Alpha. Mode of access: http://blog.stephenwolfram.com/2011/01/jeopardy-ibm-and-wolframalpha/ Date of access: 17.09.2017.
2. Luger, G. Stubblefield, William (2004), Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (5th ed.), The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., p. 720.
3. Wolfram, S. A New Kind of Science. Champaign, IL: Wolfram Media, Inc. 2002. p. 1197.
4. Zaitsev D. A. Toward the Minimal Universal Petri Net, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2014, Vol. 44, No. 1, pp. 47—58.
5. Ивашенко, В. П. Модели обработки информации в интеллектуальных системах, основанных на семантических технологиях / В. П. Ивашенко, А. С. Бельчиков, А. П. Еремеев // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 26 октября 2016) / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. — Минск: БГУИР, 2016. — С. 106—107.
6. FitzRoy-Dale, N. The VLIW and EPIC processor architectures, Master Thesis, New South Wales University, 2005.



Рис. 6 – История состояний памяти с работающей МТ

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Нестереня И. Г., Махнач Н. С.
Кафедра "Информационные технологии Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: igor.nesterenya@gmail.com, AlienaAngel@gmail.com

В последние несколько лет применение нейронных сетей становится всё болие широким. Новые инструменты открывают новые возможности, в том числе в творчестве человека. В данной публикации представлен способ получения уникальных изображений, с помощью нейронной сети, с использованием простого рисунка-шаблона, созданного человеком. Данный подход открывает новые возможности для современного творчества.

Введение

Нейронные сети эффективно позволяют решать задачи, без формальной постановки, обучаясь на примерах. Свёрточные нейронные сети позволяют эффективно работать с изображениями, хорошо справляясь с задачами классификации содержимого. Также они могут быть использованы для выделения признаков изображения, на каждом свёрточном слое выделяются всё более детальные признаки [1]. При применении нейронных сетей часто возникает проблема в интерпретации результатов. Поэтому были предложены различные варианты визуализации активации нейронов [2].

Узнать, как нейронная сеть выделяет признаки стало возможным с появлением deconvnet [2]. Возможность понимать и влиять на то, что учит нейронная сеть, послужило началом для большого числа работ, которые затронули ещё одну деятельность человека: изобразительное искусство.

Способность творить присуща человеку, но не представляется возможным описать математические модели для создания музыки или картины. В текущем состоянии нейронная сеть не способна создать уникальное произведение искусства, но и не каждый человек способен сделать это. Поэтому в данной работе предлагается творческое сотрудничество человека и "умной"программы для получения визуально красивых результатов.

I. Перенос стиля с помощью нейронных сетей

Первые идеи создания изображений с помощью нейронных сетей возникли при решении практической задачи – интерпретация результатов.

В основе стилизации изображений лежит идея генерации карты активации нейронов, которая будет похожа на исходное изображение [3]. Эта карта будет показывать пространственное расположение основных признаков входного изображения. Основная идея – брать определённый слой и минимизировать сумму невязок со входным изображением. Если на вход подавать белый шум, то на выходе будет получена карта активации нейронов похожая на исходное избражение. В зависимости от выбранного для минимизации слоя возможны разные искажения: потеря цвета, искривлённые прямые линии. Чтобы уменьшить такие изменение, следует добавить ещё слоёв.

После получения признаков возникает вопрос, можно ли как-то сохранить стиль непривязанный к пространственному положению и както восстановить изображение, используя этот стиль. В нескольких публикациях [3–6] было предложено брать тензор на выходе из некоторого слоя, разворачивать по пространственным координатам и посчитать матрицу ковариации. Таким образом это можно назвать аппроксимацией распределения признаков.

Объединяя две функции стоимости, из белого шума будем генерировать такое изображение, что в нем будут сохранены признаки из исходного изображения, а также будут присутствовать "стилевые"признаки, не привязанные к пространственным координатам. Поскольку первое изображение имеет привязку признаков к пространственным координатам, то остаются основные черты объектов изображенных на нём, но будут перерисованы с использованием извлечённым стилем из другого файла.

II. Подготовка шаблона и подбор стилевого файла

Для получения "красивого"итогового изображения, нужно создать шаблон, на котором, обычно достаточно изобразить основные черты объектов. Если на изображении не будет деталей, то нейронная сеть не сможет выделить признаки и перенести на них стиль. Были проведены попытки стилизации разных изображений с разными параметрами. Сложность задачи стилизации заключается в проблеме описания понятия "красиво". Нейронная сеть не может просто добавить какой-то объект, если на исходном изображении

полностью отсутствуют какие-то детали. Например, если часть изображения имеет равномерную заливку. Но если добавить мелких деталей или шумов, то можно получить интересные результаты (см. рис. 1). При создании шаблона от человека не требуется навыков в рисовании, достаточно рисовать основные объекты и черты изображения, которые будут стилизованы по примеру похожих изображений.

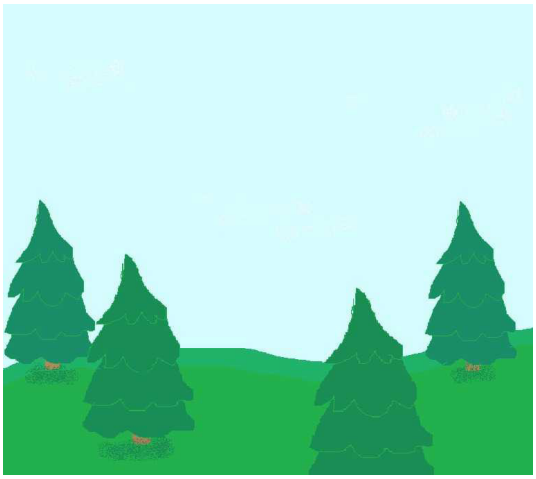


Рис. 1 – Изображене-шаблон

Стоит обратить внимание, что на изображении-шаблоне присутствуют мелкие детали на изображении неба и травы. Эти детали позволяют сети применить стиль к этим участкам. Можно варьировать разными деталями, таким образом достигая различных результатов.

Подбирать стилевой файл следует таким образом, чтобы содержимое изображения было близко к тому, что стилизуется. Например, если на изображении, которое необходимо стилизовать, нарисован лес, то лучше всего в качестве стиля выбрать изображение похожей тематики.

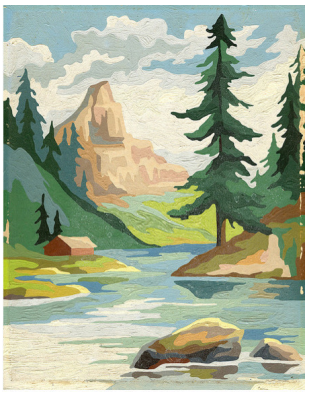


Рис. 2 – Стилевой файл

В результате переноса стиля получается изображение с основными чертами исходного файла, но в стиле второго файла.



Рис. 3 – Результат стилизации

Полученное изображение преобрело черты картины нарисованной маслом. В результате создание "красивого"изображения является творческой работой, здесь нельзя формально описать, что будет оценено человеком.

III. Выводы

Использование нейронных сетей открывает новый простор для творчества. Не обладая профессиональными навыками художника, можно получить качественные изображения. Полученные изображения не будут иметь авторских прав, и их можно применить в любом проекте: вебсайт, игры или иллюстрации к книге. Это даёт возможность создавать иллюстрации без специальных навыков в рисовании. Всё, что нужно, – это создать шаблон и найти подходящий стиль. Также интересным применением представленного подхода является стилизация детских рисунков: простым применением нейронной сети можно получить оригинальные изображения.

1. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks //Advances in neural information processing systems. – 2012. – С. 1097-1105.
2. Zeiler M. D., Fergus R. Visualizing and understanding convolutional networks //European conference on computer vision. – Springer, Cham, 2014. – С. 818-833.
3. Gatys L. A., Ecker A. S., Bethge M. A neural algorithm of artistic style //arXiv preprint arXiv:1508.06576. – 2015.
4. Gatys L., Ecker A. S., Bethge M. Texture synthesis using convolutional neural networks //Advances in Neural Information Processing Systems. – 2015. – С. 262-270.
5. Ulyanov D. et al. Texture Networks: Feed-forward Synthesis of Textures and Stylized Images //ICML. – 2016. – С. 1349-1357.
6. Jing Y. et al. Neural Style Transfer: A Review //arXiv preprint arXiv:1705.04058. – 2017.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

Ивашенко В. П.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivashenko@bsuir.by

В статье рассматриваются виды процессов обработки знаний, подходы, структуры и алгоритмы протоколирования событий в этих процессах

Введение

Важным качеством интеллектуальных систем, управляемых знаниями, является способность объяснять своё решение, на основании каких знаний оно было принято. Способность объяснить своё решение, наличие знания о нём и его предпосылках, соответствующие интроспективные способности являются одними из существенных отличительных признаков систем, обладающих признаками искусственного сознания, от систем искусственного интеллекта [1]. С другой стороны решение задач в интеллектуальных системах, способных к обучению, требует интеграции различных моделей и методов решения задач. Таким образом, в интеллектуальных системах сочетание способностей управляться знаниями и обучаться требует универсальных механизмов, которые позволили бы обеспечить возможность объяснения решений, получаемых конкретной интеллектуальной системой.

Задачи семантического протоколирования

Сложность задачи семантического протоколирования (СП) определяется сложностью процессов обработки знаний (ПОЗ), протекающих в интеллектуальной системе. ПОЗ могут циклическими и ациклическими. Ациклические процессы могут быть: последовательно–линейными, древовидными, (ациклическими) сетевыми. Циклические процессы могут быть: последовательно-петлевыми, древовидно-петлевыми, (циклическими) сетевыми. При наличии возможности учёта времени сложность ПОЗ может выражаться временной сложностью. Время здесь понимается в обобщённом смысле как порядковый номер состояния процесса (обработки знаний). Таким образом, для учёта времени, требуется иметь некоторое вполне упорядоченное множество или решётку «номеров», (взаимно) однозначно сопоставленых состояниям процесса. Если «номера» являются частью соответствующих им состояний, то время является собственным временем процесса, иначе – несобственным. В случае наличия собственного или несобственного времени СП может осуществляться с заданной частотой (плотностью) на временном интервале. Также, в зависимости от наблюдения событий и доступности вычислительных ресурсов, среди протоколируемых в рамках процессов событий будем различать: последовательные, логически независимые, физически независимые. Для протоколируемых ПОЗ рассматриваются следующие задачи: построение протокола процесса для нового добавляемого события, итерирование исходных и предшествующих событий, выявление предшествования между парой событий, выявление наибольшего множества общих предшествующих событий множества событий и другие.



Рис. 1 – Пример sc-цепочки и sc-мультицепочки

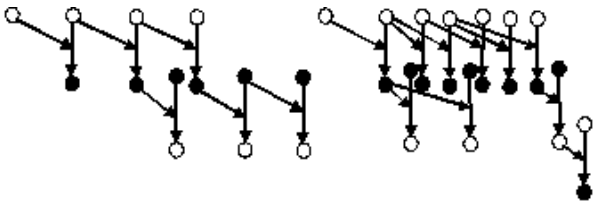


Рис. 2 – Пример sc-метацепочки и sc-метамультицепочки

В зависимости от вида и сложности ПОЗ протокол формируется в виде структур различной сложности, которые в модели унифицированного семантического представления знаний могут быть представлены ключевыми узлами и (бинарными) отношениями или такими конструкциями как sc-мультицепочки и sc-цепочки (структурное кодирование (см. рис. 1 и 2)). К таким структурам относятся: триплетно-свободный биномиальный иерархический стек (для событий последовательно-линейных процессов), триплетно-свободное биномиальное иерархическое дерево (для ациклических процессов с последовательными событиями), «пирамидальная структура» (для древовоидных процессов с логически независимыми событиями (см. рис 3 и 4)) и «пирамидальный граф» (для ациклических сетевых процессов с логически независимыми событиями), основан-

ные на приближениях треугольника Серпинского (каждый треугольник в которых соответствует вершине), гиперкуб (для процессов с физически независимыми событиями) и их аналоги для циклических процессов.

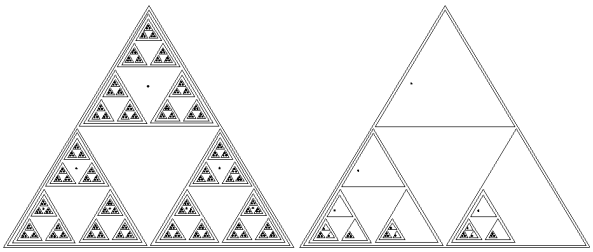


Рис. 3 – Полная пирамидальная структура и хранение в ней разреженного (фибоначчиева) дерева событий (высота $ln(n)/ln(\phi)$)

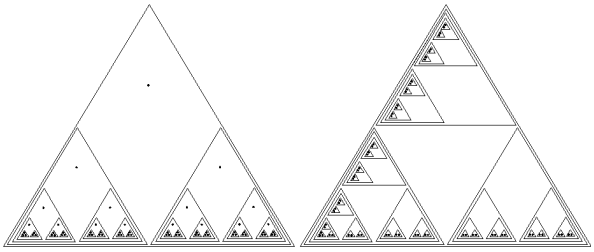


Рис. 4 – Хранение сбалансированного дерева и облиственной ветви событий в пирамидальной структуре (высоты $ln(n)/ln(2)$)

Триплетно-свободный биномиальный иерархический стек — структура, состоящая из звеньев. Каждое звено хранит коэффициент (1 или 2) увеличения количества звеньев-потомков по сравнению с предыдущим звеном, наименьший индекс события, хранимого в звеньях-потомках или в нём самом, а также ссылается на протоколируемое событие или корневое звено биноминального иерархического (под)стека потомков, на родительские, предыдущее и следующее звенья (если таковые есть). Индекс события — имя (счётчик) в системе именования, (возможно) соответствующее некоторому онтологическому базису [2]. Для каждого запротоколированного события имеется связка, связывающая его со звеном протокола, в котором оно находится.

Алгоритм процедуры построения протокола последовательно-линейного процесса для нового добавляемого события сводится к следующим шагам.

1. Получить новое событие, его индекс и первое звено (вершину) стека.
2. Если стек непустой и если в паре первых двух звеньев, последующее за первым звено имеет коэффициент 1, то требуется их замена.
3. Если требуется замена первых двух звеньев, то начиная со следующей за ними пары звеньев, пока между парой из соседних нечётного и чётного звеньев коэффицент увеличения равен единице (в чётном звене), заменить каждые такие звенья каждой пары на объединённое звено, в котором: коэффициент увеличения равен 2, индекс равен индексу в подлежащем замене чётном звене, корневым звеном потомков является копия корневого звена потомков подлежащего замене нечётного звена, копия звена подлежащего замене чётного звена следует за последним звеном, являющимся копией последнего звена в последовательности копий всех звеньев последовательности звеньев, начинающейся от корневого звена потомков подлежащего замене нечётного звена, родительским звеном в копии корневого звена потомков указывается объединённое звено, предыдущим звеном во всех копиях звеньев — соответствующая копия предыдущего звена. Следующее звено за заменёнными парами звеньев, если такое есть, заменяется на звено с коэффициентом 1.
4. Если требуется замена первых двух звеньев, то они заменяются на звено с коэффициентом 2, в котором: индекс равен индексу второго звена, корневым звеном потомков становится копия первого звена (родителем в которой становится это новое звено, а следующим элементом — копия второго звена, предыдущим звеном в которой в свою очередь становится копия первого), следующим звеном становится третье звено (если таковое было), либо то звено, на которое оно было заменено.
5. Добавить в стек в качестве вершины новое звено с коэффициентом 1, указанным индексом и протоколируемым событием, следующим за вершиной звеном является прежняя вершина стека (если таковая была), или звено, на которое она была заменена.

Выявление исходных, предшествующих и итерирование событий осуществляется последовательно по индексам или бинарным поиском дихотомически в протоколе (в случае последовательно–линейного процесса это требует полилогарифмического времени, если пренебречь временем доступа к одному элементу).

Заключение

Предлагаемые механизмы СП призваны обеспечить интеллектуальную систему интерфейсом и универсальными средствами объяснения запротоколированных ПОЗ при построении решений задач.

1. McDermott, D. Mind and Mechanism. — Cambridge (Mass), MIT Press. 2001.
2. Ивашенко, В. П. Модели обработки информации в интеллектуальных системах, основанных на семантических технологиях / В. П. Ивашенко, А. С. Бельчиков, А. П. Еремеев // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 26 октября 2016) / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. — Минск: БГУИР, 2016. — С. 106—107.

МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Дорошенко А. В., Ткаченко Р. А.
Кафедра автоматизированных систем управления, кафедра информационных технологий издательского дела, Национальный университет «Львовская политехника»
Львов, Украина
E-mail: {anastasia.doroshenko, roman.tkachenko}@gmail.com

Проанализированы особенности постановки и подходы к решению задач классификации для случаев крупноразмерных задач интеллектуального анализа данных. Представлены основы разработанных нейросетевых методов классификации, результаты проведенных экспериментов.

Введение

Многочисленные успешные примеры применений средств интеллектуальной обработки информации как в научных исследованиях, так и в различных бизнес-приложениях, привели к тому, что все больше компаний из различных отраслей хотят с помощью методов интеллектуального анализа данных добывать знания из огромных хранилищ данных, накопившихся в них благодаря развитию информационных технологий и внедрение их во все сферы человеческой деятельности. Однако, чрезвычайно большой объем хранилищ данных, используемых для поиска знаний, а также высокие требования к достоверности полученных знаний, заставляют искать новые или совершенствовать существующие методы интеллектуального анализа данных.

I. Постановка задачи

Рассмотрим задачу классификации, сформулированную организаторами ведущей немецкой лотереи South German Class Lottery. Особенностью этой лотереи является то, что количество и размер призов, что разыгрывается, определена и объявлена заранее и не зависит от того, сколько билетов продано. Продолжительность лотереи –шесть месяцев, в каждом из которых проводится отдельный розыгрыш. Принять участие в каждом из розыгрышей может только тот участник, который участвовал во всех предыдущих розыгрышах. Итак, организаторы лотереи еще до ее начала нуждаются в информации о том, сколько билетов будет продано и на какую прибыль они могут рассчитывать. Исходя из этих потребностей, была сформулирована задача - разделить всех игроков на 5 классов: те, кто принимал участие только в одном розыгрыше, но не платил за билет; те, кто принимал участие только в одном розыгрыше, но платил за билет; те, кто участвовал по крайней мере в двух розыгрышах; тот, кто принимал участие во всех розыгрышах, но не собирается играть в следующей лотереи; те, кто принимал участие во всех розыгрышах и купил хотя бы один билет следующей лотереи. Каждая ошибка классификации имеет свой вес и оценивается согласно таблице, сложившейся организаторами лотереи. Тренировочная и тестовая выборки состоят из 113 456 записей об игроках, каждый из которых имеет 70 атрибутов, в том числе: пол, возраст и семейное положение игрока, информация о его банк и марку автомобиля, кредитную привлекательность и тому подобное.

Сложность такой задачи заключается в том, что из неопределенности, вызванные пробелами в данных, их противоречивостью и т.д., для нее не выполняется гипотеза компактности, что лежит в основе многих методов классификации [1], различные классы перекрываются между собой, что делает невозможным их разделение гиперповерхности простого вида. Для решения этой проблемы предлагается применить кусковой метод построения разделяющих поверхностей на основе модели геометрических преобразований [2], модифицированный для задачи классификации на более чем два класса, который, с одной стороны, позволяет учесть нелинейность задач добычи данных, но не требует большого количества времени для выполнения. С использованием дерева разделения на классы можно объединять в отдельные кластеры векторы данных, имеющих сходные входные показатели и анализировать их независимо друг от друга. После того, как получено значение штрафных баллов по каждому из кластеров, они суммируются. Такой подход позволяет существенно повысить общую точность классификации.

II. Классификация с использованием метода штрафов и поощрений

Также, для учета различного веса ошибок, для каждого из кластеров используем метод штрафов и поощрений [3]. Соответственно, в данном случае задача классификации сводится к задаче максимизации суммы поощрительных баллов. Таким образом, предлагаемый нами алгоритм сочетание использования модели геометрических преобразований с методом штрафов и поощрений имеет вид: Алгоритм классификации с использованием метода штрафов и поощрений

1. В обучающей выборке заменяем идентификаторы классов соответствующими коэффициентами:
   Класс 1 -> $(a_{11}; a_{12}...; a_{1k})$
   Класс 2 -> $(a_{21}; a_{22}...; a_{2k})$
   ...
   Класс K -> $(a_{k1}; a_{k2}...; a_{kk})$;
2. На полученной обучающей выборке учим нейроподобную структуру на основе модели геометрических преобразований (МГП).
3. Через обученную нейронную сеть пропускаем тестовые данные.
4. Анализируем коэффициенты$(a_{11}; a_{12}...; a_{1k})$, полученные на выходах МГП для каждого вектора входных данных из тестового файла по правилу «победитель забирает все».
5. Для тестовой выборки подсчитываем количество штрафных баллов в соответствии с матрицей штрафов.
6. Основной целью алгоритма является максимизация поощрительных баллов.

Как правило, предварительно определяют или сумму штрафов, которая является приемлемой для данной задачи, или время, в течение которого будет выполняться минимизация - это условия остановки выполнения алгоритма. Рассмотрим результаты экспериментов, проведенных для сформулированной выше задачи.

Таблица 1 – Результаты классификации с помощью нейроподобной структуры МГП

	Сумма баллов до кластеризации	Сумма баллов после кластеризации
Обучение	62745	67515
Тестирование	11915	13615

III. Совершенствование метода штрафов и поощрений путем применения модифицированного алгоритма имитации отжига металла

Предлагаем рассмотреть сочетание метода кусковой построения разделяющих поверхностей на основе модели геометрических преобразований [3] и метода глобальной оптимизации - алгоритма имитации отжига металла [4]. На рис.1. изображена структурная схема разработанной нейроподобной структуры на основе МГП, где $(x_1, x_2, ..., x_n)$ - первичные признаки объектов классификации - входные данные, $(GK_1, GK_2, ..., GK_n)$ - главные компоненты, полученные на основе входных данных ,$(w_1, w_2, ..., w_n)$ - весовые коэффициенты, y - выход, задающий принадлежность к определенным классам. Функционирование такой нейроподобной структуры можно описать формулой $y = \sum_{i=1}^{n}(GK * w_i)$. Метод имитации отжига металла предлагается применять для оптимизации весовых коэффициентов так, чтобы результирующая сумма поощрительных баллов была максимальной.

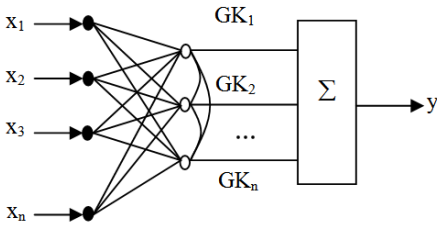


Рис. 1 – Структурная схема нейроподобной структуры на основе МГП

Модифицированный алгоритм имитации отжига металла объединены с методом штрафов и поощрений

1. Запустить процесс с начальной точки, выбранной случайно при заданной начальной температуре $T = T_{max}$, равной минимальному значению поощрительных баллов в начальной точке.
2. Пока, повторить L = 100 раз такие действия
   - выбрать новое решение $w^{'}$ с окрестности w;
   - рассчитать изменение целевой функции, где значением целевой функции $\Delta = E(w^{'}) - E(w)$ является сумма поощрительных баллов;
   - если $\Delta \leq 0$- принять $w = w^{'}$; иначе, при $\Delta > 0$, принять $w = w^{'}$ с вероятностью $exp^{\frac{-\Delta}{T}}$, путем генерации случайного числа R из интервала (0,1) с последующим сравнением его со значением $exp^{\frac{-\Delta}{T}}$; если $exp^{\frac{-\Delta}{T}} >$ R, принять новое решение $w = w^{'}$; в противном случае - проигнорировать его.
3. Уменьшить температуру $T = r * T$ с использованием коэффициента уменьшения r, выбраным из интервала (0,1) и вернуться к пункту 2. Предлагается использовать значение $r = 0,9$ Разработан модифицированный алгоритм имитации отжига металла соединяются с методом штрафов и поощрений применяется для улучшения результатов классификации для каждого из кластеров.

IV. Список литературы

1. Васильев В.И., Коноваленко В.В., Горелов Ю.И. Имитационное управление неопределенными объектами. - К.: “Наукова думка”, 1989. - 216с.
2. Дорошенко А.В. Нейромережний розв’язок задач класифікації в умовах неповноти інформаційного базису // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону: Зб.наук.пр. - Вип.3. - Київ, 2006. - С. 115-122.
3. Tkachenko R., Tkachenko P., Tkachenko O.,Schmitz J. Geometrical Data Modelling // Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції ”Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій” (ISDMIT’ 2006). - Т.2. - С.279-283.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. - М.: Финансы и статистика, 2004. - 344с.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В РЕАЛИЗАЦИИ ДЕТЕКТОРА СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Байтингер Г. Р.
Факультет математики и информатики, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: grb007@rambler.ru

В представленной работе приведена классификация систем обнаружения вторжений, описаны подходы к обнаружению атак на информационные системы, описаны архитектуры искусственных нейронных сетей (далее – нейронных сетей), применимых в детекторах сетевых аномалий, а также, рассмотены методики увеличения эффективности и точности в обучении и применении нейронных сетей.

Введение

Наиболее интересной особенностью нейронных сетей является их обучаемость, способность корректировать собственные параметры для корректной обработки не встречавшихся ранее исходных данных. Именно это свойство нейронных сетей представляет особую ценность для комплексов обнаружения вторжений в информационные системы, так как позволяет значительно упростить и, в определённой мере, автоматизировать работу по их конфигурации и поддержке.

Не смотря на перспективность применения нейросетевых решений в системах обнаружения вторжений, такие комплексы всё ещё не распространены широко и многие свойства нейронных сетей не исследованы в достаточной мере.

I. Системы обнаружения вторжений

Системы обнаружения вторжений (СОВ) являются важным компонентом комплексного подхода к обеспечению безопасности информационных систем. Системы обнаружения вторжений можно классифицировать по способу обнаружения атаки, способу сбора данных об атаке, способу реагирования на неё.

По способу обнаружения атаки выделяют СОВ обнаружения аномалий и СОВ поиска злоупотреблений. Первые сравнивают текущую активность в ИС с образом «нормального» поведения. Обнаруженные отклонения (аномалии) могут восприниматься СОВ как атаки. Вторые сравнивают активность в системе с известными шаблонами поведения ИС соответствующего конкретной атаке. Найденные совпадения расцениваются СОВ как попытки реализации атаки.

Преимуществом первого подхода является отсутствие необходимости составления описаний конкретных атак и используемых в них уязвимостей. СОВ поиска злоупотреблений хотя и обладают довольно высокой точностью принимаемых решений, в то же время непосредственно зависят от актуальности и полноты базы известных атак и конкретная атака отсутствующая в базе данных СОВ замечена ситемой не будет. Недостатками в применении СОВ обнаружения аномалий являются трудоёмкость определения пороговых характеристик исследуемой ИС и потенциальная возможность обучения СОВ злоумышленником таким образом, чтобы атаки воспринимались СОВ как легитимное поведение ИС.

По способу сбора данных СОВ можно разделить на сетевые СОВ, СОВ уровня конечного устройства и СОВ уровня приложения. Сетевые СОВ располагаются на узле сети и анализируют сетевой трафик, проходящий через их сенсоры в реальном, или близком к реальному времени. СОВ уровня конечного устройства анализируют состояние конкретного узла сети и предназначены для обнаружения атак, направленных непосредственно против него. СОВ уровня приложения ориентированы на поиск проблем конкретного приложения. Так же широкое применение находят гибридные СОВ, как правило, включающие в себя свойства нескольких перечисленных категорий.

По способу реагирования различают пассивные и активные СОВ. Пассивные СОВ только фиксируют факт атаки, записывают данные в файл журнала и выдают предупреждения. Активные СОВ пытаются противодействовать атаке, например, путем реконфигурации межсетевого экрана или генерации списков доступа маршрутизатора.

Учитывая недостаточную исследованность поведения нейронных сетей, для реализации детектора сетевых атак наиболее целесообразно выбрать архитектуру пассивного детектора сетевых аномалий, для понижения вероятности ложных срабатываний СОВ посредством передачи результатов её работы администратору на проверку.

II. Нейронные сети в системах обнаружения вторжений

Простейшие нейронные сети содержат один слой нейронов, на каждый из которых поступают все входы сети. Далее каждый нейрон вычисляет взвешенную сумму входов сети, применяет активационную функцию и в случае превышения порога активации пускает на выход единичный сигнал. таким образом на выходе слоя получаем

бинарный вектор с размерностью равной количеству нейронов слоя.

Более сложные сети состоят из большего количества последовательно соединённых слоёв, возможно с наличием обратных связей (когда нейронные связи ведут от выходов текущего слоя ко входам этого или предшедствующих слоёв) и имеют большие вычислительные возможности.

Суть процесса обучения нейронных сетей заключается в последовательном предъявлении на вход сети некоторых векторов с одновременной подстройкой весов нейронных связей. Различают алгоритмы обучения с учителем и без учителя. В первом случае для обучения используются пары входных и соответствующих им выходных векторов. Подстройка сети для каждого вектора происходит до тех пор, пока отличие выхода сети от оджидаемого не становится минимальным (таким образом либо получаем достаточно малую погрешность, либо обучение зацикливается). Обучение без учителя ставит целью получение соголасованности на выходе нейронной сети, то есть чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы[1].

Проблема переобучения нейронной сети заключается в слишком сильной аппроксимации выходов сети к выходам обучающей выборки, тем самым получая сеть, которая выдаёт достаточно малые значения ошибки только на обучающей выборке, а на реальных данных этот показатель начинает расти. Для обнаружения переобучения можно применять резервирование подмножества обучающей выборки, на котором обучение не производится. Оно используется для контроля качества обучения сети. Для снижения риска переобучения может понадобиться, например, уменьшение количества нейронов в слоях, что может лишить сеть достаточной гибкости для решения поставленной задачи и обучение зациклится.

Ещё одной проблемой в работе нейронных сетей является чистота входных данных. Нейронные сети обучаются тому, чему обучиться проще. Это означает что в случае несбалансированного набора данных подаваемого на вход сети, она может начать учиться выдввать результаты близкие не той закономерности, которую мы хотели выделить. В таких ситуациях лучшим выходом будет обработка входного множества для достижения его большей однородности (например можно повторять редкие наблюдения, либо избавляться от часто встречающихся)[1].

Сети встречного распространения обладают способности к куда более быстрому обучению. Структурно в них объединены самоорганизующаяся карта Кохонена и звезда Гроссберга нейроны которых объединены в 2 последовательно соединённых слоя. В слое Кохонена единичный выход даёт только один из нейронов, получающий наибольшую сумму взвешенных входов.Принцип работы слоя Кохонена заключается в том, что близкие входные векторы в результате прохода через него активируют один и тот же нейрон, таким образом слой Кохонена занимается разбиением входных векторов по классам схожих. Слой Гроссберга получает выход слоя Кохонена (а это вектор с одной единицей и остальными координатамит равными нулю), то есть выходом слоя Гроссберга будет сумма весов нейронных связей соединяющих "победивший"нейрон слоя Кохорнена с нейронами слоя Гроссберга[1].

Обучение в сети встречного распространения отличается для слоя Кохонена и слоя Гроссберга. Обучение слоя Кохонена это обучение без учителя ставящее целью сгруппировать схожие входные векторы и отделить их от других групп. Для корректной работы слоя необходима предварительная нормализация входных векторов. Проблемой является потенциальная неравномерность распределения входных векторов, соответственно обучение слоя Кохонена будет заключаться в подстройке весового множества под обучающую выборку (распределить весовые векторы в соответствии с плотностью распределения входных).

Проблемой данного метода обучения может являться то, что некоторые нейроны слоя Кохонена не будут обучаться из-за того что входные векторы будут более близки к весам других нейронов. Решением может быть коррекция весов всех нейронов в соответствии с максимальным значением выхода слоя, или искуственное ументьшение выхода часто "побеждающих"нейронов чтобы дать возможность "победить"остальным нейронам слоя.

Обучение слоя Гроссберга является обычным обучением с учителем, модифицируются только веса соединённые с победившим нейроном слоя Кохонена.

Описанная выше архитектура встречного распространения является подходящей для реализации в составе СОВ: если считать принадлежность классам на которые слой Кохорнена разбивает входящие данные признаком принадлежности соответствующих данных тому или иному виду атаки на систему, то подобная сеть позволяет относительно быстро проводить классификацию событий в ИС и своевременно реагировать на аномальное поведение.

1. Основы теории нейронных сетей / Г. Э. Яхъева. – Национальный открытый университет «ИНТУИТ», 2016.
2. Применение искусственных нейронных сетей в системах обнаружения атак / В. А. Крыжановский. –Доклады ТУСУРа. Технические науки., 2008. №2(18), часть 1.
3. Лабораторный практикум по курсу «Введение в теорию нейронных сетей» / О. А. Мишулина, А. Г. Трофимов, М. В. Щербинина. –МИФИ, 2007.
4. Применение нейронных сетей для интеллектуального анализа данных при решении задач защиты информации: Методические указания / Г. Ф. Нестерук, Ф. Г. Нестерук. –СПбГУ ИТМО, 2008.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ КОЛЛЕКТИВНОГО СОЗДАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ

Давыденко И. Т., Зверуго А. В.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: davydenko@bsuir.by, alex.zver96@gmail.com

В работе рассматривается модель программного средства создания баз знаний распределенным коллективом разработчиков

Введение

Среди путей сокращения сроков создания баз знаний основными являются обеспечение совместной разработки баз знаний распределенным коллективом разработчиков, а также автоматизация их деятельности.

Для того, чтобы обеспечить возможность быстрой эволюции компьютерной системы, необходимо обеспечить возможность работы с системой не только в режиме взаимодействия ее с конечным пользователем (режиме эксплуатации), но и обеспечить возможность общения системы с коллективом разработчиков (режим разработки/эволюции)[1,4].

В рамках работы рассматривается архитектура средств автоматизации процесса создания баз знаний, позволяющих автоматизировать деятельность разработчиков как в процессе согласования фрагментов базы знаний, так и в процессе ее верификации и редактирования [5]. Важнейшим компонентом такой системы является библиотека многократно используемых компонентов баз знаний.

I. Требования к функционалу системы

В данной работе в качестве средств автоматизации предлагается система поддержки коллективного создания баз знаний, в задачи которой входит информационная и техническая поддержка деятельности коллектива разработчиков баз знаний, в том числе – обеспечение корректного и эффективного выполнения всех этапов, предусмотренных методологией разработки баз знаний [5].

На основе проведенного анализа аналогичных систем были сформулированы следующие требования к функционалу разрабатываемой системы, учитывающие недостатки рассмотренных аналогов:

- обеспечение возможности как ручного, так и автоматического редактирования баз знаний;
- обеспечение возможности автоматической верификации базы знаний, в том числе, анализ корректности и полноты базы знаний;
- обеспечение возможности создания базы знаний распределенным коллективом разработчиков, включая механизм согласования вносимых в базу знаний изменений, а также механизм хранения истории вносимых изменений с указанием авторства.

Реализация перечисленных возможностей подразумевает отказ от работы с исходными текстами базы знаний. В данном случае предполагается, что все изменения осуществляются непосредственно в памяти системы, где хранится вся база знаний.

II. Модель системы поддержки создания баз знаний

Модель системы поддержки коллективного создания баз знаний включает в себя:

- семантическую модель базы знаний системы поддержки коллективного создания баз знаний;
- семантическую модель машины обработки знаний системы поддержки коллективного создания баз знаний;
- семантическую модель пользовательского интерфейса системы поддержки коллективного создания баз знаний.

Семантическая модель базы знаний системы поддержки коллективного создания баз знаний включает в себя:

- набор онтологий верхнего уровня, необходимых для функционирования самой подсистемы поддержки и являющихся основой для построения sc-моделей баз знаний ostis-систем;
- типологию разработчиков системы, типологию действий разработчиков, а также формальные средства спецификации предложений по редактированию базы знаний;
- библиотеку многократно используемых компонентов баз знаний.

Для сокращения трудозатрат при разработке баз знаний систем, основанных на знаниях, предлагается использовать уже разработанные фрагменты баз знаний или базы знаний каких-либо систем целиком. Для организации хранения и поиска таких компонентов в рамках дан-

ной работы предложена библиотека многократно используемых компонентов баз знаний.

Библиотека многократно используемых компонентов баз знаний включает множество таких компонентов и средства автоматизации поиска компонентов на основе их спецификаций.

Каждый многократно используемый компонент баз знаний представляет собой структуру, либо явно представленную в текущем состоянии sc-памяти, либо не полностью сформированную структуру, которая при необходимости может быть полностью сформирована путем объединения своих частей, указанных при помощи какого-либо отношения декомпозиции, например, разбиение, или отношения включение, и который может быть использован в рамках другой системы, основанной на знаниях.

Каждый многократно используемый компонент баз знаний имеет формальную спецификацию, то есть некоторую семантическую окрестность, характеризующую данный компонент. На основе формальной спецификации осуществляется поиск подходящего компонента в библиотеке, сравнение его с другими компонентами и т.д.

К основным семантическим классам многократно используемых компонентов баз знаний, хранящихся в библиотеке компонентов баз знаний, относятся:

- семантические окрестности различных сущностей;
- онтологии различных предметных областей;
- спецификации формальных языков описания различных предметных областей;
- разделы базы знаний различного семантического типа (в том числе неатомарные);
- базы знаний целых подсистем, обеспечивающих решение различных задач;
- и др.

Интеграция многократно используемого компонента баз знаний в систему сводится к склеиванию ключевых узлов по идентификаторам и устранению возможных дублирований и противоречий, которые могли возникнуть в случае, если разработчик системы вручную вносил какие-либо изменения в ее базу знаний.

Для обеспечения семантической совместимости компонентов баз знаний, необходимо:

- согласовать семантику всех используемых ключевых узлов;
- согласовать основные идентификаторы ключевых узлов, используемых в разных компонентах. После этого интеграция всех компонентов, входящих в состав библиотеки, и в любых комбинациях осуществляется автоматически, без вмешательства разработчика используя механизмы, предложенные в работе [2].

Семантическая модель машины обработки знаний системы поддержки коллективного создания баз знаний включает в себя следующие агенты [6]:

- агенты верификации баз знаний;
- агенты редактирования баз знаний;
- агенты автоматизации деятельности разработчика sc-моделей баз знаний;
- агенты автоматизации деятельности администратора базы знаний;
- агенты автоматизации деятельности менеджера базы знаний;
- агенты автоматизации деятельности эксперта базы знаний;
- агенты расчета характеристик базы знаний.

Пользовательский интерфейс системы поддержки коллективного создания баз знаний представлен набором интерфейсных команд, которые позволяют разработчикам инициировать деятельность нужного агента, входящего в состав этой системы [4]. Данный набор полностью соответствует рассмотренному выше набору агентов машины обработки знаний.

Заключение

Работа выполнена при поддержке БРФФИ-РФФИ (№ Ф16Р-101), а также БРФФИ-ГФФИУ (№ Ф16К-068).

1. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Часть 1: Принципы создания. / В. В. Голенков, Н.А. Гулякина // Онтология проектирования. – 2014. – №1. с.42-64
2. Ивашенко, В.П. Унифицированное представление и интеграция знаний / В.П. Ивашенко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013) : материалы III Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013г.) / за ред. В.В. Голенкова. — Минск : БГУИР, 2013. — С. 171-184.
3. Корончик, Д.Н. Семантические модели мультимодальных пользовательских интерфейсов и семантическая технология их проектирования / Д.Н. Корончик // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2012) : материалы II Междунар.научн.-техн.конф. (Минск, 16-18 февраля 2012) / за ред. В.В. Голенкова. — Минск : БГУИР, 2012. — С. 339-346.
4. Лапшин, В.А. Онтологии в компьютерных системах / В.А. Лапшин. — М. : Научный мир, 2010. — 224 с.
5. Davydenko, I. T. Ontology-based knowledgebase design, / I. Davydenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.
6. Shunkevich, D. Ontology-based design of knowledge processing machines / D. Shunkevich // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февраля 2017г.). – Минск: БГУИР, 2017. pp. 73-94.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ БАЗ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Гулякина Н. А., Давыденко И. Т.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {guliakina, davydenko}@bsuir.by

В работе рассматривается подход к к обеспечению совместимости различного вида знаний, основанный на представлении знаний с помощью семантических сетей с базовой теоретико-множественной интерпретацией

Введение

Разработка базы знаний является трудоемким и продолжительным процессом. Соответственно, актуальной является задача сокращения сроков разработки и обеспечения эффективности поддержки жизненного цикла баз знаний.

Традиционные технологии не могут в полной мере обеспечить весь процесс разработки интеллектуальных систем, для их разработки требуются специализированные языки, оболочки и интегрированные программные среды. Наибольший интерес представляют именно интегрированные программные среды, поскольку они обеспечивают широкий диапазон функциональных возможностей, поддержку различных этапов разработки системы, в том числе - средства автоматизации проектирования.

В настоящее время разработано большое количество инструментов для разработки интеллектуальных систем и их компонентов, кроме того накоплен огромный опыт технических решений различного класса проблем, однако они недоступны широкому кругу пользователей и разработчиков. Вследствие этого разработчики вынуждены прибегать к повторной разработке уже имеющихся технических решений [1,2].

Зачастую при разработке и развитии систем различного класса, а также инструментов их разработки возникает необходимость привлечения разработчиков в коллективы для накопления проектного опыта. В рамках таких коллективов необходимо обеспечить максимально согласованную работу, а также совместимость результатов деятельности участников.

Однако, предоставляемых современными подходами к созданию баз знаний возможностей недостаточно, т.к. нерешенными остаются многие актуальные проблемы. Важнейшей из них является проблема обеспечения совместимости различных видов знаний в рамках одной базы знаний.

I. Требования, предъявляемые к базам знаний

Основными требованиями, предъявляемыми к базе знаний любой компьютерной системы, являются, с одной стороны, удобство ее обработки автоматическими средствами, с другой стороны –удобство ее использования конечным пользователем, в первую очередь – понятность и однозначность восприятия хранимой в ней информации. Кроме того, должна обеспечиваться возможность постоянной эволюции базы знаний, т.е. ее гибкость.

С точки зрения удобства обработки баз знаний можно выделить следующие критерии:

- Ассоциативность доступа к обрабатываемой информации. Используемое в данной работе представление знаний в виде унифицированных семантических сетей позволяет существенно упростить процедуру ассоциативного доступа к различным видам фрагментов хранимой базы знаний, а также существенно расширить типологию запросов к базе знаний [4];
- Унификация представления различных видов обрабатываемой информации, которая позволяет обобщить модели обработки такой информации и сделать их более универсальными;
- Локализация области поиска решения задач путем явного выделения в базе знаний соответствующих фрагментов.

Для того, чтобы обеспечить удобство работы с базой знаний конечного пользователя, необходимо представлять знания в виде понятном не только компьютерной системе, но и пользователю. Используемые в данной работе унифицированные семантические сети позволяют описывать непосредственно смысл хранимой информации, удовлетворяя таким образом данному требованию [3].

С точки зрения процесса разработки и эволюции базы знаний важно обеспечить возможность выделения максимально независимых друг от друга фрагментов рассматриваемой базы знаний и явного указания точек согласования меж-

ду этими фрагментами. Такой подход позволит минимизировать накладные расходы на согласование трактовки тех или иных понятий в рамках коллектива разработчиков и обеспечит семантическую целостность рассматриваемой базы знаний.

Важным требованием как с точки зрения разработчика, так и с точки зрения конечного пользователя является возможность рассматривать хранимую в базе знаний информацию на различных уровнях детализации (возможность абстрагирования). Другими словами, необходимо обеспечить иерархическую структуризацию хранимой в базе знаний информации [Гаврилова].

II. Предлагаемый подход

В качестве формальной основы используются предложенные В.В. Голенковым унифицированные семантические сети с базовой теоретико-множественной интерпретацией [4].

Принципы, лежащие в основе предлагаемого подхода к обеспечению совместимости различного вида знаний и к интеграции разнородных знаний в рамках базы знаний компьютерной системы [5]:

- Семантическая структура базы знаний определяется иерархической системой предметных областей и соответствующих им онтологий. В рамках этой системы задается типология предметных областей и онтологий, а также связывающие их отношения.
- Вводятся формальные и унифицированные средства представления в базе знаний всевозможных предметных областей, онтологий и связей между ними. Эти средства задаются в рамках исследуемых в данной работе Предметной области предметных областей и Предметной области онтологий.
- Вводится Предметная область максимально высокого уровня, по отношению к которой все остальные предметные области, все онтологии, а также все прочие виды знаний являются фрагментами (подструктурами). Указанную предметную область будем называть Предметной областью внутренних знаков базы знаний. Объектами исследования такой предметной области являются внутренние знаки, входящие в состав базы знаний и обозначающие всевозможные сущности (в том числе и связи между внутренними знаками).
- Важнейшим видом внутренних знаков баз знаний являются знаки множеств, элементы которых представляют собой внутренние знаки этой же базы знаний. Это дает возможность описывать (специфицировать) не только внешние для базы знаний сущности, но и сущности, являющиеся фрагментами самой базы знаний. Это обеспечивает неограниченные возможности перехода от знаний к метазнаниям. Частными видами множеств внутренних знаков являются связи, классы, структуры.
- Для каждого внутреннего знака базы знаний явно указывается его принадлежность всем понятиям, которые вводятся в рамках каждой предметной области, входящей в состав базы знаний. Заметим, что внутренний знак базы знаний может принадлежать сразу нескольким предметным областям, входящим в состав базы знаний.
- Вводится Онтология Предметной области внутренних знаков базы знаний, которые являются описанием одновременно и синтаксиса внутреннего языка представления знаний и его базовой семантики. Детализация (уточнение) семантики внутреннего языка осуществляется с помощью иерархической системы онтологий более низкого уровня, соответствующих различным видам знаний.

Соответственно, для решения описанных выше проблем в соответствии с указанными принципами предлагается разработать [5]: унифицированную семантическую модель баз знаний; семантическую модель процесса создания баз знаний; средства автоматизации процесса создания баз знаний, основанные на семантической модели проектной деятельности по разработке баз знаний; библиотека многократно используемых компонентов баз знаний.

Заключение

Работа выполнена при поддержке БРФФИ-РФФИ (№ Ф16Р-101), а также БРФФИ-ГФФИУ (№ Ф16К-068).

1. Борисов, А. Н. Построение интеллектуальных систем, основанных на знаниях, с повторным использованием компонентов / А.Н. Борисов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2014): материалы IV Междунар.научн.-техн.конф. – Мн.: БГУИР, 2014
2. Грибова, В. В. Базовая технология разработки интеллектуальных сервисов на облачной платформе IACPaaS. Часть 1. Разработка базы знаний и решателя задач / Грибова В.В.[и др.] // Программная инженерия. – №12, 2015, с. 3 - 11.
3. Гаврилова, Т. А. и др. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, Д. И. Муромцев. - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 348с.
4. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Часть 1: Принципы создания. / В. В. Голенков, Н.А. Гулякина // Онтология проектирования. – 2014. – №1. с.42-64
5. Davydenko, I. T. Ontology-based knowledgebase design, / I. Davydenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.

МОДЕЛЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пиколюк И. Ю.,Тарасенко В. А., Шаплыко И. М.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: iharidla@gmail.com, vlad.fps@gmail.com, shaplyko.ilya@gmail.com

Рассматривается модель пользователя интеллектуальной системы учебного назначения, категории пользователей и их функциональные возможности в рамках данной системы

Введение

В процессе проектирования и дальнейшей разработки ИС поддержки деятельности инженерной кафедры [1] ВУЗа возникла необходимость разделения функционала между разными категориями пользователей. Каждому пользователю в соответствии с присвоенным ему статусом, предоставляется определенный функционал в системе.

I. Понятие и классификация пользователей

Основным объектом исследования являлся пользователь. В системе понятие «пользователь» представлено как SC-узел [4], обозначающий множество всех пользователей системы.

На рисунке 1 приведен фрагмент базы знаний, описывающий данное понятие.

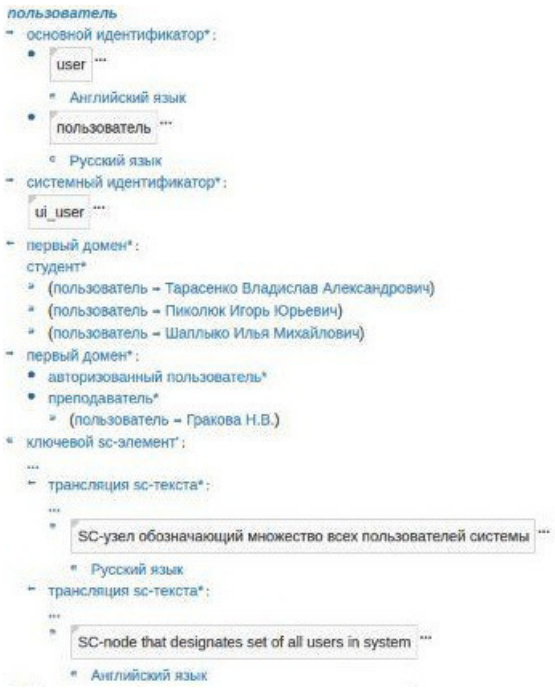


Рис. 1 – Описание понятия «Пользователь»

Каждая персона, описанная в системе, также связана с самой системой бинарным отношением отношением «пользователь*». На рисунке 2 приведен фрагмент базы знаний, описывающий данное отношение.

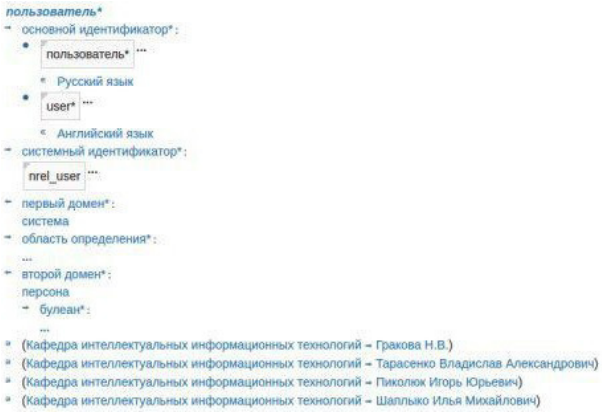


Рис. 2 – Описание бинарного отношения «пользователь*»

В рамках системы учебного назначения было выделено несколько типов пользователей:

- администратор;
- преподаватель;
- студент;
- авторизированный пользователь.

Для указания типов пользователей существуют соответствующие бинарные отношения, которые связывают определенную персону с понятием пользователя. На рисунке 3 приведен фрагмент базы знаний, описывающий отношение «администратор*».

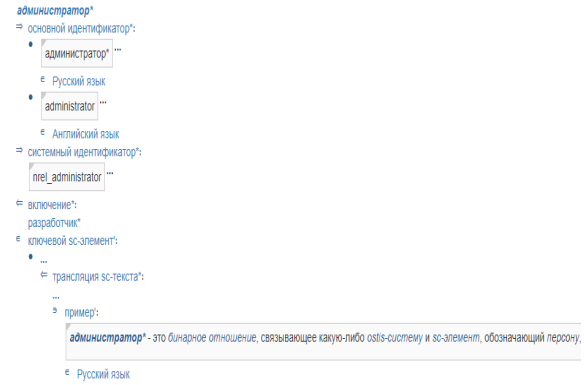


Рис. 3 – Описание бинарного отношения «администратор*»

II. Действия пользователей

Возможности пользователя в соответствии с технологией OSTIS описываются как действия пользователя по отношению к системе.

Действия администратора системы:

- назначить пользователя преподавателем;
- назначить пользователя студентом;
- назначить студента или преподавателя авторизированным пользователем;
- все действия, доступные преподавателям и студентам.

Действия преподавателя:

- назначение пользователя студентом;
- разработка и доработка БЗ по каждой учебной дисциплине;
- учет посещаемости студентов учебных занятий;
- учет выполнения практических, лабораторных и контрольных работ;
- проверка практических, лабораторных и контрольных работ посредством системы;
- использование компоненты пользовательского интерфейса по учету и распределении нагрузки преподавателей;
- и т.д.

Действия студента:

- загружать лабораторные, практические и контрольные работы на проверку преподавателю;
- создавать свое персональное расписание с учетом расписания университета;
- осуществлять проектную деятельность в рамках выполнения курсового и дипломного проектирования;
- просматривать расписание студентов и преподавателей;
- и т.д.

Действия авторизированного пользователя:

- создать запрос на изменение типа пользователя;
- просматривать общедоступную информацию о кафедре.

III. Авторизация пользователей

При входе в систему пользователю должна быть доступна только общедоступная информация о кафедре. Авторизация пользователя осуществляется через аккаунт Google. Во время авторизации пользователя, система получает следующую информацию:

- фотографию пользователя;
- пол;
- возраст;
- e-mail.

После производится поиск полученного e-mail в базе системы. Если такой e-mail найден, то отсутствующая информация, если такая есть, добавляется к пользователю с данным e-mail. В противном случае создается новый пользователь, ему присваивается полученная информация и присваивается статус авторизованного пользователя [2].

В зависимости от типа пользователя и действий, которые ему доступны, происходит ограничение видимости базы знаний системы. С каждым действием пользователя связан конкретный фрагмент базы знаний. Поэтому в зависимости от пользователя происходит отображение определенного множества фрагментов базы. Если для определенного типа пользователя не предусмотрен просмотр определенных фрагментов базы знаний, а также ограничен функционал по редактированию, то узлы, входящие в эти фрагменты не будут учитываться при поиске семантической окрестности запрашиваемого пользователем понятия. Аналогичным образом организован поиск, предусмотренный в системе: при запросе понятий в базе, доступ к которым не предусмотрен для конкретного типа пользователей, соответствующие варианты не попадут в список результатов выдачи.

IV. Выводы

Данная работа выполнялась в рамках открытого международного проекта OSTIS [3]. В результате данной работы было разработано формальное представление категорий пользователей для интеллектуальной системы поддержки деятельности инженерной кафедры [1].

V. Список литературы

1. Интеллектуальная система поддержки деятельности инженерной кафедры ВУЗа [Электронный ресурс]. - Минск, 2017. - Режим доступа: `http://85.143.221.50:8081`. - Дата доступа: 28.08.2017
2. Брауне, Э. Технология разработки программного обеспечения. - Спб.: Питер, 2004. - 655 с.
3. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В.В. Голенков, О.Е., Елисеева, В.П. Ивашенко и др.: Под ред. В.В. Голенков. - Мн.: БГУИР, 2001. - 412 с
4. Документация. Технология OSTIS. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: `http://ims.ostis.net`. - Дата доступа: 28.08.2017

ОПИСАНИЕ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ИНТЕРФЕЙСНЫХ ДЕЙСТВИЙ OSTIS-СИСТЕМЫ

Борискин А. С., Лось П. Н., Шалёв А. Г.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {Andrey.Shaliov, pashalos96}@gmail.com, coloss_000@mail.ru

В данной работе будет рассмотрена типология интерфейсных действий ostis-системы, а также будет уточнено понятие сообщения ostis-системы и приведена иерархия сообщений

Введение

Эффективность использования компьютерной системы зависит от её пользовательского интерфейса (ПИ), поскольку ПИ является единственным способом взаимодействия пользователя с такой системой. Чаще всего именно разработка пользовательского интерфейса в современных системах отнимает большую часть времени, затрачиваемого на разработку всей системы.

Под пользовательским интерфейсом в данной статье подразумевается ПИ ostis-систем (систем, построенных по технологии OSTIS[1]), поэтому все приводимые далее принципы будут касаться данного вида интерфейсов. Фрагменты рассматриваемой онтологии показаны далее в виде текстов SC-кода[1.2], записанных в SCn-коде[2].

Зачастую, несмотря на одинаковое назначение программных средств и схожесть решаемых ими задач, с точки зрения пользователя интерфейсы таких средств внешне выглядят совершенно различными, что приводит к необходимости переобучения пользователя и адаптации его к новым принципам взаимодействия с системой. Решение данной проблемы состоит в явном семантическом выделении типов и классов действий в многообразии интерфейсной деятельности ostis-систем и отражение этой семантики путем синтаксического (визуального) выделения знаков этих действий при отображении их на экране [3,4].

I. Описание интегрированной онтологии предметной области

Разработка **онтологии Предметной области** и **онтологии Предметной области интерфейсных действий ostis-системы** позволяет решить проблему правильной и однозначной трактовки семантики и прагматики элементов, отображаемых на экране, что позволяет получать информацию о назначении и использовании объектов интерфейсной деятельности[3].

Максимальным классом объектов исследования рассматриваемой предметной области (ПрО) и онтологии является понятие *интерфейсного действия ostis-системы*. Типология интерфейсных действий ostis-системы:

интерфейсное действие ostis-системы
<= *разбиение*:*
{
• *атомарное интерфейсное действие ostis-системы*
• *неатомарное интерфейсное действие ostis-системы*
}
<= *разбиение*:*
{
• *действие ostis-системы, инициированное ostis-системой*
• *действие ostis-системы, инициированное пользователем ostis-системы*
}

Стоит пояснить отличие между атомарным и неатомарным действием ostis-системы.

Атомарное интерфейсное действие ostis-системы - интерфейсное действие ostis-системы, выполняемое атомарным агентом.

Неатомарное интерфейсное действие ostis-системы - интерфейсное действие ostis-системы, представляющее собой последовательность атомарных интерфейсных действий ostis-системы и выполняемое неатомарным агентом.

Для интерфейсных действий ostis-системы вводится специальный класс отношений эквивалентности.

Эквивалентность действий ostis-системы, инициируемых её пользователями* - отношение между действиями, имеющими разные спецификации, но одинаковые результаты выполнения действия.

Объектом исследования данной предметной области также являются **сообщения ostis-системы**, что указывает на связь этой предметной области с предметной областью сообщений:

ПрО интерфейсных действий ostis-систем
=> *частная предметная область*:*
• *Предметная область сообщений*

II. Понятие сообщения ostis-системы и их типология

Сообщение - sc-текст, представляющий смысл информации, построенной одним субъектом и предназначенной для использования некоторым конкретным субъектом или некоторой группой субъектов. Сообщением ostis-системы, соответственно, является сообщение, отправителем которого является ostis-система.

Сообщениям ostis-системы соответствует своя типология:

сообщение ostis-системы
<= *разбиение*:*
{
- *внутреннее сообщение ostis-системы*
- *внешнее сообщение ostis-системы*

}
<= *разбиение*:*
{
- *рецепторное сообщение ostis-системы*
- *эффекторное сообщение ostis-системы*

}

По типу адресата сообщения ostis-системы выделяются следующие классы сообщений:

Внутреннее сообщение ostis-системы - sc-текст, который генерирует некоторый sc-агент и адресует его через sc-память ostis-системы другим sc-агентам.

Внешнее сообщение ostis-системы - сообщение ostis-системы, *получателем** которого является субъект или группа субъектов, взаимодействующих с ostis-системой как в рамках общей sc-памяти, так и вне этих рамок.

По признаку причины формирования сообщения ostis-системы выделяются следующие классы сообщений:

Рецепторное сообщение ostis-системы - сообщение ostis-системы, являющееся реакцией на императивное сообщение пользователя ostis-системы. Возможными реакциями ostis-системы на императивное сообщение пользователя являются:

- указание факта завершения выполнения некоторой задачи, что, например, характерно для поведенческих действий;
- получение ответа на поставленную задачу, формируемого либо в результате анализа базы знаний пользовательского интерфейса, либо в результате анализа предметной части базы знаний самой ostis-системы.

Эффекторное сообщение ostis-системы - сообщение ostis-системы, инициируемое самой ostis-системой при возникновении некоторых ситуаций. Такими ситуациями являются: 1) ситуации, возникающие при анализе деятельности самого пользователя. Например, задание аргументов, не соответствующих типу инициируемого действия или появление подсказок при использовании компонентов пользовательского интерфейса; 2) ситуации, возникающие при анализе синтаксиса текстов внешних языков. Например, неполнота сформированного предложения на внешнем языке или использование конструкций, нехарактерных или некорректно использованных в контексте отдельно взятого внешнего языка.

На сообщениях могут быть заданы **отношения**, рассматривающие темпоральные связи между ними, например, *последовательность сообщений** конкретного пользователя на протяжении сеанса эксплуатации ostis-системы. Наличие таких отношений говорит о пересечении рассматриваемой предметной области и Предметной области и онтологии временных сущностей. Рассмотрим примеры таких отношений:

последовательность сообщений*
=> *включение*:*
- *временная последовательность сообщений**
- *логическая последовательность сообщений**

Рассмотрим, чем отличаются два способа организации сообщений:

Временная последовательность сообщений* - *последовательность сообщений**, в которой порядок следования сообщений ostis-системы зависит от времени их отправления.

Логическая последовательность сообщений* - *последовательность сообщений**, в которой порядок следования определяется смыслом сообщений ostis-системы.

III. Заключение

В работе был рассмотрен фрагмент онтология Предметной области интерфейсных действий ostis-системы, позволяющая унифицировать интерфейсную деятельность ostis-системы. Благодаря рассмотренной онтологии появляется возможность анализа интерфейсной деятельности ostis-системы, позволяющая адаптировать систему к нуждам пользователя.

1. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. - Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2015.
2. Метасистема IMS.OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2016. – Режим доступа: http://ims.ostis.net/. – Дата доступа: 15.09.2016.
3. Борискин, А. С. - Ontology-Based Design of Intelligent Systems User Interface./Boriskin A.S., Koronchik D.N. Zhukau I.I., Sadouski M.E., Khusainov A.F // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.

ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Войтиховский П. Д., Гриб Я. В., Логвинович М. Н.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: VPavelDm@yandex.ru, grib.yan98@mail.ru, vedmark2012@gmail.com

В данной статье рассмотрена онтология предметной области графических примитивов и реализован простейший пример представления изображения через графические примитивы.

Введение

Каждая интеллектуальная система оперирует базой знаний[1], описанной на внутреннем языке, и диалог осуществляется как обмен сообщениями между пользователем и системой. Чтобы такой диалог состоялся, необходимо отобразить фрагмент базы знаний во внешнюю форму[2]. Примером внешнего языка представления знаний является язык чертежей.

При построении чертежей приходится иметь дело со **знаками** и **изображениями** геометрических объектов. Знаку сущности может соответствовать несколько изображений в зависимости от смыслового контекста, контекста конкретной предметной области, то есть, знаки сущностей отражают семантику некоторого текста, а изображения являются элементами синтаксиса языка, на котором этот текст написан.

Любое изображение может быть построено из **графических примитивов**, являющихся объектом исследования Предметной области графических примитивов. Онтология данной предметной области является непосредственной частью онтологической модели пользовательских интерфейсов ostis-систем[3], в частности, используется для описания внешних языков представления знаний и при анализе изображений.

Описание онтологии предметной области

Максимальным объектом исследования Предметной области графических примитивов является понятие **графического примитива** - элемента множества геометрических фигур, лежащих в основе всех графических построений[4]. Данное множество формируется из элементов, достаточных для описания любого изображения.

Графические примитивы можно разделить на три вида в зависимости от предпочтительного или допустимого вида графики:

графический примитив
<= *разбиение*:*
{
- *растровый примитив*
- *векторный примитив*
- *фрактальный примитив*

}

- **Растровый примитив** – графический примитив, представляющий собой сетку пикселей.
- **Векторный примитив** – графический примитив, состоящий из элементарных фигур.
- **Фрактальный примитив** – графический примитив, составленный из частей, каждая из которых похожа на всё изображение.

Исходя из сложности и назначения графические примитивы бывают:

графический примитив
=> *включение*:*
- *пиксель*
- *линейный примитив*
  => *включение*:*
  - *прямолинейный примитив*
  - *криволинейный примитив*
  - *примитив ломаной*
- *плоскостной примитив*
  => *включение*:*
  - *многоугольный примитив*
    => *включение*:*
    - *треугольный примитив*
    - *прямоугольный примитив*
  - *элиптический примитив*
    => *включение*:*
    - *примитив окружности*
    - *примитив дуги*
- *шрифт*
- *изображение*

К подклассам *графических примитивов* можно отнести:

- **пиксель** – ростейший графический примитив, из которого который обладает такими характеристиками, как *координата*, *цвет*. Из пикселей состоит любое изображение.
- **линейный примитив** – *графический примитив*, не имеющий *площади*. Подклассами *линейного примитива* являются:
  - **прямолинейный примитив** – *линейный примитив*, все элементы которого располагаются на прямой.
  - **криволинейный примитив** – *линейный примитив*, представляющий со-

бой непрерывное множество точек на плоскости.

  - **примитив ломаной** – *линейный примитив*, образованный пересечением прямолинейных примитивов в граничных точках.
- **плоскостной примитив** – *графический примитив*, который представляет собой множество пикселей, занимающих некоторую площадь. К частным случаям *плоскостных примитивов* можно отнести:
  - *многоугольный примитив* – *плоскостной примитив*, который представляет собой множество пикселей, расположенных между замкнутым ломаным примитивом.
  - *эллиптический примитив* – *плоскостной примитив*, ограниченный линейным примитивом и который может быть получен как ортогональная проекция окружности на плоскость.
- **шрифт** – *графический примитив*, который отображает символы определенного размера и формы.
- **изображение** – *графический примитив*, представляет собой произвольное множество пикселей на плоскости. Является самым сложным графическим примитивом.

Использование понятий предметной области

В качестве формальной основы в рамках Проекта OSTIS используется универсальный язык, названный **SC-*кодом.*** Тексты указанного языка записываются в виде семантических сетей: элементы таких семантических сетей названы *sc-элементами*, а связи - *sc-коннекторами*. Рассмотрим в качестве примера изображение класса, являющегося подмножеством sc-элемента:



Рис. 1 – Изображение класса.

Сформулируем для этого **правило**, текст которого будет выглядеть следующим образом: "Изображение класса - это примитив окружности, объединённый с тремя пересекающимися линейными примитивами, граничные точки которых лежат на этом примитиве окружности."Это правило представим с помощью языка логических формул и онтологий, используя специальное расширение SC-кода:

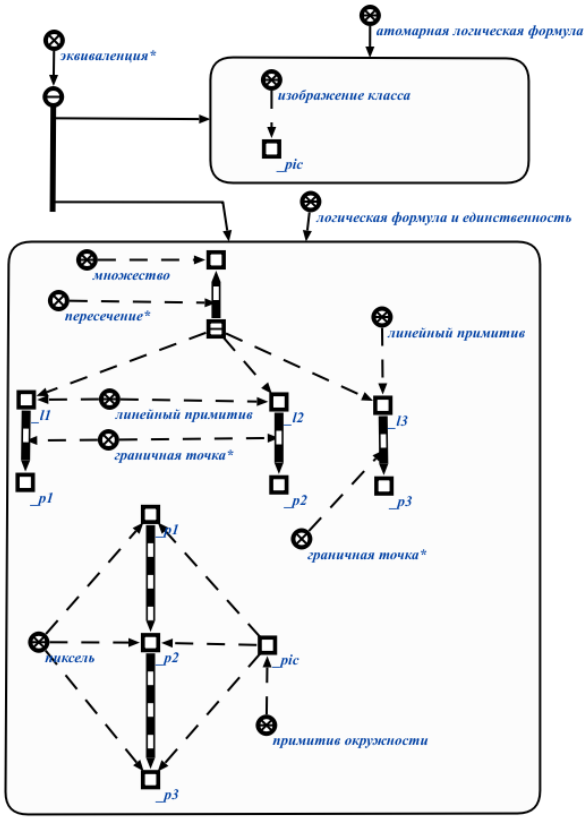


Рис. 2 – Пример правила

Заключение

В статье была рассмотрена онтология предметной области графических примитивов и обозначено практическое применение данной онтологии. Также рассмотрен пример представления простейшего изображения с помощью понятий описанной онтологии, на основе которого возможно последующее проектирование изображений с нуля.

Список литературы

1. Davydenko, I. T. Ontology-based knowledgebase design, / I. Davydenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.
2. Борискин, А. С., Жуков, И. И., Корончик, Д. Н., Садовский, М. Е., Хусаинов, А. Ф. - Онтологическое проектирование пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2017). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2017.
3. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. - Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2015.
4. Шишкина, Е. В., Боресков, А. В., - Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения. - М.:ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. – 288 с.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Иодо М. А.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: mikhailiodo@gmail.com

В работе предлагается подход к реализации построения пространственной модели окружения на основе параллакса, то есть изменения видимого положения объектов относительно друг друга в зависимости от положения камеры. Для применения данного подхода необходимо решить две проблемы – это отслеживание изменения положения камеры и отслеживание перемещения объектов на различных кадрах.

Введение

В настоящее время машинное зрение получило широкое распространение. Самый простой пример – станки с числовым программным управлением, в которых машинное зрение предполагает получение визуальной информации об объекте и её преобразование для формирования команд, управляющих исполнительными механизмами. Первые опыты по внедрению машинного зрения относятся к 70-м годам XX века, однако сложность заключалась в отсутствии оборудования с достаточными вычислительными мощностями. Кроме того, видеооборудование было такими громоздкими, что это сводило на нет всю целесообразность машинного зрения. В настоящее время практически любой мобильный телефон может использоваться как устройство для систем машинного зрения, что и происходит, постоянно появляются системы распознавания различных образов и дополненной реальности. Не смотря на активное развитие в данной области, построение трехмерных моделей с помощью входного видео сигнала применяются редко, вместо этого моделирование происходит вручную в специализированных программных пакетах, таких как 3ds Max, Blender и прочие.

I. Постановка задачи

Исходными данными являются видео, т.е. последовательность изображений, и последовательность положений камеры в пространстве. Положение камеры представлено в виде матрицы преобразования, которая аналогична той, что используется в компьютерной графике, и включает в себя изменение местоположения камеры относительно начала системы координат, в которой будет представлена модель окружения, изменение ориентации в пространстве и параметры камеры, такие как угол обзора. Данная матрица получается в результате перемножения матриц перемещения, вращения и перспективной проекции. Необходимо определить трехмерную модель окружения в векторном или воксельном виде.

II. Представление данных

Видео есть последовательность кадров, т.е. последовательность изображений. Цвет не имеет значения, поэтому все кадры черно-белые. Одно изображение представлено в виде матрицы пикселей, где один пиксель представлен в виде дробного числа в диапазоне от нуля до единицы, где ноль – это черный цвет, а единица – белый.

Пусть имеется L входных кадров, причем n – количество пикселей в одном кадре. Тогда совокупность входных изображений можно представить в виде следующей матрицы:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1^1 & y_2^1 & ... & y_n^1 \\ y_1^2 & y_2^2 & ... & y_n^2 \\ ... & ... & ... & ... \\ y_1^L & y_2^L & ... & y_n^L \end{pmatrix},$$

где $Y^L = (y_1^L y_2^L ... y_n^L)$ соответствует L-му входному образу.

Положение камеры, как отмечалось ранее, можно представить в виде матрицы преобразования, которые используются в компьютерной графике. Такие матрицы представляются в двумерном виде размерностью $4 * 4$, т.к. предназначены для работы с однородной системой координат, используемой в проективной геометрии. Однородные координаты обладают тем свойством, что определяемый ими объект не меняется при умножении всех координат на одно и то же ненулевое число. Из-за этого количество координат, необходимое для представления точек, всегда на одну больше, чем размерность пространства, в котором эти координаты используются, т.е. для представление точки в трехмерном пространстве используется четырехмерный вектор. Для простоты подобную матрицу можно представить в одномерном виде размерностью $1 * 16$, тогда всю последовательность положений камеры можно представить в виде следующей матрицы:

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_{16}^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_{16}^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^L & x_2^L & \dots & x_{16}^L \end{pmatrix},$$

Количество положений камеры равно количеству кадров, т.е. каждому кадру соответствует одно положение камеры в пространстве.

III. Аппаратная реализация

Первоначальным этапом построения построения модели окружения является получение входных данных, т.е. видео сигнала и последовательности положения камеры. Для этого необходимо устройство оснащенное камерой, акселерометром и гироскопом, как практически любой современный мобильный телефон. Показания гироскопа и акселерометра используются для вычисления изменения положения камеры и генерации последовательности положений камеры, данная задача уже имеет множество решений в виде готовых библиотек из-за развития направлений виртуальной реальности и дополненной реальности.

IV. Принцип построения трехмерной модели объектов

Предлагаемый принцип построения трехмерной модели объектов окружения основан на предположениях о модели окружения и проверках предположений. Данный подход в некоторой степени схож с принципом обучения нейронной сети с учителем, т.е. имеется множество входных данных и множество соответствующих им выходных данных, процесс обучения заключается в уменьшении разности между выходным значениями нейронной сети и известными правильными значениями. Входными данными в этом случае являются матрицы преобразований, т.е. матрицы камеры, а выходными изображения которые сравниваются с кадрами виде. Отличие заключается в том, что в процессе обучения нейронной сети подбирается матрица весов и пороговых значений, а в процессе построения модели окружения подбирается множество вершин объектов. При правильно построенной трехмерной модели выходное изображение рендера будет верно для любого значения матрицы преобразований. Общую схему можно представить в следующем виде:



Рис. 1 – Схема растеризации

Таким образом построение модели окружения заключается в предположении о 3D-объектах окружения, результатом которого является 3D-сцена, проверке этой сцены на соответствие действительности, внесении изменений в сцену до тех пор пока выходные значения рендеринга не будут схожи с кадрами видео.

Предположения об объектах сцены строятся на выявлении контуров и фигур на кадрах видео, например бинаризацией изображения по порогу, меняя порог можно выявлять различные объекты на одном изображении:



Рис. 2 – Выявление фигур на изображении

Сравнивать выходные изображения рендрера и кадры видео также стоит в рамках выявленных фигур и контуров например методами Робертса, Превитта и Собеля [1–3].

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений — М: Техносфера, 2005 – 1007с.
2. Кудрявцев Л.В. Краткий курс математического анализа – М.: Наука, 1989 – 736с.
3. Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений – М.: Высш. школа, 1983 – 295с.
4. Kolmogorov V. and Zabih R. Computing visual correspondence with occlusions using graph cuts / V. Kolmogorov, R. Zabih// Proc. Int. Conf. Computer Vision, Vancouver, BC, Canada, – 2001. – P. 508–515.
5. Greig D., Porteous B., and Seheult A. Exact maximum a posteriorestimation for binary images / D. Greig, B. Porteous, J. Roy // Statist. Soc. – 1989. – Vol. 51, № 2. – P. 271–279.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕСТОВЫМИ ЗАДАНИЯМИ В MOODLE

Цегельный В. С.
факультет прикладной математики и информатики, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {tsahelny}, matem@matem.biz

Обсуждается вариант расширения функциональности системы дистанционного обучения Moodle. Для демонстрации эффективности предлагаемого подхода рассмотрен пример проведения тестирования на основе базового способа генерации индивидуального комплекта заданий теста случайным образом. Предлагается управляемый порядок генерации последовательности вопросов согласно времени входа обучаемого, показаны преимущества. Рассматриваемый алгоритм варианта управления процессом тестирования после анализа и обобщения конкретных практических примеров будет основой реализации подсистемы формирования интеллектуального контента для индивидуального образовательного маршрута.

Введение

В настоящее время система образования модернизируется на всех уровнях. В дополнение очному и заочному обучению приходят системы для обеспечения и организации совместного процесса создания, редактирования и управления содержимым, иначе — контентом. Примером таких систем являются DotNetNuke [1], Joomla [2]. Для управления учебной деятельностью эффективно использовать системы дистанционного обучения (СДО), среди которых можно выделить: Moodle [3]; Google Class [4]; Microsoft Education [5]; обучающая система от Яндекс [6]. Совершенствуется система открытого и смешанного (очно-виртуального) образования; реализуются парадигмы образования на протяжении всей жизни (lifelong learning), которые предполагают возможность доступа людей к образовательным ресурсам повсюду и в любое время [7]. Мобильное обучение (m elearning), обучение, проникающее во все сферы жизни общества и человека, когда обучающиеся могут физически отсутствовать в учебных аудиториях, самостоятельно выбирая свое местонахождение в процессе обучения: не человек идет к знаниям, а знания доставляются человеку [8]. Соответствующие процессы развиваются на основе новых информационных технологий, позволяющих быстро и качественно разрабатывать семантически совместимые компьютерные системы, управляемые знаниями, и способные создавать временные коллективы компьютерных систем для распределённого решения сложных задач [9]. Алгоритм адаптации обучающей системы может быть взят из исходной когнитивной карты, состоящей из учебных блоков, влияние которых на блок, указанный пользователем в качестве целевого, наиболее существенно. Актуальной (особенно при организации дистанционного обучения) является задача определения программных средств и исходных баз знаний, позволяющих решать вопросы создания и сопровождения интерактивных образовательных ресурсов широкому кругу преподавателей, в том числе тем, кто не имеет опыта программирования [10]. Таким образом, выполняется запрос на социальную умную образовательную среду, которая будет отслеживать действия обучаемых и выполнять административные функции преподавателя. Белорусский государственный университет, наряду с большинством ВУЗов мировых стран, использует разные среды, в том числе, Moodle.

Во всех СДО присутствует элемент курса, позволяющий разрабатывать тестовые задания с использованием различных типов вопросов. Возможности тестовой подсистемы Moodle позволяют указать для каждого теста множество различных настроек. Наиболее востребованной среди преподавателей и активных пользователей Moodle является пример проведения тестирования на основе базового способа генерации индивидуального комплекта заданий теста случайным образом. На форуме предлагается такое решение: "Создать тест, в котором из N вопросов выбираются M случайных для каждого сдающего. Т.е. тест один, но каждому сдающему свой набор вопросов". Предлагается решение: "Делаем K категорий, в каждой по N вопросов и добавляем в тест M<N случайных вопросов из каждой категории. Получаем тест из K*M вопросов, при этом M вопросов принадлежат каждой отдельно взятой категории."[11]. Следует отметить, что при таком варианте формирования индивидуальных комплектов заданий появляются пропуски многих тестовых заданий и, как следствие, выдача одинаковых заданий большему количеству студентов. Предлагается управляемый порядок генерации последовательности вопросов согласно очереди входа обучаемого, показаны преимущества подготовки набора тестовых заданий из каждой категории вариантов.

I. Предлагаемое решение

Схема управляемого порядка генерации последовательности вопросов представлена на рис. 1. Преподаватель формирует предварительно задания для каждой лекции (модуль 1). Тестирование состоит из N вопросов (цикл 1), где каждый вопрос имеет K_N вариантов. Предлага-

ется дополнить тестовое занятие, которое может быть очным или заочным, следующим: каждый из M обучаемых получает вопрос согласно его времени входа (цикл 2). Управляемый порядок генерации последовательности вопросов предлагает обучаемому, которому не хватило варианта, вопрос из предварительно сгенерированного набора (модуль 2).

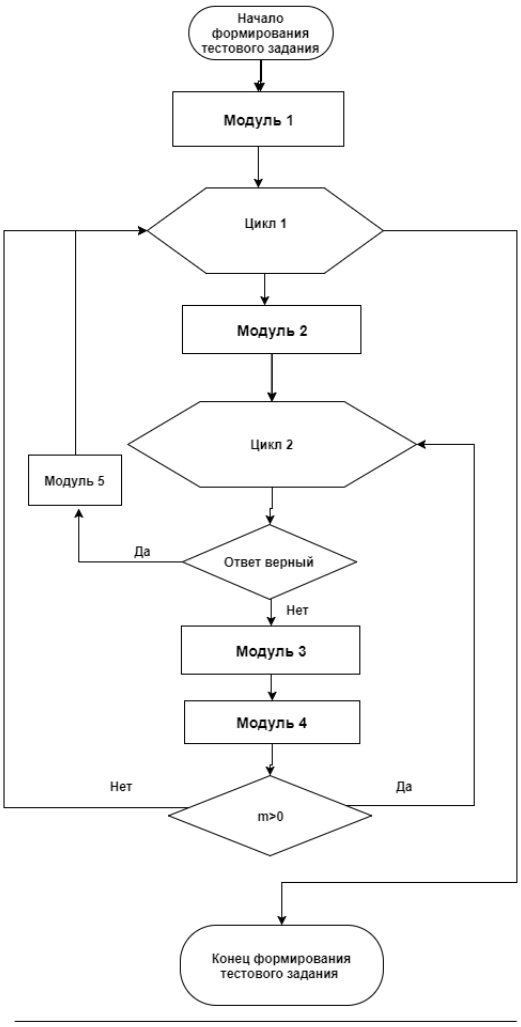


Рис. 1 – Схема алгоритма тестирования

Таким образом, каждое задание выдаётся из набора, который для M элементов формируется заранее и заполняется последовательно числами, которые получаются при остатке от деления $[(i + K_N)/K_N]$, где i — порядковый номер, который зависит от времени входа обучаемого на данный вопрос. На выполнение каждого задания выделяется m попыток и имеется ограничение по времени T. Каждая ошибка понижает рейтинг обучаемого (модуль 3), количество оставшихся попыток m уменьшается (модуль 4), а задание выдаётся следующее из соответствующей серии вопросов. Студенты, выполняющие задания с первой попытки и с большей скоростью, чем остальные, повышают свой рейтинг (модуль 5).

Преимущество данного подхода над выдачей вариантов случайным образом заключается в следующем: создаётся управляемый порядок генерации последовательности вопросов, когда каждому обучаемому выдаётся задание согласно его времени входа на каждое задание.

II. Заключение

Предлагаются: 1) Новые технические решения в организации контроля знаний очно-заочного, дистанционного обучения. 2) Управляемый порядок генерации последовательности вопросов согласно очереди входа обучаемого, показаны преимущества.

III. Список литературы

1. Content Management System - .NET CMS Software from DNN [Electronic resource] / – Mode of access: (`(http://www.dnnsoftware.com/)`) – Date of access: 13.09.2017.
2. Content Management System Joomla [Electronic resource] / – Mode of access: (`(https://www.joomla.org/)`) – Date of access: 13.09.2017.
3. Официальный сайт Moodle [Electronic resource] / – Mode of access: (`https://moodle.org/`) – Date of access: 14.09.2017.
4. Официальный сайт Google for education [Electronic resource] / – Mode of access: (`https://edu.google.com/products/productivity-tools/classroom/`) – Date of access: 14.09.2017.
5. Официальный сайт Microsoft для образования [Electronic resource] / – Mode of access: (`https://education.microsoft.com/`) – Date of access: 17.09.2017.
6. Образовательная система Яндекс [Electronic resource] / – Mode of access: (`(https://ege.yandex.ru/ege)`) – Date of access: 13.09.2017.
7. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса современного университета / С. В. Абламейко [и др.]. // – Минск: БГУ, 2013. –С. 1–5. [Электронный ресурс] / URI документа:http://elib.bsu.by/handle/123456789/51317
8. Абламейко, С. В. Информационные технологии мобильного обучения и открытого образования / С. В. Абламейко, Ю. И. Воротницкий. // –Минск: БГУ, 2016. – С. 678-686. [Электронный ресурс] / URI документа:http://elib.bsu.by/handle/123456789/160476
9. Голенков, В. В. Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2015) : материалы V междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 февраля 2015 года)/ редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 57-78.
10. Таранчук, В. Б. Практические аспекты и решения разработки функционально насыщенных интерактивных образовательных ресурсов / В. Б. Таранчук // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии = International congress on Computer Science: Information Systems and Technologies : материалы междунар. науч. конгресса, Республика Беларусь, Минск, 24 – 27 октября 2016 г. - Минск : БГУ, 2016. – С. 328–331. [Электронный ресурс] / URI документа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/160024
11. Форум технической поддержки Moodle [Electronic resource] / – Mode of access: https://moodle.org/mod/forum/discuss.php?d=161241. – Date of access: 14.09.2017.

СТРУКТУРА И НАЗНАЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МЕТАСИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Гракова Н. В., Родионова О. С., Русецкий К. В.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: grakova.nv@gmail.com, oks.rodionova@mail.ru, rusetski.k@gmail.com

В данной работе рассматриваются структура и назначение интеллектуальной метасистемы поддержки проектирования интеллектуальных систем по Технологии OSTIS

Введение

На сегодняшний день актуальной является задача быстрой и качественной разработки прикладных интеллектуальных систем. Для решения данной задачи предлагается создать комплекс моделей, методов и средств, предлагаемых конкретной технологией в виде интеллектуальной метасистемы поддержки проектирования интеллектуальных систем.

Указанная интеллектуальная система должна включать в себя:

1. теорию (принципы построения) проектируемых интеллектуальных систем, которая входит в состав базы знаний метасистемы;
2. библиотеку типовых многократно используемых компонентов интеллектуальных систем, которая входит в состав базы знаний рассматриваемой метасистемы;
3. средства автоматизации синтеза, анализа и имитационного моделирования проектируемых интеллектуальных систем и их компонентов (это подсистема интеллектуальной метасистемы, ориентированная на решение задач проектирования интеллектуальных систем);
4. интеллектуальную help-систему, являющуюся подсистемой рассматриваемой интеллектуальной метасистемы ориентированной на информационное обслуживание и обучение разработчиков интеллектуальных систем;
5. методику проектирования интеллектуальных систем, которая оформляется как часть базы знаний метасистемы;
6. методику обучения проектированию интеллектуальной системы, которая также является частью базы знаний метасистемы;
7. интеллектуальную подсистему управления проектированием самой метасистемы;
8. интеллектуальную подсистему управления информационной безопасностью метасистемы;
9. семейство различных платформ интерпретации унифицированных абстрактных логико-семантических моделей интеллектуальных систем. [1]

В качестве решения указанной выше задачи для Технологии OSTIS предлагается Метасистема IMS.OSTIS (Intelligent Metasystem of Open Semantic Technology for Intelligent Systems) [2], которая представляет собой комплекс моделей, средств и методов, предназначенных для постоянного обновления и совершенствования предлагаемой технологии. Данная метасистема может быть использована не только для развития и сопровождения самой себя (что является ее отличительной особенностью), но и любых других интеллектуальных систем, построенных по Технологии OSTIS.

Пользователями интеллектуальной Метасистемы IMS.OSTIS являются:

1. читатели, желающие познакомиться с Технологией OSTIS (для таких пользователей необходимо обеспечить удобную навигацию по базе знаний IMS.OSTIS и разработать средства отображения имеющихся в системе знаний);
2. разработчики прикладных интеллектуальных систем, проектируемых по Технологии OSTIS (для таких пользователей система должна содержать описания методик и средств проектирования, а также библиотеки многократно используемых компонентов);
3. разработчики самой Метасистемы IMS.OSTIS:
   - 3.1. разработчики унифицированной семантической модели базы знаний IMS.OSTIS (для таких пользователей в системе должны присутствовать средства интеграции, редактирования и верификации знаний);
   - 3.2. разработчики унифицированной семантической модели машины обработки знаний Метасистемы IMS.OSTIS;
   - 3.3. разработчики унифицированной семантической модели пользовательского интерфейса Метасистемы IMS.OSTIS;
   - 3.4. разработчики средств технической реализации Метасистемы IMS.OSTIS.

I. Спецификация Технологии OSTIS

Технологию OSTIS можно трактовать как специальным образом организованную деятельность по проектированию интеллектуальных систем или же как комплекс моделей, методов и средств, предназначенных для разработки интеллектуальных систем, а также для постоянного обновления и совершенствования этой технологии.

Комплексный Проект OSTIS, направленный на создание и развитие Технологии OSTIS, кроме разработки самой технологии в виде Метасистемы IMS.OSTIS, должен включать целый спектр подпроектов, направленных на расширение контингента разработчиков самой технологии, разработчиков интеллектуальных систем, использующих предлагаемую технологию, спектра разрабатываемых приложений, а также на расширение библиотеки многократно используемых компонентов интеллектуальных систем.

Особое внимание в рассматриваемой технологии уделяется именно расширению библиотеки многократно используемых компонентов интеллектуальных систем, так как построение нового программного продукта путём объединения необходимых многократно используемых компонентов решает одну из наиболее остро стоящих в настоящее время проблем - большие временные затраты на выпуск первого прототипа системы.

II. Спецификация Метасистемы IMS.OSTIS

Метасистема IMS.OSTIS представляет собой интеллектуальную систему, построенную по Технологии OSTIS и, следовательно, состоящую из следующих основных компонентов:

1. унифицированной семантической модели (sc-модели) базы знаний Метасистемы IMS.OSTIS [3];
2. унифицированной семантической модели (sc-модели) машины обработки знаний Метасистемы IMS.OSTIS [4];
3. унифицированной семантической модели (sc-модели) пользовательского интерфейса Метасистемы IMS.OSTIS [5];
4. технической реализации интерпретатора указанных унифицированных семантических моделей. Сюда входит техническая реализация унифицированной семантической памяти (sc-памяти) для хранения унифицированных семантических сетей (sc-текстов) и техническая реализация интерпретатора программ, описывающих обработку информации в указанной sc-памяти [6].

В базе знаний интеллектуальной метасистемы IMS.OSTIS содержится описание её структурных компонентов и особенностей их реализации.

III. База знаний IMS

Базу знаний Метасистемы IMS.OSTIS можно рассмотреть как результат интеграции текстов SC-кода, являющихся [1]:

1. формальными спецификациями всевозможных продуктов (результатов) Проекта OSTIS, направленного на создание Технологии OSTIS, а также подпроектов и проектных задач, входящих в состав этого проекта;
2. полной документацией указанных продуктов и обеспечивающих их воспроизведение (если продукт является базой знаний, то его документация совпадает с представлением указанной базы знаний на некотором внешнем языке);
3. формальными спецификациями проектов или проектных задач, результатами выполнения которых являются указанные продукты.

IV. Спецификация Машины обработки знаний IMS.OSTIS

База знаний Метасистемы IMS.OSTIS также содержит спецификацию Машины обработки знаний Метасистемы IMS.OSTIS, включающую перечень sc-агентов, обеспечивающих функционирование этой системы и их спецификации [4].

Заключение

Рассмотренный в данной работе Проект IMS.OSTIS - это метапроект, направленный на разработку, сопровождение и обновление интеллектуальной Метасистемы IMS.OSTIS. Указанная метасистема рассматривается как конструктивная форма воплощения открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем.

1. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А.Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования (OSTIS-2012): Материалы II Междунар. научн.-техн. конф. // Мн.: БГУИР, 2012
2. Метасистема IMS.OSTIS [Электронный ресурс]. – Минск, 2017. – Режим доступа: http://www.ims.ostis.net. – Дата доступа: 10.09.2017.
3. Давыденко, И. Т. Технология компонентного проектирования баз знаний на основе унифицированных семантических сетей (OSTIS-2013): Материалы III Междунар. научн.-техн. конф. // Мн.: БГУИР, 2013
4. Шункевич, Д. В. Модели и средства компонентного проектирования машин обработки знаний на основе семантических сетей (OSTIS-2013): Материалы III Междунар. научн.-техн. конф. // Мн.: БГУИР, 2013
5. Корончик, Д. Н. Унифицированные семантические модели пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем и технология их компонентного проектирования (OSTIS-2013): Материалы III Междунар. научн.-техн. конф. // Мн.: БГУИР, 2013
6. Корончик Д. Н. Реализация хранилища унифицированных семантических сетей (OSTIS-2013): Материалы III Междунар. научн.-техн. конф. // Мн.: БГУИР, 2013

ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Межень А. Л., Пашкевич Е. С., Сафоненко К. А.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {karina.safonenko, nastassialmezhen}@gmail.com, pashkevich.elena99@mail.ru

В данной статье рассмотрена структура онтологии предметной области геометрических преобразований и примеры использования понятий, входящих в данную онтологию.

Введение

При решении прикладных задач, связанных с изменением формы объектов, возникает необходимость в преобразованиях фигур, являющихся границами этих объектов. Такие преобразования носят название **геометрических преобразований**, а описывающие их предметная область (ПрО) и онтология[1] могут быть использованы для спецификации внешних языков представления знаний[2], аких как язык чертежей, язык электрических схем и др.

Анализируемая предметная область является смежной с такими предметными областями, как:

- **ПрО геометрии Евклида** – геометрические преобразования используются тут для решения задач, связанных с построением, а также в протоколах доказательств некоторых теорем.
- **ПрО пространственных сущностей** – геометрические преобразований используются здесь, как дополнительные средства позиционирования компонентов пользовательского интерфейса.
- **ПрО физики** – геометрические преобразования позволяют описывать механику и динамику физических тел.

Далее будет рассмотрена онтология предметной области геометрических преобразований, а также приведён пример использования понятий данной предметной области – протокол решения задачи на построение.

I. Описание онтологии предметной области

Максимальным объектом исследования Предметной области геометрических преобразований является понятие *преобразование фигуры**.

Преобразование фигуры* – отношение, первой компонентой связок которого является знак *геометрической фигуры*, каждой *точке* которой ставится в соответствие *точка* другой *геометрической фигуры*, знак которой является второй компонентой связок.

Рассмотрим подклассы данного отношения:

преобразование фигуры*
<= *разбиение*:*
{
• *атомарное преобразование фигуры**
• *неатомарное преобразование фигуры**
}
=> *включение*:*
• *подобие**
=> *включение*:*
• *гомотетия**
• *движение**
=> *включение*:*
• *параллельный перенос**
• *поворот**
• *симметрия**

С точки зрения сложности преобразования могут быть **атомарными** – *преобразования фигуры**, не имеющие в составе других *преобразований** - или **неатомарными** – *преобразования**, являющиеся результатом последовательного осуществления *преобразований**. *Неатомарное преобразование** также называют **композицией преобразований**[3].

Одним из подклассов *преобразованием фигуры** является **движение*** – *преобразование фигуры**, при котором сохраняется *расстояние** между любыми ее *точками*.

Примерами *движения** являются *параллельный перенос**, *поворот** и *симметрия**.

Параллельный перенос* – *преобразование фигуры**, при котором каждая ее *точка* A(x,y), где x, y - координаты *точки* A, переходит в *точку* A' (x+a, y+b), причём числа a и b одни и те же для всех *точек фигуры*.

Поворот* – тернарное отношение, первый компонент связки которого представляет собой знак *геометрической фигуры*, второй - знак *точки* этой фигуры (*центр поворота**), относительно которой осуществляется *поворот**, третий - знак *угла*, сохраняемого при *повороте** фигуры.

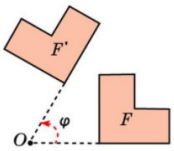


Рис. 1 – Пример поворота геометрической фигуры

Симметрия* – неизменность при *преобразовании фигуры*.

Данное отношение можно уточнить с использованием следующих подклассов:

- **Симметрия относительно точки*** – *преобразование фигуры**, при котором каждой *точке* A ставится в соответствие *точка* A' такая, что *точка* O (*центр симметрии**) является *серединой** *отрезка* AA'.
- **Симметрия относительно прямой*** – *преобразование фигуры**, при котором каждой *точке* A ставится в соответствие *точка* A' такая, что *отрезок* AA' *перпендикулярен** *прямой* α (*осью симметрии**) и делится ею пополам.

Ещё одним подклассом геометрических *преобразований** является **преобразование подобия*** – *преобразования фигуры**, при котором *расстояние** между любой *парой точек фигуры* изменяется в одно и то же число раз. Частным случаем подобия является **гомотетия*** – *преобразование фигуры** (O - *центр фигуры**), при котором каждой *точке* A *фигуры* ставится в соответствие *точка* A' такая, что OA' = k * OA.

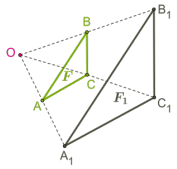


Рис. 2 – Пример гомотетии

II. Использование понятий предметной области

Рассмотрим следующую задачу на построение: построить середину отрезка AB, т.е. найти точку O, такую, что AO = OB.

Протокол решения этой задачи выглядит следующим образом:

1. Построим окружности Окр(AB) и Окр(BA). Эти окружности пересекаются в точках C и D.
2. CD пересекает AB в точке E, точка E – искомая, так как Тр-к ACD = Тр-ку BCD, поэтому CD – биссектриса в равнобедренном треугольнике CAB. Следовательно, CD – медиана.

Приведём графическое решение задачи для удобства восприятия последующей информации:

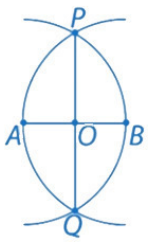


Рис. 3 – Графическое решение задачи на построение

Запишем решение на формальном языке с использованием описанных ранее понятий:

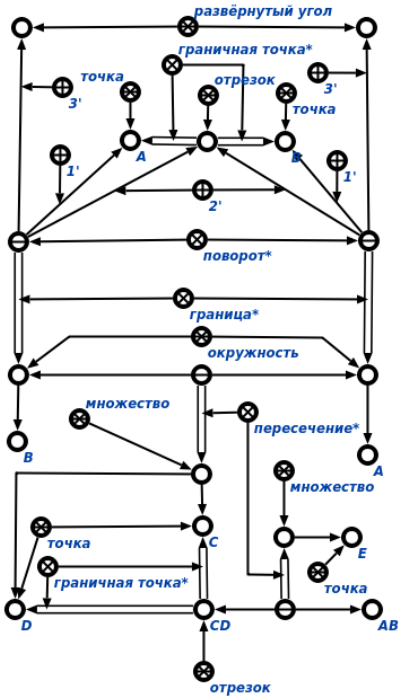


Рис. 4 – Композиция преобразований для нахождения середины отрезка

III. Заключение

В работе приведена онтология предметной области геометрических преобразований, используемая в различных областях знаний, в частности, для решения задач на построение.

IV. Список литературы

1. Davydenko, I. T. Ontology-based knowledgebase design, / I. Davydenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.
2. Борискин, А. С., Жуков, И. И., Корончик, Д. Н., Садовский, М. Е., Хусаинов, А. Ф. - Онтологическое проектирование пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2017). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2017.
3. Стрельченя, В. М. Геометрия. Справочник школьника / В. М. Стрельченя // Издательство: Универсал-Пресс, 2004. – 112 с.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МАШИН ОБРАБОТКИ БАЗ ЗНАНИЙ

Голенков В. В., Шункевич Д. В.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: golen@bsuir.by, shunkevichdv@gmail.com

Работа посвящена анализу возможных сфер применения современных интеллектуальных систем, основанных на знаниях, в результате которого сформулированы требования, предъявляемые к машинам обработки баз знаний таких систем, а также предложены базовые принципы построения технологии создания таких машин.

Введение

В настоящее время все более актуальным становится использование интеллектуальных систем в самых различных областях человеческой деятельности. В частности, одним из наиболее перспективных направлений в данной области является разработка интеллектуальных систем, основанных на знаниях [1].

Одним из ключевых компонентов каждой такой системы является машина обработки базы знаний, обеспечивающая возможность решать различные задачи, связанные как с непосредственно основной функциональностью системы, так и с обеспечением эффективности работы такой системы, а также с обеспечением автоматизации развития самой этой системы.

Расширение областей применения интеллектуальных систем требует от таких систем возможности решения комплексных задач, то есть таких задач, решение которых предполагает применение целого ряда различных моделей представления и различных моделей обработки знаний.

Примерами таких задач являются:

- Задача понимания текстов естественного языка, как печатного, так и рукописного, понимания речевых сообщений, семантического анализа изображений.
- Задача автоматизации адаптивного обучения школьников и студентов.
- Задача планирования поведения в интеллектуальных роботах.
- Задача комплексной и быстро эволюционируемой автоматизации различных предприятий.
- и другие.

Возможность использования различных моделей решения задач в рамках одной системы позволит декомпозировать комплексную задачу на подзадачи, каждая из которых может быть, в свою очередь, решена одним из известных системе способов. Благодаря комбинации различных моделей решения задач число классов решаемых такой системой задач будет значительно больше, чем суммарное число классов задач, решаемых несколькими системами, каждая из которых реализует только одну из интегрируемых моделей решения задач.

В то же время, в процессе расширения функциональности системы и ее адаптации под изменяющиеся требования возникает необходимость подключения новых ресурсов, в том числе – новых подходов к решению задач тех или иных классов, в связи с чем необходимо иметь возможность добавлять или убирать компоненты без существенных накладных расходов непосредственно в процессе эксплуатации системы.

I. Требования, предъявляемые к машинам обработки знаний

Анализ сфер применения интеллектуальных систем, основанных на знаниях, позволяет сформулировать требования к машине обработки базы знаний интеллектуальной системы, способной решать комплексные задачи:

- в каждый момент времени машина должна обеспечивать решение задач из оговоренного класса за оговоренное время, при этом результат решения задачи должен удовлетворять некоторым известным требованиям. Для верификации могут быть использованы такие современные подходы как unit-тестирование, тестирование «черного ящика» и другие [2].
- машина должна быть легко ***модифицируемой***, то есть трудоемкость внесения изменений в уже разработанную машину должна быть минимальна. При этом внеение изменений должно осуществляться *непосредственно в процессе эксплуатации системы*. При этом накладные расходы на интеграцию новых компонентов или замену существеющих должны быть минимальны.
- дополнительным требованием, предъявляемым к машине обработки базы знаний по отношению к машине обработки знаний вообще, является ее ***полнота*** (целостность, комплексность), то есть такая машина должна обеспечивать всю функциональность системы, т.е. обеспечивать решение

всех задач, как связанных с непосредственным назначением системы, так и обеспечивающих эффективность ее работы.

Поскольку основной целью исследований в области информационных технологий является не разработка конкретных систем, а создание и развитие *технологий разработки* компьютерных систем [3], то сформулируем также требования, предъявляемые к технологиям создания машин обработки баз знаний:

- **комплексность и совместимость**, то есть возможность реализовать с помощью такой технологии различные модели обработки знаний в унифицированном виде, позволяющем обеспечить их совместимость в рамках одной машины обработки базы знаний при решении комплексных задач;
- **снижение сроков и трудоемкости создания машин** обработки баз знаний.
- обеспечение легкости **модифицируемости** машины обработки базы знаний, разработанной с использованием данной технологии, непосредственно в процессе эксплуатации системы, то есть удовлетворение такой машины второму из предъявленных выше требований к машинам.
- быстрая **эволюционируемость самой технологии**, предполагающая, в том числе, наличие средств автоматизации приведения в соответствие текущему состоянию технологии уже разработанных с ее использованием машин;
- **снижение требований к разработчикам** машин обработки баз знаний, которое обеспечивается, в том числе, рассмотренными выше средствами снижения сроков и трудоемкости создания машин обработки баз знаний;

Таким образом, разработка технологии создания машин обработки баз знаний предполагает удовлетворение перечисленных выше требований.

II. Принципы построения технологии создания машин обработки баз знаний

Для реализации технологии создания машин обработки баз знаний, удовлетворяющих предъявленным выше требованиям, предлагается использовать следующие принципы:

- вся необходимая *спецификация всех информационных процессов*, выполняемых в памяти системы, *описывается в этой же памяти* теми же средствами, что и обрабатываемые знания. Такой подход, во-первых, обеспечит независимость такой модели информационных процессов от платформы интерпретации этих моделей, во-вторых, обеспечит возможность системы анализировать происходящие в ней процессы, оптимизировать и синхронизировать их выполнение.
- В качестве основы для построения модели машины обработки базы знаний предлагается использовать многоагентный подход. Данный подход позволяет обеспечить основу для построения параллельных асинхронных систем, имеющих распределенную архитектуру, повысить модифицируемость и производительность разработанных машин.
- Машину обработки базы знаний предлагается рассматривать как иерахическую систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных уровней. Такой подход позволяет обеспечить возможность проектирования, отладки и верификации компонентов на разных уровнях независимо от других уровней, что существенно упрощает задачу создания машины обработки базы знаний за счет снижения накладных расходов.
- При проектировании машины обработки знаний как иерархической системы на каждом из уровней предлагается использовать компонентный подход, что позволит существенно снизить сроки создания машин и повысить их надежность за счет использования отлаженных компонентов. Для реализации такого подхода предлагается разработать библиотеку компонентов машин обработки баз знаний, а также методику создания машин обработки баз знаний, учитывающую наличие такой библиотеки.
- Предлагается строить средства автоматизации и информационной поддержки разработчиков машин обработки баз знаний как специализированную интеллектуальную систему, машина обработки базы зныний которой построена с использованием всех перечисленных прицнипов. Такой подход позволит обеспечить высокие темпы эволюции самих указанных средств.

Заключение

В работе на основе анализа возможных сфер применения современных интеллектуальных систем, основанных на знаниях, сформулированы требования, предъявляемые к машинам обработки баз знаний таких систем, а также предложены базовые принципы построения технологии создания таких машин.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (№ Ф16Р-102, № Ф16Р-102, № Ф16К-068).

1. Alor-Hernández G., Valencia-García R. (eds.) Current Trends on Knowledge-Based Systems / Springer, 2017 – 302 p.
2. Kaner, C. Testing Computer Software, 2nd Edition / C. Kaner, J. Falk, H. Q. Nguyen: Wiley, 1999. – 496 p.
3. Голенков, В.В., Гулякина Н.А. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования./В.В. Голенков, Н.А., Гулякина// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2012): материалы Междунар. научн.-техн.конф. Мн.: БГУИР, 2012 – с.23-52

СЕМАНТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Бобков А. В., Бруцкий А. А., Жук А. А.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {bobkov.andrey.v, d1mqn1ch, san91130324}@gmail.com

В данной работе описан универсальный подход к визуализации различных знаний. Особенностью этого подхода является описание графической информации в базе знаний, с возможностью ее быстрого изменения и расширения.

Введение

Пользовательский интерфейс компьютерной системы является единственным средством донесения информации конечному потребителю. Именно от выбора средства визуализации зависит, то насколько эффективно пользователь воспримет информацию, которую система хотела донести пользователю, и верно отреагирует на нее. Различные информационные конструкции требуют различных способов и подходов к их отображению. В настоящее время для каждого вида отображаемой информации, как правило, разрабатывается отдельный компонент визуализации. Однако такой подход трудоемок и не эффективен, поскольку добавление нового варианта отображения требует разработки нового компонента с нуля. В связи с этим актуальной является задача создания универсального механизма отображения графической информации. Такой механизм необходим для минимизации затрат на разработку новых систем, совершенствования отображения в уже разработанных системах, организации эффективного взаимодействия пользователя с системой. Интеллектуальная система может хранить в себе знания из различных предметных областей, визуализировать которые единым универсальным способом возможно, однако не всегда удобно для конечного пользователя. Для решения проблемы визуализации предлагается разработать средства, позволяющие отображать разные виды знаний различным способом.

Такие средства предлагается разрабатывать в виде компонента[1] для интеллектуальных систем, разработанных с помощью технологии OSTIS[2]. OSTIS - это открытая технология для проектирования интеллектуальных компьютерных систем на основе семантических сетей с теоретико-множественной интепретацией. Базовым языком этой технологии являет SC-код. SC-код - язык внутреннего смыслового представления знаний. Чтобы не работать на прямую с вариантами внешнего представления SC-кода, такими как SCn и SCg, используют специализированные компоненты пользовательского интерфейса, способные наиболее доступным образом отобразить знания конечному пользователю системы. Целью работы является разработка компонента пользовательского интерфейса[3], который способен отображать знания системы в удобной для пользователя графической форме, легко расширяться и поддерживать новые виды отображения знаний.

I. Предлагаемый подход

Предлагаемый подход заключается в разделении описания алфавита языка, его синтаксиса, и правил преобразования внутренних семантических структур в структуры на внешнем языке. Для примера в качестве внешнего языка выберем язык описания процессов PFC[4]. Язык PFC предназначен для описания рецептов со сложными процедурами, включающими параллельные шаги и условные ветвления. Он представляет схему алгоритма наглядным и понятным для человека образом. Пример PFC диаграммы отображен на рисунке 1.

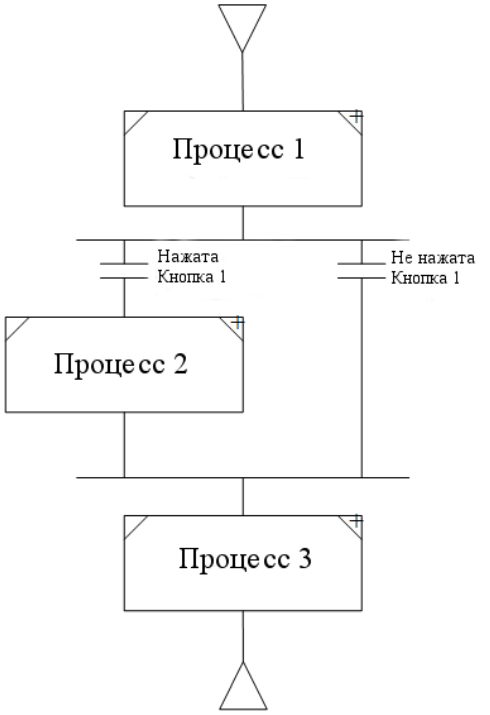


Рис. 1 – Пример PFC диаграммы

Семантическое описание данной диаграммы на языке SCg в базе знаний системы будет

соответствовать фрагменту представленному на рисунке 2.

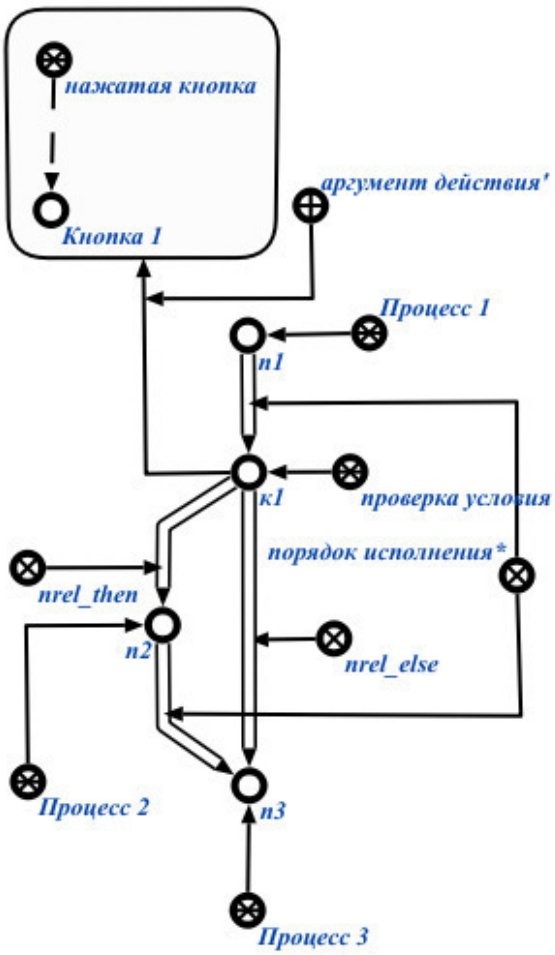


Рис. 2 – Семантическая модель диаграммы

Для преобразования семантической модели в PFC диаграмму, необходимо разработать набор правил преобразования. С помощью данных правил можно преобразовать семантическую модель в синтаксическую и обратно. Синтаксическая модель показывает, какие примитивы PFC необходимо отобразить и каким образом они связаны между собой. Синтаксическая модель диаграммы в сочетании с семантической моделью примитивов языка позволяет интерпретатору преобразовать знания, представленные семантическими сетями в полноценную PFC диаграмму. Фрагмент синтаксической модели представлен на рисунке 3.

Обратное преобразование PFC диаграммы в базу знаний позволит сгенерировать новый рецепт в базе знаний системы и загруженный рецепт станет понятен для системы. Следовательно, конечному пользователю не надо вникать в особенности внутреннего представления знаний в системе для того, чтобы добавить, отредактировать или удалить знания из системы.

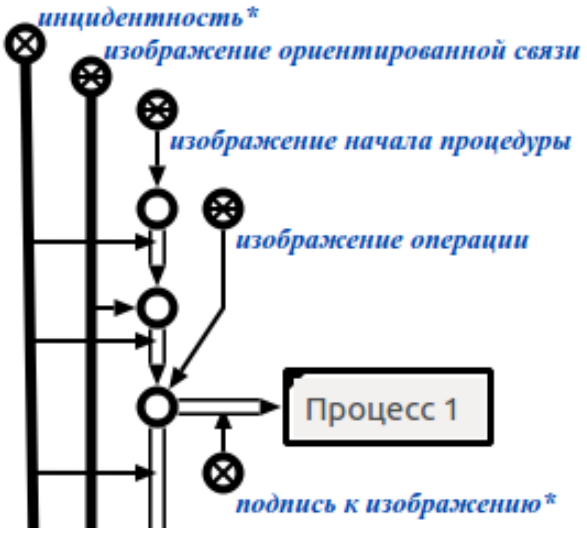


Рис. 3 – Фрагмент синтаксической модели диаграммы

II. Заключение

Описанный выше компонент позволяет любому пользователю получать необходимые ему знания от интеллектуальных систем, без необходимости знать язык внутреннего представления знаний в этих системах, предоставляет средства для создания интерфейсных элементов интерфейса путем их спецификации в базе знаний без участия программиста, а также дает возможность по-разному отображать одни и те же знания с учетом требований конкретного конечного пользователя. Разработанные средства позволяют добавить новый вариант визуализации информации за сравнительно короткий промежуток времени, для этого потребуется разработать онтологию примитивов нового языка визуализации и набор правил преобразования из семантической модели в синтаксическую для данного языка. Значительным плюсом разрабатываемого компонента является возможность интеграции его в любую интеллектуальную систему, разработанную по технологии OSTIS.

III. Список литературы

1. Шункевич, Д.В. и другие Методика компонентного проектирования систем, управляемых знаниями (OSTIS - 2015): материалы V Междунар.научн. -техн.конф, – Мн.: БГУИР, 2015 – С. 95-106.
2. Метасистема IMS.OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2017. – Режим доступа: http://ims.ostis.net/. – Дата доступа: 1.09.2017.
3. Boriskin A.S., Zhukov I.I. et alii Ontology - Based Design Of User Interfaces (OSTIS - 2017): материалы VII Междунар.научн. -техн.конф, – Мн.: БГУИР, 2017 – С. 93-110.
4. ANSI/ISA–88.00.02–2001 Batch Control Part 2:Data Structures and Guidelines for Languages, 2001. – 124 с

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА ОСНОВЕ СОБЫТИЙ

Ивашенко В. П.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivashenko@bsuir.by

В статье рассматривается подход к онтологическому моделированию причинно-следственно связанных событий и явлений

Введение

Сложные задачи в системах решения задач (РЗ) [1], как правило, сводятся к элементарным задачам двух видов: абстрактным (логико - математическим) и вещественным (физическим). Информационные системы легче достигают успеха при решении первых, тогда как при решении вторых, как правило, требуется наличие модели соответствующего физического процесса или явления, построение которой само по себе является непростой задачей. В случае же абстрактных задач сами структуры данных, хранящиеся в системе, являются собственной моделью, поэтому построение не требуется. При описании процессов часто рассматриваются такие понятия как причина и следствие, выделение которых присуще человеческому мышлению и связано с РЗ в различных областях [2—5].

С другой стороны для построения моделей и РЗ интеллектуальными системами предложены и разработаны различные подходы, включая: многоагентный подход [2], ситуационное управление [6]. Однако, они, как правило, полагаются на квалификацию разработчика системы решения задач, умение его правильно выявить в явлениях протекающие процессы, действия, соответствующих им субъектов, увидеть существенные отношения и связи, включая причинно- следственные, что является тормозящим фактором для обучаемых систем. Существующие модели и алгоритмы обучения же [7], не всегда позволяют выявить качественную сооставляющую явлений, делая основной упор на количественном, вероятностном описании выявляемых зависимостей, что впоследствии затрудняет или делает невозможным полноценное моделирование, включая развитие модели, явления с целью объяснения построенных для него РЗ.

I. Взаимосвязанные события и явления

Предлагаемый подход основывается на рассмотрении ((условно) элементарных) событий и связей между ними. Часть этих событий, если не целиком, полагается доступной для регистрации сенсорами системы, т.е. соответствуют её (элементарным) «ощущениям». В рамках подхода, предлагается рассматривать более сложные понятия, включая понятие, которое в работе названо «явлением», что в перспективе, предполагается, даст позволение построить «теорию явлений». Строгая формализация соответствующих понятий строится в соответствии с моделью унифицированного семантического представления знаний [8], однако далее, насколько объём публикации позволяет, приведены перечисление и неформальное нестрогое пояснение некоторых понятий с иллюстрациями. Формализация понятий может проводиться одним из возможных способов (включая связи и события в одну связку или нет), в с соответствии с которыми некоторым из терминов может соответствовать абсолютное или относительное понятие [9], тогда как другим – несколько вариантов онтносительных.

Явление – множество (элементарных) событий (и связей (становлений)). Изменение — связь между разными событиями. Предшествование (событий) – транзитивное замыкание изменений; рассматривается также и на явлениях.

Таблица 1 – Виды явлений

термин	пояснение
Элементарное явление	имеет одно событие
Сложное явление	неэлементарное явление
Ситуация	явление, которое не имеет связанных изменениями событий
Движение	явление, имеющее изменяющиеся события
Действие	имеет событие, которое является предшественником всех остальных событий явления
Содействие	имеет событие, предшественниками которого являются все остальные события явления
Взаимодействие	имеет событие, которое связано со всеми остальными событиями явления предшествованием
Система	явление, которое включает взаимодействие каждой пары своих событий
Внесистемное явление	явление, не являющееся системой

Таблица 2 – Отношения

термин	пояснение
Исход	явление, которое не является последствием
Последствие	существует явление, которое является предшествием исходного явления
Последействие	существует событие, которое является предшественником всех событий исходного явления
Исток	явление, которое не является предшествием
Предшествие	существует явление, отличное от исходного, для каждого события которого существует событие в исходном явлении, являющееся предшественником
Воздействие	существует событие, для которого все события исходного явления являются его предшественниками
Процесс	существует событие, которое связано со всеми событиями явления предшествованием
Внутрисистемное явление	явление, каждая пара событий которого задаёт взаимодействие
Несистемное явление	явление, не являющееся внутрисистемным явлением
Состояние	явление, включаемое в процесс и не являющееся взаимодействием

II. Отношения на явлениях и событиях

Кроме приведённых отношений определяются временные и пространственно-временные отношения [5,10] (см. рис. 1): (непосредственно) «прежде», «после», «раньше», «позже», «с», «по», «от», «до», «тогда», «когда», «во время», «в течение», «на протяжение», «в», «вне».

Для выявления причин строятся дополнительные причинно-логические связки между изменяемыми событиями (см. рис. 1). Сочетание событий и причинно-логических связок позволяет задать следующие понятия и их дополнения: «частичная причина», «сложная причина», «недетерминирующая причина», «обходимая причина», «частичная причина», «частичное следствие», «сложное следствие», «многопричинное следствие», «обходимое следствие», «частичная причина», «исключение событий» (явлений), «исключение совместимых событий», «симметричное исключение событий», «совместимые события», «независимые события», «неэквивалентные события». Перечисленные понятия могут быть гипотетическими, однако при полном их представлении могут быть и достоверными, т.е. конструктивно и однозначно задаваться наблюдаемыми событиями, тогда как их дополнения не могут достоверно подтверждаться событиями, оставаясь гипотетическими. Отчасти перечисленные отношения являются отношениями различия и аналогичны отношениям различия, выявляемым при интеграциии знаний [8].



Рис. 1 – Явление с закрашенными событиями находится "до"явления с незакрашенными (слева); два верхних события независимы (справа, причинно-логические связки закрашены чёрным)

Заключение

Применение предлагаемого подхода ориентировано на моделирование процессов и явлений, включая процессы обработки знаний для решения задач обучения и объяснения результатов, в системах, управляемых знаниями [11].

1. Morton, K. A Novel Framework for Math Word Problem Solving / K. Morton, Y. Qu // International Journal of Information and Education Technology, 3(1), 2013. — pp. 88—93.
2. Golenkov, V. V. Ontology-based Design of Batch Manufacturing Enterprises / V. V. Golenkov and other // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2017) : материалы международной научно-технической конференции (Минск, 16 — 18 февраля 2017 года) / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск : БГУИР, 2017. — С. 265—280.
3. Федюкин, В. К. Управление качеством процессов : — СПб.: Питер, 2005. — 202 с.
4. Гуц, А. К. Аксиоматическая теория относительности // Успехи мат. наук. 1982. Т. 37. N 2. — С. 39—79.
5. Penrose, R. Techniques of Differential Topology in Relativity (Paperback). R. Penrose. Verlag: Society for Industrial Applied Mathematics, U.S., United States, 1972.
6. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. : М.: Наука, 1986. — 288 с.
7. Dey, A. Machine Learning Algorithms: A Review / (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 7 (3), 2016. — pp. 1174—1179.
8. Ивашенко, В. П. Модели и алгоритмы интеграции знаний на основе однородных семантических сетей / В. П. Ивашенко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015) : материалы V междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 февраля 2015 года)/ редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск : БГУИР, 2015. — С. 111—132.
9. Ивашенко, В. П. Модели обработки информации в интеллектуальных системах, основанных на семантических технологиях / В. П. Ивашенко, А. С. Бельчиков, А. П. Еремеев // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 26 октября 2016) / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. — Минск: БГУИР, 2016. — С. 106—107.
10. Ивашенко, В. П. Пространственно-временные бинарные отношения на множестве событий и их языковые средства представления / В. П. Ивашенко // Карповские научные чтения : сб. науч. ст. / Белорус. гос. ун-т; редкол. : А.И. Головня (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2014. — Вып. 8, ч. 1. — С. 255—258.
11. Голенков, В. В. Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // OSTIS. 2015. — С. 57—78.

ОПИСАНИЕ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ИНТЕРФЕЙСНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Зверуго А. В., Трунц В. В., Шалёв А. Г.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {trunts.vitalij,shaliov.artiom,}@mail.com, alex.zver96@gmail.com

В данной работе будет рассмотрена типология интерфейсных действий пользователей ostis-системы, а также будут приведены примеры таких действий.

Введение

Пользовательский интерфейс в рамках онтологического подхода является специализированной ostis-системой[1], а значит, необходимым его компонентом является база знаний. База знаний пользовательского интерфейса включает в себя следующие **части**:

- описание процессов, относящихся к прошлому, настоящему и будущему пользовательского интерфейса;
- модели пользователей, содержащие информацию об их особенностях, возможностях и предпочтениях;
- типология действий пользователей и ostis-систем;
- типология объектов этих действий;
- формальное описание внешних языков представления конструкций SC-кода, как универсальных, так и специализированных.

Интерфейсный язык пользователей ostis-системы, как и любой другой язык, имеет свой синтаксис и свою семантику и представляет собой множество текстов определенного вида. Текст такого языка представляет собой последовательность **интерфейсных действий пользователя ostis-системы**[2] - минимально осмысленных фрагментов интерфейсного языка пользователей ostis-системы. В качестве такого языка будет выступать онтология **Предметной области интерфейсных действий пользователя**, речь о которой пойдёт далее.

Описание онтологии предметной области

Разработка **Предметной области и онтологии интерфейсных действий пользователей ostis-систем** решает проблему четкого разделения деятельности разработчиков пользовательских интерфейсов для эффективной и быстрой разработки, а также способствует унификации принципов проектирования пользовательских интерфейсов.

Интерфейсным действиям пользователей ostis-систем соответствует иерархия в зависимости от сложности этих действий:

интерфейсное действие пользователя ostis-системы
<= *объединение*:*
{
- *элементарное интерфейсное действие*
- *формирование интерфейсной команды*
- *формирование сообщения*

}

Рассмотрим каждый уровень иерархии подробнее.

Простейшими фрагментами интерфейсного языка пользователей ostis-системы являются **элементарные интерфейсные действия** пользователей ostis-системы, представляющие собой такие интерфейсные действия пользователей ostis-системы, для которых не существует других входящих в их состав интерфейсных действий этого же пользователя[3]. Стоит отметить, что описание каждого из элементарных пользовательских действий носит абстрактный характер, благодаря чему обеспечивается независимость этих действий от реализации на различных устройствах.

Как и атомарным фрагментам текстов любых языков, элементарным пользовательским действиям (ЭПД) ставится в соответствие свой алфавит (синтаксически распознаваемая типология), приведённая ниже:

элементарное пользовательское действие
=> *включение*:*
- *ЭПД над сущностью*
- *ЭПД над множеством сущностей*

Остановимся подробней на каждом из классов ЭПД.

элементарное пользовательское действие над сущностью
=> *включение*:*
- *действие отмены последнего ЭПД*
- *действие вывода семантической окрестности указанной сущности*
- *ЭПД над окном ostis-системы*

Действие отмены последнего ЭПД - ЭПД над сущностью, которое удаляет из sc-

памяти спецификацию последнего инициированного ЭПД и результат* его выполнения.

Действие вывода семантической окрестности указанной сущности - ЭПД над сущностью, в результате* которого выводится семантическая окрестность некоторой сущности в рамках выбранной структуры (например, окна ostis-системы). Данное действие может быть реализовано нажатием левой кнопки мыши по сущности.

ЭПД над окном ostis-системы - ЭПД над сущностью, аргументом которого является окно ostis-системы. ЭПД над множеством сущностей тоже могут быть классифицированы:

ЭПД над множеством сущностей
=> включение:*
- *ЭПД уточнения спецификации команды*
- *ЭПД над sc-текстом*

ЭПД уточнения спецификации команды - ЭПД над множеством сущностей, аргументом которого является спецификация действия, соответствующая некоторой команде.

ЭПД над sc-текстом - ЭПД действие над множеством сущностей, аргументом которого является знак sc-текста (фрагмента sc-текста).

На втором уровне алфавит интерфейсного языка расширяется путём введения **интерфейсных команд**. Допускаются следующие виды формирования интерфейсной команды в зависимости от того, обращается ли пользователь к знакам инициируемых им действий напрямую или использует средства сторонних редакторов, позволяющих воспроизводить спецификации инициируемых действий:

интерфейсная команда пользователя ostis-системы
<= разбиение:*
{
- *команда, оформленная на языке интерфейсных действий*
- *команда, оформленная на внешнем языке*

}

Наиболее сложным с точки зрения структуры классом интерфейсных действий пользователей ostis-систем и интерфейсных действий ostis-систем является **сообщение**. **Сообщение** - sc-текст, представляющий смысл информации, построенной одним субъектом и предназначенной для использования некоторым конкретным субъектом или некоторой группой субъектов.

В зависимости от отправителя сообщения бывают:

сообщение
<= разбиение:*
{
- *сообщение пользователя ostis-системы*
- *сообщение ostis-системы*

}

Выделяют две основные формы **сообщений пользователя ostis-системы**:

сообщение пользователя ostis-системы
<= разбиение:*
{
- *сообщение пользователя на внешнем языке*
- *сообщение пользователя на внутреннем языке*

}

- **Сообщение пользователя на внешнем языке** - сообщение пользователя ostis-системы, сформированное на языке интерфейсных действий (интерфейсных команд), представляющее собой последовательность действий с указанием объектов, на которых эти действия заданы, и типов действий.
- **Сообщение пользователя на внутреннем языке** - сообщение пользователя ostis-системы, представляющее собой некоторый sc-текст, предназначенный для использования ostis-системой.

Заключение

В работе рассмотрена онтология предметной области интерфейсных действий пользователей ostis-системы, где была описана трёхуровневая иерархия интерфейсной деятельности пользователя. Данная онтология позволяет минимизировать действия пользователя и сделать его взаимодействие с системой максимально комфортным и понятным.

Список литературы

1. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. - Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2015.
2. Shunkevich, D. Ontology-based design of knowledge processing machines / D. Shunkevich // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февраля 2017г.). – Минск: БГУИР, 2017. pp. 73-94.
3. Борискин, А. С., Жуков, И. И., Корончик, Д. Н., Садовский, М. Е., Хусаинов, А. Ф. - Онтологическое проектирование пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2017). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2017.

ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КОМПОНЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Борискин А. С., Синельников П. М., Стельмачёнок М. О.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {stelmachenokm, pavelsinelnikovbel}@gmail.com, coloss_000@mail.ru

В данной работе будет рассмотрена иерархия компонентов пользовательского интерфейса и пример спецификации для такого компонента

Введение

Отсутствие унификации в принципах построения пользовательских интерфейсов препятствует распараллеливанию процесса разработки пользовательского интерфейса (ПИ) и возможности повторного использования уже разработанных компонентов ПИ. Предлагаемый в рамках Технологии OSTIS[1] онтологический подход к проектированию пользовательских интерфейсов решает эту проблему путём использования библиотеки многократно используемых компонентов, в рамках которой специфицированы различные компоненты ПИ.

Одним из принципов онтологического подхода является то, что каждый элемент управления пользовательского интерфейса является внешним отображением некоторого элемента, хранящегося в памяти. Таким образом, описываемая онтология **предметной области компонентов пользовательских интерфейсов** позволит корректно трактовать прагматику и семантику объектов на экране, а также адресовать интеллектуальной системе запросы, касающиеся организации пользовательского интерфейса.

I. Описание основных понятий онтологии

На верхнем уровне типология компонентов пользовательского интерфейса выглядит следующим образом:

компонент пользовательского интерфейса
<= *разбиение*:*
{
- *атомарный компонент ПИ*
- *неатомарный компонент ПИ*
  => *включение*:*
  - *Ядро ПИ*
  - *ПИ среды проектирования*
  - *ПИ среды визуализации и редактирования*

}

Ядро пользовательских интерфейсов на нижнем уровне состоит из модели базы знаний, включающей в себя некоторое подмножество базы знаний ПИ, и модели машины обработки знаний, состоящей из некоторого коллектива агентов, характеризующих интерфейсную деятельность ostis-системы и пользователя. На верхнем уровне же Ядро представляет собой множество компонентов ПИ различной сложности и назначения.

Быстрое прототипирование является одним из основных достоинств Технологии OSTIS, препятствующих её старению, что приводит к необходимости введения версионности на этапе построения библиотеки многократно используемых компонентов. Это значит, что новая версия Ядра ПИ ostis-системы, по сути, формируется из новых версий компонентов ПИ, включенных в состав этого Ядра. Под **компонентом ПИ** подразумевается знак фрагмента базы знаний[2], имеющий определённую форму внешнего представления на экране и являющийся аргументом для некоторого подмножества интерфейсных команд.

Установим различия в *семантической* и *прагматической составляющей* любого компонента пользовательского интерфейса. **Семантическая составляющая** заключается в определении того, знаком какой сущности является отображаемый на экране компонент. **Прагматическая составляющая** рассматривает прикладной аспект (аспект применения) отображаемого на экране компонентах[3].

На уровне sc-памяти имеет значение только семантическая составляющая, однако данный факт не влияет на процесс эксплуатации системы пользователем, поскольку обе составляющие отражают разные стороны одного и того же знака некоторой сущности. Например, за каждым окном ostis-системы скрывается локализованный sc-текст некоторого сообщения, а за каждой кнопкой – знак некоторого класса действий, инициируемого при нажатии клавиш устройства ввода.

Рассмотрим типологию компонентов ПИ:

компонент пользовательского интерфейса
=> *включение*:*
- *элемент управления*
- *контейнер*

- *курсор*

Под **элементом управления** понимается знак компонента пользовательского интерфейса, с помощью которого пользователь имеет возможность повлиять на состояние как отображаемых на экране объектов, так и на состояние sc-элементов, знаки которых и скрываются за каждым из этих объектов.

Под **контейнером** понимается знак компонента пользовательского интерфейса, задача которого состоит в размещении набора компонентов, включённых в его состав.

Наконец, **курсор** определяется как компонент пользовательского интерфейса, указывающий на компонент пользовательского интерфейса, с которым будет производиться взаимодействие.

II. Спецификация компонентов пользовательского интерфейса

Любой компонент ПИ, входящий в состав Ядра ПИ ostis-системы, подлежит обязательной спецификации, для всех остальных компонентов эта процедура носит рекомендательный характер. Описание спецификации пользовательского интерфейса предполагает наличие следующих пунктов:

- **Имя компонента**: при выборе имени дается предпочтение прагматической составляющей компонента пользовательского интерфейса, поскольку она ближе для понимания обычного разработчика, на теоретико-множественном же уровне описания компонента в полной мере раскрывается семантическая составляющая;
- **Тип компонента**: в этом пункте мы показываем теоретико-множественные связи, заданные на компоненте;
- **Версионность**: наличие версий компонента ПИ позволяет в условия открытой разработки фиксировать лиц, причастных к разработке компонента, а также отслеживать изменения, произошедшие с данным компонентом ПИ на этапе всего его существования, откатываться до предыдущих версий в условиях конфликта с другими компонентами ПИ;
- **Разработчики**: лица, имеющие отношение к разработке компонента ПИ;
- **Описание компонента**: информация о назначении компонента ПИ и о компонентах ПИ, входящих в состав рассматриваемого.
- **Граница*** - определяет форму внешнего представления компонента пользовательского интерфейса. На линейной геометрической фигуре, являющейся границей* компонента ПИ, могут быть заданы линейные размеры, например, длины сторон полученного многоугольника и т.д.
- **Координата*** - определяет положение компонента пользовательского интерфейса в пределах некоторой системы координат (экрана, в частности). В зависимости от вида границы* компонента пользовательского интерфейса, определяются различные точки отсчёта*: для прямоугольного окна это, например, координата* левого верхнего пикселя, для круглого же окна это координата центра* этого окна.
- **Цвет** - параметр, задающий вид пространства внутри границы* компонента ПИ. Использование теоретико-множественных отношений включение* и разбиение*, позволяют более интересную заливку компонента ПИ, формировать стили.

Заключение

В работе была рассмотрена онтология предметной области компонентов пользовательского интерфейса, позволяющая унифицировать все элементы, расположенные на экране. Использование же спецификаций облегчает процессы мониторинга этих компонентов и интеграции их с различными версиями ядра интеллектуальной системы.

III. Список литературы

1. Голенков, В. В., Гулякина, Н. А. - Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2015.
2. Davydenko, I. T. Ontology-based knowledgebase design, / I. Davydenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: материалы междунар. науч.-техн. конф./ редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.], ISSN 2415-7740; Вып.1 (Минск, 16-18 февр. 2017г.). - Минск: БГУИР, 2017. С.57-72.
3. Борискин, А. С., Жуков, И. И., Корончик, Д. Н., Садовский, М. Е., Хусаинов, А. Ф. - Онтологическое проектирование пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем. – В книге Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2017). Материалы конф. – Минск: БГУИР, 2017.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Потараев В. В.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: vic229@rambler.ru

На протяжении последних десятилетий объём текстовой информации, хранимой в информационных системах, резко возрос. Это обуславливает актуальность автоматизированной обработки информации, в том числе текстовой. Рассмотрим алгоритм построения семантической сети для произвольного текста и способы применения этой сети.

Введение

В современных автоматизированных системах хранятся и обрабатываются значительные объёмы информации. Поэтому актуальным является повышение эффективности автоматизированной обработки данных, как по скорости, так и по точности обработки. Одним из инструментов улучшения эффективности обработки данных является учёт их смысловой структуры, то есть семантический анализ.

Целью данной работы является разработка методов автоматизированной обработки информации, основанных на семантическом анализе.

I. Семантическая сеть как инструмент анализа данных

Одним из способов осуществления семантического анализа данных является применение баз знаний.

База знаний – это компонент экспертной системы, предназначенный для хранения долгосрочных данных, описывающих определенную предметную область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области [1].

Можно выделить четыре распространённые модели баз знаний:

1. Логическая модель (основанная на формулах).
2. Продукционная модель (основанная на правилах).
3. Фреймы (фрейм - это минимально возможное описание сущности объекта).
4. Семантическая сеть (ориентированный граф, отражающий понятия и их отношения) [2].

Семантическая сеть является моделью, которая наиболее соответствует современным представлениям об организации долговременной памяти человека [3]. Учитывая, что человеческая память представляет информацию относительно эффективно, то и её искусственная реализация, основанная на семантической сети, вероятно, также будет эффективной.

II. Типы отношений в семантической сети

Одной из основных характеристик модели семантической сети является набор используемых отношений.

Например, для классификации текстовой информации может быть использована сеть, в которой узлами являются некоторые понятия, выражаемые подлежащими и дополнениями, а связями являются сказуемые [4].

Рассмотрим модель с большим количеством типов отношений. Очевидно, что увеличение их количества приведёт к усложнению построения и обработки сети, однако может позволить точнее решать поставленные перед сетью задачи, а также решать более широкий круг задач. Поэтому важным является отбор отношений, которые существенны при решении конкретной задачи.

Число связей в семантической сети и их типы выбираются её создателем исходя из конкретных целей. Необходимо отметить, что в реальном мире число связей между объектами стремится к бесконечности. Каждое отношение является, по сути, предикатом (утверждением), простым или составным [5].

К основным типам отношений, которые наиболее часто применяются в семантических сетях, можно отнести следующие:

1. Класс – элемент класса (например, «автомобиль» – «Волга»).
2. Свойство – значение («цвет» – «красный») [3].

III. Алгоритм построения сети

Покажем, что на основе приведённых типов отношений возможно построить семантическую сеть. Процесс её создания должен по возможности просто поддаваться автоматизации, поэтому стоит обратить внимание на те типы отношений, выявление которых легко автоматизируется.

Алгоритм построения сети в простейшем случае может быть описан следующим образом:

1. Загрузить словари для каждого известного типа отношений.

2. Перейти к очередному предложению текста (начиная с первого).
3. Найти в предложении подлежащее. Добавить его в сеть, если ещё не добавлено.
4. В соответствии со словарями, добавить связанные с подлежащим слова (например, добавить синонимы из словаря).
5. Найти сказуемое. Добавить его в сеть, если ещё не добавлено.
6. Найти определения. Добавить в сеть, если ещё не добавлены.
7. Найти обстоятельства.
8. Опрелелить типы обстоятельств (например, обстоятельство места). Добавить в сеть найденные обстоятельства, если они ещё не добавлены.
9. Повторять шаги 2–8 для каждого предложения в тексте.

Данный алгоритм может быть модифицирован для выявления большего числа отношений. При определении членов предложения могут использоваться словари (существительных, глаголов, предлогов и т.п.).

IV. Пример

Для предложения «На улице идёт сильный дождь» можно выделить отношения, представленные на рисунке 1.

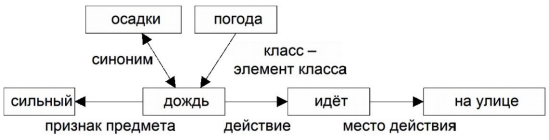


Рис. 1 – Пример семантической сети

Согласно алгоритму, в сеть по очереди добавлены слова «дождь», «осадки», «погода», «идёт», «сильный», «на улице». Словарь «класс–элемент класса» может быть задан пользователем-экспертом либо убран из рассмотрения в зависимости от особенностей решаемой задачи. Следует заметить, что предлог «на» перед существительным («на улице») обозначает указание места. Для повышения точности определения данного отношения можно использовать некоторый алгоритм вычисления падежа существительного.

Покажем, что предложенная сеть не только достаточно подробно учитывает смысл предложения, но и содержит всю информацию, необходимую для ответа на вопрос «Где идут осадки?».

«Где» - вопрос определения места. «Осадки» – это синоним слова «дождь». «Идёт» - действие, выполняемое дождём. Место, связанное с «идёт» - на улице.

Итак, информации, представленной в данной сети, достаточно, чтобы в ответ на вопрос «Где идут осадки?» сформировать предложение «Дождь идёт на улице». Для этого понадобились отношения «Синоним», «Действие», «Место действия». Таким образом, данных типов отношений может быть достаточно для ответа на вопрос определения места.

V. Способы реализации

Программное средство, реализующее обработку информации описанным способом, должно выполнять две основные задачи:

– Представление взаимосвязанных понятий некоторого текста (или некоторой предметной области) в виде семантической сети.
– Извлечение информации из построенной сети.

Для решения данных задач можно написать отдельные программные модули, решающие данные задачи. Кроме того, есть альтернативные варианты – использование языков описания онтологий (таких, как OWL - Web Ontology Language) и соответствующих механизмов получения новых фактов [6].

К преимуществам первого подхода можно отнести возможность максимально адаптировать построенную модель под решаемую задачу, в то время как использование уже существующих средств может значительно упростить решение поставленной задачи.

VI. Вывод

Итак, в зависимости от поставленной задачи могут быть выбраны различные виды отношений. Семантическая сеть может быть использована для решения различных задач – классификации текстов, ответ на вопрос и др.

Предложенная семантическая сеть способна довольно подробно отразить смысл текста. Её построение может быть автоматизировано. Благодаря относительно большому количеству видов отношений она позволяет сформировать ответ на вопрос. Данная сеть может быть реализована различными способами, хотя её реализация является достаточно сложной задачей.

1. Базы знаний экспертных систем. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://daxnow.narod.ru/index/0-18. Дата доступа : 25.03.2017.
2. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
3. Масленникова, О. Е. Основы искусственного интеллекта [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. Е. Масленникова, И. В. Гаврилова. – М.: ФЛИНТА, 2013. – Режим доступа: http://search.rsl.ru/ru/record/01007574162.
4. Потараев, В. В. Метод классификации текстовой информации на основе семантической сети / В. В. Потараев // Апробация.– 2016. – №1. – С. 56–58.
5. Рахимова Д. Р. Построение семантических отношений в машинном переводе // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия «Математика, механика и информатика». – Алматы, 2014. – №1. – С. 90–101.
6. Мошкин, В. С., Ярушкина, Н. Г. Методики построения нечётких онтологий сложных предметных областей // Материалы V международной научно–технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск : БГУИР, 2015. – С. 401 – 406.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ РАБОТ

Пушкина А. К.
Кафедра информационных систем и технологий, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: Zaza-2009@yandex.ru

Показано, что в современном мире существует ряд проблем при совместной работе разнородных агентов, выполняющих множество параллельных задач. Решением этих проблем становится нахождение наилучшего алгоритма распределения потока задач между взаимодействующими агентами. Существуют определённые ограничения, связанные с процессом выполнения задач, которые необходимо учитывать в разработке подобного алгоритма.

Введение

В современном мире развивающихся технологий с каждым годом всё более актуальным становятся вопросы о совместной работе машин и людей, а так же о совместной работе множества разнородных агентов, выполняющие множество параллельных задач, связанных с решением одного вопроса. Примерами таких задач могут служить спасение людей при чрезвычайных ситуациях, управление работой транспорта при уборке урожая (сельское хозяйство), доставка множества различных товаров большому числу получателей и т. п.

I. Основные проблемы и ограничения

Существует длинный список характерных проблем, факторов и ограничений, которые приходится учитывать при планировании алгоритма параллельной работы множества агентов, и иногда сложно определить сходства и различия между этими проблемами для возможности их взаимного исключения.

Приведём примеры некоторых из возникающих проблем и ограничений:

- возможности каждого агента;
- временные рамки выполнения тех или иных работ агентами;
- территориальная разобщенность мест, где выполняются работы;
- доступность ресурсов для агентов, необходимых для выполнения поставленных задач в определённые промежутки времени;
- проблемы приоритетов выполнения работ для каждого агента;
- сопоставление временных ограничений по выполнению работ с графиком доступных агентов в конкретный промежуток времени;
- оптимальность доходов и затрат, связанные с выполнением задач;
- проблемы маршрутизации транспортных средств.

Главной задачей становится разработка наилучшего алгоритма распределения потока задач между взаимодействующими агентами с учётом всех ограничений.

II. Подходы к решению

Существует несколько подходов к решению данных вопросов. Некоторые основываются на операциях поиска для вычисления ограничений оптимальных решений для ограниченного круга проблем. Так же необходимо регулярно решать задачу о назначении свободным агентам возникающих задач с учетом реальных ограничений и возможной коррекции плана назначения с учетом текущего состояния. Такое изменение порядка задач есть особая операция, которая требует конечного времени, учета всех выше упомянутых ограничения и имеющая свою особую математическую модель, что неизбежно повлияет на решение всей задачи построения алгоритма параллельной работы агентов.

Традиционно задачи планирования алгоритма параллельной работы множества агентов сводятся к известным задачам дискретной оптимизации, таким как линейная задача о назначении или задача нескольких странствующих коммивояжеров. Однако необходимость учета реальных отношений между агентами и задачами приводит к экспоненциальной сложности алгоритма формирования оптимального назначения и часто делает их практически не реализуемыми. Самым популярным решением становится перекрёстный график зависимостей для группы агентов. Преимущество данного подхода в том, что он может сочетаться с другими решениями и подходами для координации активных действий команды агентов. Здесь играет важную роль планирование координации неоднородных команд. Перекрёстный график зависимостей может иметь различные приоритеты в своих расчётах, таких как приоритеты ограничений, задачи распределения, планирования и маршрутизации, одновременность выполнения, расположения и возможности доставки к месту выполнения. Не смотря на это, во всех графиках всегда должны учитываться ограничения возможностей агентов

в ограниченном промежутке времени. Это является минимальным необходимым условием для расчёта перекрёстного графика зависимостей с минимальной оптимальностью.

Осложняется проблема координации агентов ещё и тем, что на вычисление наилучшего решения координации агентов с учётом всех возможностей и ограничений требуется определённое время. В зависимости от сложности алгоритма и количества переменных, участвующих в расчётах (а часто их достаточно большое количество), времени на подсчёт уходит достаточно много. Слишком долгое ожидание оптимального решения может стоить больше, чем выполнение решения с некоторыми недостатками. Особенно это важно в таких областях человеческой деятельности, как чрезвычайные ситуации, где зачастую от грамотной и быстрой работы спасателей зависят человеческие жизни. В таких случаях полезно иметь некоторые ограничения, наиболее важные в данной ситуации, для наилучшего выполнения не самого лучшего, но быстро доступного сценария выполнения работы.

Одним из немаловажных, а иногда и основополагающим, становится вопрос экономической выгоды вычислительных алгоритмов принятия решений на практике в почти в любой сфере деятельности человека. Этим занимается бизнес планирование. Здесь так же не последнюю роль играет время. Для того, что бы организовать грамотную работу потоков работ, удовлетворяющие всем экономическим требованиям, приходится иметь дело с большим количеством временных проблем. Решение данной проблемы основывается на анализе временной информации данного процесса (т. е. на информации, полученной с выполнения данного процесса ранее). К сожалению такая информация не всегда может быть доступна для разработчика, что тоже является проблемой. Так же существуют доходы и расходы связанные с выполнением задач. У каждой сферы выполнения задач существует своя специфика, которая может включать в себя, например, доходы, связанные со стоимостью и или важностью выполняемой задачи, или расходы, связанные с необходимым временем для выполнения задач, или расстоянием, на котором выполняются данные задачи.

III. Заключение

Темпы развития программных средств в современном мире привели к появлению большого количества инструментальных программных средств, применяемых на различных этапах решения задач распределения потока задач между взаимодействующими агентами. Неоспорима польза применения подобных программных средств на практике, но, к сожалению, ни одно из них не может учесть все сложности и ограничения планирования координации неоднородных команд.

Алгоритмы распределения неоднородных команд агентов (например: роботов и людей, или агентов из разных сфер услуг, и не только) могут быть использованы для решения более широкого круга вопросов в различных областях человеческой деятельности. Они могут использоваться для разработки алгоритмов решения различных задач и распределённых подходов в сравнительном анализе. Не менее важна необходимость решения вопросов динамизма и возможность перераспределения ресурсов и агентов в отклике на происходящее в данный момент.

Решению данных вопросов уделяется мало внимания в специализированной литературе, что предоставляет плодородную почву для дальнейших научных изысканий ведь проблемы координации неоднородных команд будут становиться всё более и более важными, так как машин и механизмов с каждым годом становиться все больше и больше, а людям приходится с ними работать всё чаще в тесном контакте и в различных областях.

1. 1. Ayorkor Korsah, G. Exploring Bounded Optimal Coordination for Heterogeneous Teams with Cross-Schedule Dependencies / G. Ayorkor Korsah // Pittsburgh: School of Computer Science Carnegie Mellon University– 2011. – Vol.173.
2. 2. Nissim , R. Cost-Optimal Planning by Self-Interested Agents / R. Nissim, R. Brafman //Proceedings of the Distributed and Multi-Agent Planning workshop/ R. Nissim, D. L. Kovacs– 2013. – P. 1–8.
3. 3. Talamadupula , K. A theory of intra-agent replanning / K. Talamadupula, W. Cushing, S. Kambhampati, D. Smith //Proceedings of the Distributed and Multi-Agent Planning workshop/ R. Nissim, D. L. Kovacs– 2013. – P. 45–52.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гракова Н. В., Никуленко В. Ю.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {grakova.nv, Nikulenka}@gmail.com

В данной статье рассматривается проблематика поддержки предпринимательской деятельности, а также предложен подход к организации такой деятельности с помощью технологии OSTIS.

Введение

В настоящее время существует огромное количество правил и процедур регламентирующих предпринимательскую деятельность. И лицам, осуществляющих предпринимательскую деятельность, в особенности начинающим предпринимателям, разобраться во всех их хитросплетениях весьма не просто. Большинство из этих правил и процедур имеют очень много ссылок на нормы законов и подзаконных актов. При этом четкой рекомендации о порядке осуществления предпринимательской деятельности до сих пор не выработано.

I. Проблематика информационной поддержки предпринимательской деятельности

Определение предпринимательской деятельности, приведенное в [1], не дает никакого понимания о правовой среде, в которой должна осуществляться эта деятельность. Кроме того, в настоящее время наблюдается тенденция перехода к уведомительной системе деятельности от разрешительной. С одной стороны, это стимулирует предпринимательскую активность, дает больше свободы и оперативности в действиях, однако, другая сторона этого процесса — усиление ответственности предпринимателей перед законом за нарушение законодательства [1–3].

Сказанное выше позволяет сделать вывод о том, что наряду с либерализацией предпринимательской деятельности с законодательной точки зрения необходим процесс внедрения информационных технологий и максимально полный переход в цифровое пространство. Это позволит:

- быстрее и точнее получать необходимую информацию;
- снизить число ошибок, а следовательно и наказаний для предпринимателей;
- повысить их осведомленность в правовых вопросах;
- больше времени высвободить для основной деятельности.

Существует несколько информационно-поисковых правовых систем имеющих максимально полную и актуальную информацию обо всех законах и правовых актах, однако, ни одна из этих систем не сможет провести начинающего предпринимателя по всем шагам необходимым например для открытия кафе или магазина.

Фактически, можно говорить о том, что необходимо построить некую общую систему над всем правовым полем. Эта система должна содержать описание всей онтологии правового поля, всех взаимосвязей всех правовых актов и должна предоставлять удобный механизм для обновления и корректировки всех документов с учетом всех их взаимосвязей.

Кроме того требуется возможность создания всего списка Деловых ситуаций (ДС). Каждая ДС может включать в себя одну или несколько Административных процедур (АП) и содержать ссылки на соответствующие правовые акты. Такая система должна иметь возможность:

1. Предоставлять возможность предпринимателю по шагам изучить всю ДС;
2. Обеспечить интуитивную возможность задавать вопросы системе относительно любого объекта или понятия;
3. Автоматически составлять и готовить для распечатки детальный план действий по интересующей ДС;
4. Подсказывать наиболее удобные (например территориально или по времени работы) организации где осуществляются отдельные действия из ДС;
5. Предоставлять необходимы шаблоны документов и даже заполнять их автоматически на основе информации предоставленной предпринимателем;
6. И многое другое.

II. Интеллектуализация поддержки предпринимательской деятельности

В качестве решения поставленной проблемы предлагается разработать интеллектуальную информационную систему (ИИС) [5] поддержки предпринимательской деятельности. Основой для разработки такой системы была выбрана технология OSTIS [4].

Основные преимущества созданного прототипа ИИС:

1. Простота формирования базы ДС и ее структуризации;
2. Простота добавления новых бизнес ситуаций и процедур, редактирования существующих, возможность гибко адаптироваться под любые изменения законодательства;
3. Возможность задавать на ситуациях и процедурах произвольные связи;
4. Возможность сколь угодно широко специфицировать каждую ситуацию и процедуру, в том числе, прилагать образцы документов и другие необходимые файлы;
5. Возможность делать произвольные поисковые запросы (в том числе, на естественном языке);
6. Возможность легко расширять области применения системы, дополняя ее знаниями из любой предметной области, не обязательно очень близкой;
7. Возможность на основе обобщенного плана действий сгенерировать план действий конкретного пользователя;
8. Самоконтроль системы: проверка на корректность введенных данных от пользователя, проверка на противоречивость имеющихся знаний;
9. Реализация механизма автоматической генерации переходов от одной АП к другой на основе спецификации каждой АП;
10. Построение рекомендаций по ускорению проведения действий по осуществлению жизненной ситуации (возможность выполнения параллельных действий);
11. Предоставление шаблонов документов (заявления, договора, ссылки на необходимые документы и др.) для заинтересованного лица с предзаполненной информацией;
12. Генерация перечня документов, которые необходимо иметь при себе при осуществлении той или иной АП;
13. Генерация списка указаний, где и как получить документы из данного перечня.

Интеллектуальная информационная система использует интеллектуальный пользовательский интерфейс. Интеллектуальность пользовательского интерфейса выражается в следующем:

- анализ корректности и эффективности пользовательских действий;
- выдача пользователю рекомендаций в случае его некорректных и неэффективных действий;
- выявление пользовательских команд, которые могут вызвать нежелательные последствия;
- формирование ответа на любой вопрос пользователя, касающийся организации интерфейсной деятельности.

На рисунке 1 представлен фрагмент базы знаний, описывающий административную процедуру «Согласование наименования юридического лица».

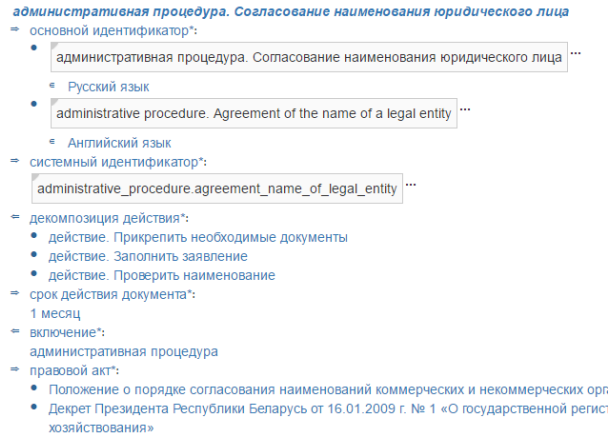


Рис. 1 – Пример Согласования наименования юридического лица

III. Заключение

В работе показана актуальность разработки ИИС поддержки предпринимательской деятельности, описан прототип такой ИИС, его основные функции. Подобная ИИС станет важным шагом на пути реализации Государственной программы «Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь» на 2016–2020 годы [3].

IV. Список литературы

1. Гражданский кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 7 декабря 1998 г., № 218-З : принят Палатой представителей 28 октября 1998 г. : одобр. Советом Респ. 19 ноября 1998 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk9800218. – Дата доступа: 22.09.2017.
2. О поддержке малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс] : 1 июля 2010 г., № 148-З : принят Палатой представителей 26 мая 2010 г. : одобр. Советом Респ. 15 июня 2010 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11000148. – Дата доступа: 22.09.2017.
3. О Государственной программе «Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 февр. 2016 г., № 149 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600149. – Дата доступа: 22.09.2017.
4. Голенков, В. В., Гулякина Н.А. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина //Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2011): материалы Междунар.научн.-техн.конф. Минск, 10-12 февраля 2011 г.). – Минск: БГУИР, 2011. – С. 21–58
5. Negnevitsky, M. Artificial Intelligence: a guide to intelligent systems / M. Negnevitsky. – 2-nd Edition, Pearson Education, 2005. – 415 p.

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Садов С. В.
Кафедра интеллектуальных систем, Факультет радиофизики и компьютерных технологий Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: seregasadov@gmail.com

В работе рассматриваются ключевые понятия, связанные с эмоциями человека, предлагается вариант формализации параметров эмоций.

Введение

Для построения эффективной системы анализа эмоционального состояния человека необходимо формализовать понятие эмоции – определить ее параметры и свойства с математической точки зрения. Подобный подход позволяет реализовать процесс анализа эмоционального состояния человека по его мимике в виде последовательности методов обработки и анализа входного изображения лица человека.

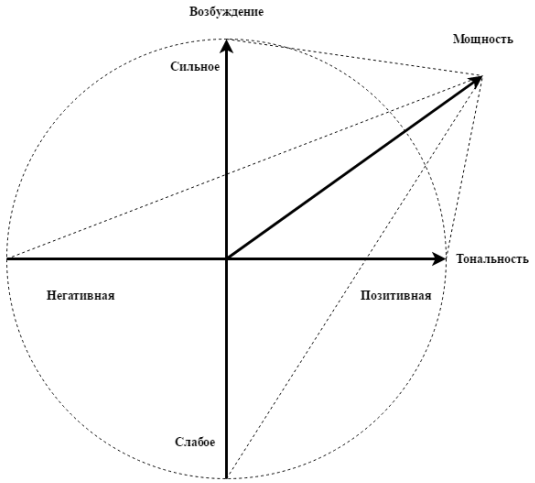


Рис. 1 – Многомерное пространство эмоций

Разработанная, с учетом выше приведенных соображений, формализованная модель эмоционального состояния человека показана на рисунке 1.2.

I. Основные характеристики эмоции

Согласно теории Осгуда, Сучи и Танненбаума [1] и последующим психологическим исследованиям [2], эмоцию можно описать тремя основными параметрами: тональность, возбуждение и мощность. Данные параметры можно изобразить в трехмерном пространстве – пространстве эмоций – где каждая ось отвечает за свою компоненту и ее выраженность (рисунок 1.1). В процессе разработки модели эмоционального состояния человека были выработаны следующие наиболее важные критерии, которым она должна удовлетворять. Модель должна: быть полной, т. е. содержать необходимый и достаточный объем информации для определения численной интегральной характеристики эмоционального состояния человека; удовлетворять требованиям эффективности с вычислительной точки зрения; быть адаптируема под те или иные типы решаемых задач.

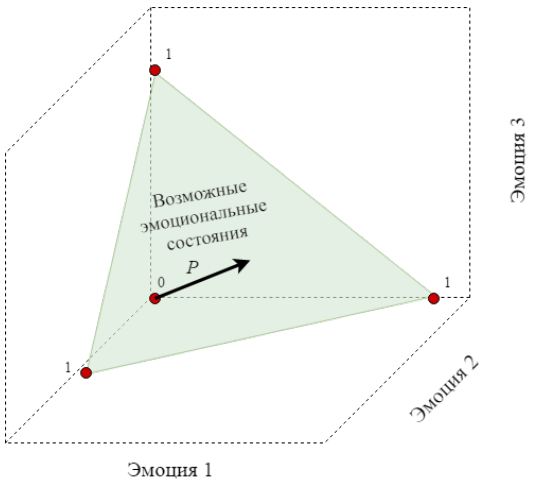


Рис. 2 – Многомерное пространство эмоций

Данная модель представляет эмоциональное состояние человека как суперпозицию основных параметризованных типов эмоций. Теоретической основой [3] для такой модели эмоции является утверждение о том, что для эмоций может быть введена операция суммирования, выраженная знаком «+». Таким образом,

одновременно возникающие базовые эмоции дают новую, производную от исходных эмоций. Наряду с этим, целесообразно ввести операцию умножения на некоторый коэффициент, отражающий мощность. На основании приведенных утверждений делается предположение о возможности представления эмоционального состояния человека как линейной комбинации из выделенных (базовых) типов эмоций.

II. Информационная модель эмоцииональноого состояния человека

Структура разработанной формализованной информационной модели эмоционального состояния показана на рисунке 1.3, сущность которой заключается в представлении эмоциональной окраски анализируемого видео сигнала или изображения как суперпозиции выделенных (базовых) параметризованных типов эмоций для последующего получения обобщенной характеристики эмоциональной окраски. Разложение эмоционального состояния анализируемого человека на составляющие компоненты из выделенных (базовых) типов эмоций осуществляется с помощью классификатора эмоционального состояния человека.

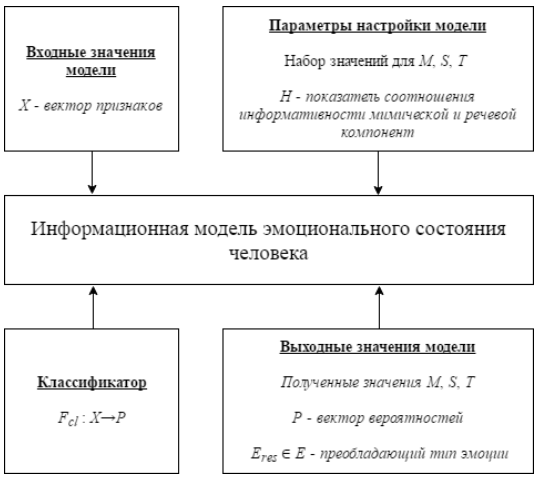


Рис. 3 – Структурная схема информационной модели эмоции

Основным параметром представленной модели является вектор признаков X, полученный на основе цифровой обработки, например, изображения лица человека при анализе изменения расположении опорных сегментов на нем, характеризующих динамику сокращения мышц лица, отвечающих за выражение той или иной эмоции. Вектор P отражает вероятность соответствия мимики определенному типу эмоции из заданного множества рассматриваемых эмоций ESet и представляет собой вектор вероятностей. Предложенный подход к описанию эмоции позволяет учесть ее фундаментальную природу – эмоциональную окраску нельзя интерпретировать строго и однозначно. Элементы вектора P представляют собой координаты анализируемой эмоции в многомерном пространстве, где единичный базисный вектор соответствует отдельной выделенной эмоции. Размерность вектора P равна мощности множества |ESet|возможных эмоций ESet. Функциональная зависимость FCL осуществляет отображение значений вектора признаков мимики на вектор вероятностей P. Для такого функционального отображения применяется классификатор, который строится на основе обучающей выборки данных. Использование обученного на тестовой выборке классификатора в качестве самостоятельного атрибута возможно вследствие того, что для достижения большей точности определения типа эмоции избыточный входной вектор признаков, а также и параметры используемого классификатора могут быть оптимизированы под заданного человека или имеющийся набор изображений. Предложенный подход позволяет придать адаптивность и гибкость предлагаемой модели вследствие использования различных векторов признаков на стадии определения типа эмоции без изменения структуры входных данных. Следующими параметрами предложенной модели являются набор весовых коэффициентов M и S, которые отражают мощность эмоции и степень ее влияния на оценку вероятного поведения человека. Данные параметры позволяют учитывать тот факт, что различные эмоции могут иметь различный вес, степень своего проявления и ассоциироваться с различными намерениями человека. Значения весовых коэффициентов M задаются априорно для каждой эмоции Ei из допустимого множества ESet, согласно требуемым параметрам работы системы.Значения же весовых коэффициентов S также могут присваиваться априорно для каждой эмоции в соответствии с параметрами. Набор параметров T информационной модели соответствует тональности отдельной эмоции. Согласно современной трактовке эмоций, положительный и отрицательный тип эмоций принимаются как противоположные, а человек, в отдельный взятый момент, может находиться либо в радостном, либо в грустном эмоциональном состоянии [4]. Данное утверждение можно считать лишь условно истинным, поскольку деление эмоций на положительные и отрицательные типы условно, кроме того, наличие сложных эмоций согласно некоторым исследователям [5] противоречит данному высказыванию. Для устранения двойственности интерпретации тональности эмоции полагается, что под положительной эмоцией подразумевается та эмоция, которая способствует повышению конструктивного поведения человека. Соответственно, под отрицательной эмоцией будет подразумеваться та эмоция, которая способствует деструктивному поведению индивида, действия (словесные или практические), направленные на разрушение чего бы то ни было [6]. Ассоциация каждой эмоции Ei из множества

ESet с ее тональностью устанавливается априорно, что отражено соотношением в представленной модели. Тональность эмоции необходима для характеристической оценки эмоционального состояния человека. Для удовлетворения принятой биполярной классификации возможных эмоций нулевое значение принимается за положительную тональность, поскольку нейтральное психологическое состояние человека не способствует деструктивному поведению. Поскольку при анализе эмоционального состояния, в общем виде, следует использовать два информационных канала поступления данных – результаты цифровой обработки изображения и семантической обработки сообщения – то это дает возможность варьирования степени информативности каждого из каналов. Для реализации указанного свойства модель содержит параметр H, который определяет степень информативности результатов цифровой обработки изображения мимики при принятии решения о вероятном поведении человека. Соответственно, результаты семантической обработки словесной информации имеют вес 1-H. С помощью параметра H можно "отключать" влияние семантического анализа словесной информации в случае низкого качества речи и невозможности ее распознавания. Параметр Eresult ESet соответствует типу эмоции, который присваивается эмоциональной окраске речевого фрагмента после его анализа. Возможный тип эмоции ограничен предопределенным множеством ESet релевантных для рассмотрения (выявления) типов эмоций. Выходной тип эмоциональной окраски анализируемого сообщения определяется согласно правилу: принимается тип эмоции, который получил большее значение вероятности.

Заключение

Предложена информационная модель эмоционального состояния человека. Ее особенностью является отсутствие ограничений на выбор правила определения результирующего типа эмоции. Используемая параметризация эмоций позволяет настраивать модель для учета конкретных условий ее использования.

III. Список литературы

1. 1. Osgood C.E., Suci J.G. and Tannenbaum P.H. // The Measurement of Meaning, University of Illinois Press, - 1957, -P. 31-75
2. 2. Davitz, Joel R. // Auditory correlates of vocal expression of emotional feeling, In The communication of emotional meaning, ed, - 1964. –P. 101-112
3. 3. Sadau S., Kazlova A. // The information model of emotion for facial expression components, Open Readings 2017 / 2017. С. 353-354
4. 4. Fikes, R. The role of frame-based representation in reasoning / R. Fikes, T. Kehler // Communications of the ACM. – 1985. – Vol. 28, № 9. – P. 904–920.
5. 5. Розалиев, В.Л. Предпосылки, возможности, перспективы создания автоматизированной системы распознавания эмоциональности речи // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвузовский сборник научных статей. – 2008. – № 2(40). – С. 58–61.
6. 6. Безрукова, В.С. Основы духовной культуры (энциклопедический словарь педагога), 2000 г., 937 с.

Секция «Проектирование встраиваемых систем»

Section «Embedded systems design»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММ ОПТИМИЗАЦИИ СОВМЕСТНЫХ И РАЗДЕЛЬНЫХ ДИАГРАММ ДВОИЧНОГО ВЫБОРА ДЛЯ СИСТЕМ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Бибило П. Н., Ланкевич Ю. Ю.
Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь
E-mail: bibilo@neman.bas-net.by, yurafreedom18@gmail.com

Описываются результаты эксперимента по сравнению эффективности применения двух программ минимизации диаграмм двоичного выбора для уменьшения сложности и увеличения быстродействия логических схем, синтезируемых в библиотеке проектирования заказных цифровых сверхбольших интегральных схем (СБИС).

Введение

Синтез схем комбинационной логики разбивается на два больших этапа: технологически независимую оптимизацию реализуемых систем булевых функций и технологическое отображение – покрытие оптимизированных представлений описаниями логических элементов. Эффективными методами технологически независимой оптимизации являются методы поиска многоуровневых представлений систем булевых функций в виде диаграмм двоичного выбора (BDD – Binary Decision Diagram) [1]. Построение BDD для булевой функции либо системы функций осуществляется на основе разложения Шеннона и включает два основных этапа: на первом этапе осуществляется поиск последовательности (перестановки) аргументов, по которой ведется разложение Шеннона; на втором – строится BDD по выбранной последовательности переменных разложения. Различие исследованных в данной работе алгоритмов (и реализующих их программ) минимизации BDD заключается в том, что первый алгоритм минимизирует BDD по общей для всех функций системы перестановке переменных (совместные BDD), второй алгоритм использует для каждой функции системы индивидуальную перестановку переменных (раздельные BDD). В качестве базового алгоритма исследован предложенный в [2] алгоритм построения диаграммы двоичного выбора с использованием инверсий подфункций (коэффициентов разложения), которые задаются в виде полиномов Жегалкина.

I. Минимизация диаграмм двоичного выбора

Разложением Шеннона полностью определенной булевой функции $f = f(x)$ по переменной x_i называется представление $f = f(x) = \bar{x}_i f(x_1, ..., x_{i-1}, 0, x_{i+1}, ..., x_n) \vee x_i f(x_1, ..., x_{i-1}, 1, x_{i+1}, ..., x_n)$. Функции $f_0 = \bar{x}_i f(x_1, ..., x_{i-1}, 0, x_{i+1}, ..., x_n)$ и $f_1 = x_i f(x_1, ..., x_{i-1}, 1, x_{i+1}, ..., x_n)$ в правой части называются коэффициентами разложения по переменной x_i , остаточными подфункциями, либо просто подфункциями. Они получаются из функции $f = f(x_1, ..., x_n)$ подстановкой вместо переменной x_i константы 0 и 1 соответственно. Каждая из подфункций f_0 и f_1 может быть разложена по одной из переменных из множества $\{x_1, ..., x_{i-1}, x_{i+1}, ..., x_n\}$. Процесс разложения подфункций заканчивается, когда все переменных будут использованы для разложения, либо когда все подфункции выродятся до констант 0, 1. На каждом шаге разложения выполняется сравнение на равенство полученных подфункций и оставляется одна из нескольких попарно равных (с точностью до инверсии) подфункций. Диаграмма двоичного выбора задает в виде ориентированного графа взаимосвязи коэффициентов разложения, каждой вершине графа соответствует некоторая подфункция [1]. Далее для системы функций будут рассматриваться BDD двух видов – совместные и раздельные. Совместными BDD, представляющими систему функций, будем называть такие BDD, которые построены по общей для всех функций системы перестановке переменных. Если же BDD для каждой из функций системы строятся независимо, т.е. так, что каждая из функций разлагается по своей перестановке переменных, то такие BDD для системы функций будем называть раздельными. Построение раздельных BDD осуществляется в системе FLC с помощью стратегий «Декомпозиция по функциям», «BDD-оптимизация листьев проекта», «Устранение иерархии» [3]. После минимизации BDD осуществляется перевод полученных логических уравнений в VHDL-описание и построение логической схемы в базисе элементов заказной сверхбольшой интегральной схемы, аналогично тому, как это было осуществлено в [2].

II. Эксперимент

Сравнение совместных и раздельных BDD проводилось на потоке из 18 примеров систем ДНФ (дизъюнктивных нормальных форм) булевых функций: 13 примеров систем функций

из библиотеки Berkeley PLA Test Set [4] и пяти примеров из практики проектирования. Пример X3_matr это система ДНФ, полученная по многоуровневому представлению системы функций; Sin_16 – это задание в виде таблицы истинности 16-битного приближения тригонометрической функции $y = sinx$; примеры Syst4, Syst8 взяты из практики промышленного проектирования цифровых схем, примеры Verg1, Verg2 описаны в [1]. Для примера Verg1 было исследовано задание в виде совершенной ДНФ (СДНФ) и минимизированной ДНФ, для этого примера результаты построения совместных BDD оказались одинаковыми, для раздельных BDD – разными. Результаты эксперимента представлены в таблице, где n – число переменных; m – число функций; k – число элементарных конъюнкций в системе ДНФ булевых функций; S_{ASIC} – площадь логической схемы, задаваемая в числе базовых ячеек, из которых состоят элементы; τ – задержка схемы (нс).

III. Выводы

Эксперимент показал, что применение совместных BDD является более предпочтительным приемом технологически независимой минимизации при синтезе логических схем из библиотечных элементов, так как площадь схем, построенных по совместным BDD в подавляющем числе случаев меньше площади схем, построенных по раздельным BDD. Однако для получения схем с меньшей задержкой не исключается вариант, что синтез по раздельным BDD может привести к более быстродействующим схемам по сравнению со схемами, получаемыми по совместным BDD.

IV. Список литературы

1. Бибило, П. Н. Применение диаграмм двоичного выбора при синтезе логических схем – Минск: Беларус. навука, 2014. – 231 с.
2. Бибило, П. Н., Ланкевич, Ю. Ю. Использование полиномов Жегалкина при минимизации многоуровневых представлений систем булевых функций на основе разложения Шеннона // Программная инженерия. – 2017. - № 3. - С. 369 – 384.
3. Бибило, П. Н., Романов, В. И. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 279 с.
4. Computer science. Columbia university [Электронный ресурс] http://www1.cs.columbia.edu/ cs6861/sis/espresso-examples/ex. - Дата доступа 24.06.2017

Таблица 1 – Экспериментальные результаты

Пример	Параметры системы функций F			Совместные BDD		Раздельные BDD	
	n	m	k	S_{ASIC}	τ	S_{ASIC}	τ
ROOT	8	5	256	26109	4.78	27113	3.77
ADDM4	9	8	512	80782	7.84	77183	5.31
MP2D	11	14	123	17471	3.56	17248	4.38
ADD6	12	7	1092	12806	8.03	20518	7.80
T3	12	8	152	16534	5.20	17103	3.75
tial	14	8	640	360264	8.44	440535	10.98
M181	15	9	430	19513	4.07	16344	2.63
B12	15	9	431	18966	3.62	16266	2.63
INTB	15	7	664	273532	9.02	252914	7.95
B2	16	17	110	199106	8.18	427640	8.29
B9	16	5	123	26081	4.91	35109	4.80
Sin_16	16	16	65536	8318112	16.40	12893388	18.56
Verg1(СДНФ)	17	61	2004	392023	13.50	1479699	13.80
Verg1 (ДНФ)	17	61	482	392023	13.50	1499787	15.20
Verg2	18	63	1019	577971	9.44	667016	9.29
IN2	19	10	137	76117	7.36	93415	7.08
Syst8	25	28	45548	6567459	17.95	7213127	17.83
Vtx1	27	6	110	26996	5.96	54539	6.18
X9dn	27	7	120	26996	6.00	54394	6.13
Soar	83	94	529	121627	6.60	152641	6.94
X3_matr	135	99	915	242406	7.91	223457	9.69
Число лучших решений				15	10	6	11

ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ ЗАКАЗНЫХ КМОП СБИС С ПОНИЖЕННЫМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Бибило П. Н., Романов В. И., Черемисинова Л. Д.
Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь
E-mail: bibilo, rom, cld@newman.bas-net.by

Предлагается общее описание процесса логического проектирования, выполняемого в рамках системы КМОП-ЛП, предназначенной для автоматизации проектирования нерегулярных логических схем из библиотечных КМОП элементов. Представлена базовая модель организации сеанса проектирования и перечислены основные проектные процедуры.

Введение

Сокращение энергопотребления цифровых блоков является одной из важнейших проблем, возникающих при проектировании заказных СБИС, выполняемых по КМОП технологии. Это связано с увеличением числа автономно работающих цифровых систем, в том числе используемых в космической технике [1]. В свою очередь, важным аспектом решения данной проблемы является сокращение сложности (площади) логических схем, так как от нее существенно зависит и величина потребляемого схемой тока. Другим аспектом решения данной проблемы является необходимость оценки значения энергопотребления [2] логических схем.

Далее описывается процесс проектирования, выполняемый в рамках программного комплекса КМОП-ЛП, предназначенного для автоматизации проектирования нерегулярных логических схем из библиотечных КМОП элементов. Основными критериями оптимизации схем здесь являются площадь схемы и ее энергопотребление. Данная система является развитием системы [3], в отличие от которой она ориентирована на анализ и синтез последовательностных схем, содержит развитые средства оценки энергопотребления схем в разных режимах работы и на разных уровнях, а также тем, что она интегрирована с программными пакетами Questa Sim, LeonardoSpectrum [4] и Accusim II [5] (ф. Mentor Graphics). Система позволяет эффективно выполнять логическое моделирование, оптимизацию и синтез синхронных логических схем по описаниям их поведения на различных языках, повторный синтез логических схем на основе программ выделения комбинационной логики и ее глобальной оптимизации, а также получать оценки энергопотребления схем на основе логического и схемотехнического моделирования.

I. Общие характеристики процесса проектирования в КМОП-ЛП

Процесс проектирования, выполняемый в рамках системы КМОП-ЛП, реализуется в диалоговом сеансе. Отдельный проект представляется набором файлов в отдельной одноименной с ним папке. Там хранится множество описаний проектируемой схемы и сопутствующая информация, например, тесты для проведения моделирования, файлы задержек элементов схемы, журнал проведенного проектирования и прочее. Формально процесс проектирования можно представить графом, вершины которого $\{s_i\}$ соответствуют диалоговым состояниям, в которых проектировщик оказывается в процессе сеанса. В каждом состоянии пользователь инициирует выполнение некоторых проектных процедур, которые изменяют полученное к этому моменту описание проектируемой схемы, либо определяют режимы, дополнительные данные и дальнейший путь развития процесса проектирования. На рис. 1 представлена графовая модель сеанса проектирования.

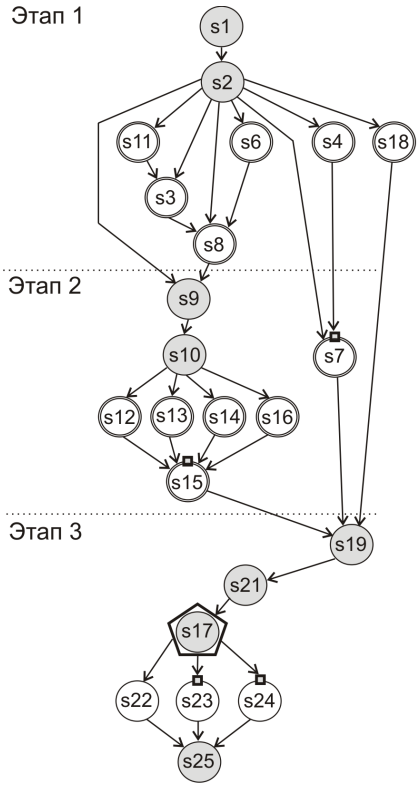


Рис. 1 – Графовая модель сеанса проектирования в системе КМОП-ЛП

Вершины, отмеченные на рисунке серым цветом (s1, s2, s9, s10, s19, s21, s17, s25) не инициируют изменение описания проектируемой схемы, в то время как вершины, обозначенные двойным кружком (s3, s4, s6, s7, s8, s11, s12, s13, s14, s15, s16) связаны с реализацией процедур, меняющих описание схемы. Вершины обозначенные одинарным кружком и не закрашенные серым (s22, s23, s24) связаны с проведением моделирования и оценки подготовленных тестов. Многоугольником на схеме отмечена вершина s17, в которой может быть осуществлено построение тестов, используемых при моделировании. Ряд вершин на рисунке дополнительно помечены маленькими квадратами, что означает подключение в соответствующих состояниях внешних программных продуктов (s7, s15 – синтезатора LeonardoSpectrum, s23 – системы моделирования Questa Sim, s24 – системы схемотехнического моделирования Accusim II). Кроме того на рисунке все состояния подразделяются по этапам. На этапе 1 осуществляется привязка к проекту исходного описания схемы, подготовка соответствующего описания на языке моделирования (SF [6] или VHDL), выделение для оптимизации комбинационной части схемы проекта. Этап 2 группирует в себе возможности синтеза схемы и проведения оптимизационных преобразований. На этапе 3 осуществляется подготовка тестов и проведение моделирования с последующей оценкой энергоемкости построенных схем.

Для предложенной модели маршрут проектирования описывается одним из путей, ведущих от начальной вершины s1 в конечную s25 (полный маршрут) или в какую-либо другую (сокращенный). В силу отсутствия на графе контуров можно перечислить все допустимые маршруты.

Выбор маршрута самым существенным образом зависит от представления исходных данных, которые могут быть следующих типов:

1. Синтезируемые алгоритмические VHDL-описания цифровых схем [4];
2. Синтезируемые алгоритмические описания конечных автоматов на языках VHDL и SF;
3. Структурные описания (netlists) логических схем из библиотечных КМОП элементов на языках VHDL и SF;
4. Функциональные описания комбинационной логики на языках VHDL и SF;
5. Иерархические функционально-структурные SF-описания логических схем.

Все диалоговые состояния сеанса реализуются с применением сходных по изображению кадров (см. рис. 2).

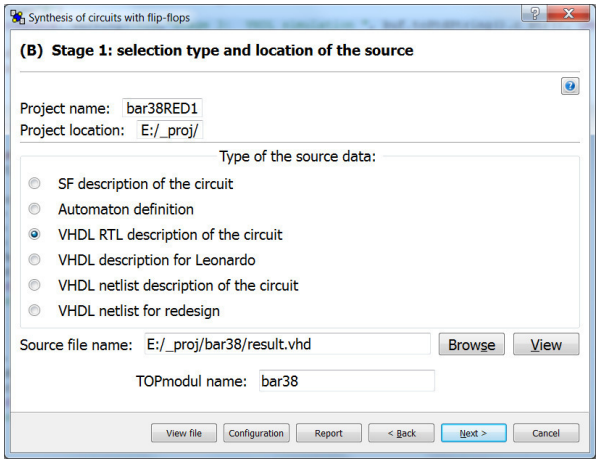


Рис. 2 – Пример кадра реализации диалогового состояний в системе КМОП-ЛП

На рисунке видно, что наряду со специфическим управлением, отображаемым в средней части кадра, всегда обеспечивается доступ к некоторому набору глобальных функций, таких как управление навигацией, просмотр файлов с данными и настройка конфигурационных параметров.

Система КМОП-ЛП позволяет производить оптимизацию и синтез КМОП схем с учетом площади и энергопотребления, а также быстро оценивать варианты синтезируемых КМОП схем по площади, быстродействию и потребляемой мощности на этапе логического проектирования.

II. Список литературы

1. Белоус, А. И. Космическая электроника / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов // – М: Техносфера, – 2015. – Кн. 1. – 696 с.
2. Белоус, А. И. Методы минимизации энергопотребления при проектировании КМОП БИС / А. И. Белоус, И. А. Мурашко, В. С. Сякерский // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2008. – № 2. – С. 39–44.
3. Автоматизация логического синтеза КМОП схем с пониженным энергопотреблением /П. Н. Бибило [и др.] //Программная инженерия. – 2013. – № 8. – С. 35–41.
4. Бибило, П. Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum / П. Н. Бибило // – М: СОЛОН-Пресс. – 2005, – 384 с.
5. Eldo User's Manual, – v.6.5_1, – 2005.
6. Бибило, П. Н. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний / П. Н. Бибило, В. И. Романов // – Минск: Беларус. навука. – 2011, – 279 с.

УВЕЛИЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ КМОП СХЕМ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кириенко Н. А.
Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kir@newman.bas-net.by

Рассматривается метод логического моделирования для оценки энергопотребления схем из КМОП элементов. Предлагается способ увеличения точности оценки энергопотребления путем использования характеристик элементов целевой библиотеки проектирования. Приводятся результаты экспериментального исследования.

Введение

Процесс синтеза цифровых устройств с пониженным энергопотреблением включает этап оценки энергопотребления в процессе их проектирования. Оценка энергопотребления проектируемых устройств может быть выполнена с помощью различных программных комплексов. Наиболее точную оценку дает система схемотехнического моделирования Accusim II фирмы Mentor Graphics [1].

Она выполняет аналоговое (SPICE) моделирование схемы на транзисторном уровне, подавая аналоговые сигналы на входы всех элементов и вычисляя значения сигналов на выходах. В процессе моделирования определяются значения потребляемого тока на каждом входном наборе и среднее значение потребляемого схемой тока на заданной последовательности входных наборов. Существенной особенностью системы Accusim является достаточно большое время моделирования, что не позволяет выполнять его в процессе оптимизации исходного описания проектируемого устройства.

В настоящей работе представлен быстродействующий метод логического моделирования, который дает достаточно точную оценку энергопотребления КМОП схем за допустимое время.

I. Метод логического моделирования SF-описаний схем из КМОП элементов

Метод логического моделирования схем из КМОП элементов [2] предполагает описание схемы на специализированном языке структурно-функционального описания SF [3]. В основе метода и алгоритма SF-моделирования лежит таблица оценки энергопотребления элементов целевой библиотеки проектирования.

Один из подходов, разработанных ранее, заключался в анализе электрической схемы каждого из элементов целевой библиотеки и подсчете числа переключений транзисторов при изменении сигнала на одном из его входов [2]. При этом значение переключательной активности s_{ij} для n-входового логического элемента вычислялось по формуле

$$s_{ij} = d_f weight\left(Inp_i \oplus Inp_j\right), \qquad (1)$$

где d_f - параметр элемента библиотеки; Inp_i, Inp_j – булевы векторы, представляющие i-й и j-й входные наборы; $weight\,(a)$ – число единиц в векторе a, символ $\oplus$ обозначает операцию поразрядного сложения по модулю 2 двух векторов.

II. Характеризация элементов целевой КМОП библиотеки

Описанный подход к оценке энергопотребления имеет недостатки. В формуле 1 используется число входов элемента, на которых произошло изменение сигнала. Таким образом, усредняется энергопотребление при изменении сигнала на любом из входов, что на самом деле не позволяет получить более точную оценку.

В связи с этим был предложен новый подход к оценке энергопотребления элементов целевой библиотеки, позволяющий получить значения энергопотребления всех элементов библиотеки на всех возможных парах входных сигналов [4]. Процесс получения этих значений назван характеризацией элементов библиотеки проектирования.

Для характеризации каждого элемента была разработана его SPICE-модель, имитирующая подключение с заданным разветвлением по входу и выходу. Затем проводилось моделирование полученных описаний в программе AccuSim при всевозможных изменениях значений входных сигналов. В результате для всех элементов библиотеки получены таблицы средних значений потребляемых токов (Average), получаемых при последовательной подаче всех возможных пар входных наборов, – таблицы характеризации.

Таблица характеризации каждого элемента представляется индексированным массивом, например с именем wNA (для элемента NA). Величина потребляемого каждым элементом (в нашем случае NA) тока на паре смежных наборов i, j определяется выбором значения индексированного массива wNA.

Формирование индекса k_{ij} для выбора элемента массива происходит следующим образом.

Формируется двоичное число, состоящее из значений входов элемента на наборе i и наборе j. Например, значения входов элемента NA на наборе i равны 00, на наборе j 10. Этой ситуации соответствует двоичное число 0010. При переводе в десятичную систему получим индекс $k_{ij} = 2$. Следовательно, значение энергопотребления t_{ij} для элемента NA при данной смене значений входов равно значению элемента $wNA[2]$ и определяется по формуле:

$$t_{ij} = wNA[k_{ij}]. \quad (2)$$

III. Экспериментальное исследование точности оценки энергопотребления

Для проверки точности предлагаемой оценки было проведено экспериментальное исследование. В качестве тестовых примеров использовались системы ДНФ из набора [5]. Система булевых функций, заданная каждым тестовым примером, подвергалась минимизации в классе ДНФ с помощью модифицированной программы Espresso, включенной в программный комплекс КМОП-ЛП. Сигнальные вероятности входных сигналов принимались равными 0,5. Далее для каждого примера по минимизированной системе ДНФ синтезировалась схема из элементов КМОП библиотеки.

Для синтезированной схемы выполнялась оценка энергопотребления следующими двумя способами: путем схемотехнического моделирования (SPICE- моделирования) с помощью программы Accusim II [1]; путем SF-моделирования [2]. Эксперимент проводился на случайных тестовых наборах размером 512.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1. В столбце 1 таблицы представлено имя примера. В столбце 2 представлен средний ток в одном такте, определенный с помощью программы Accusim II. В столбце 3 представлен средний ток в одном такте, определенный с помощью программы SF-моделирования. В столбце 4 представлен максимальный ток, потребляемый схемой в одном такте, определенный с помощью программы SF-моделирования. Значения токов представлены в мкА. В столбце 6 представлено значение коэффициента p , равного отношению значения среднего потребляемого тока, определенного с помощью SF-моделирования, к значению среднего потребляемого тока, определенного с помощью SPICE-моделирования.

Как видно из таблицы, это значение колеблется в пределах 0,87 – 1,14, что является вполне приемлемой платой за значительное сокращение времени вычисления оценки энергопотребления при использовании SF-моделирования. Этим подтверждается возможность замены времязатратного SPICE-моделирования на быстродействующее SF-моделирование. Эксперимент показал, что время SPICE-моделирования на примере схемы dc2 равно 48 сек., а время SF-моделирования менее 1 сек.

Таблица 1 – Результаты экспериментального исследования по оценке энергопотребления схем из КМОП элементов

Имя схемы	Accusim	SF	SF макс	p
1	2	3	4	5
Add6	81.15	70.83	131.00	0.87
ADDM4	220.00	219.00	408.00	1.00
ALU1	11.30	12.70	22.70	1.12
B2	938.10	927.00	1470.00	0.99
B9	55.99	55.20	89.40	0.99
B12	44.03	44.20	75.70	1.00
Dc2	53.19	52.60	101.00	0.99
In0	219.91	231.00	396.00	1.05
In2	234.68	247.00	399.00	1.05
Intb	465.49	468.00	752.00	1.01
Life	47.86	44.00	76.30	0.92
Log8mod	49.65	49.30	92.40	0.99
M1	71.56	73.50	146.00	1.03
M181	42.42	42.40	73.30	1.00
M2	247.97	224.00	423.00	0.90
M3	342.01	301.00	555.00	0.88
Mlp4	182.07	168.00	311.00	0.92
Mp2d	50.91	57.90	113.00	1.14
newtpla	19.73	22.40	41.40	1.14
P82	48.15	53.10	104.00	1.10
Radd	28.42	25.90	48.70	0.91
Rd73	76.32	69.80	129.00	0.91
Root	74.18	77.20	148.00	1.04
Sex	25.39	28.10	55.40	1.11
Tms	181.58	166.00	303.00	0.91
Z5xp1	51.59	50.30	95.40	0.97
Z9sym	96.00	85.50	160.00	0.89

Можно утверждать, что предложенная характеризация элементов целевой библиотеки КМОП элементов позволяет получить достаточно адекватные оценки энергопотребления схем из КМОП элементов методом SF-моделирования.

1. Eldo User's Manual // – v. 6.5.1. – 2005.
2. Бибило, П. Н. Оценка энергопотребления комбинационных логических КМОП схем по их переключательной активности / П. Н. Бибило, Н. А. Кириенко // Мат. Седьмой междунар. конф. Автоматизация проектирования дискретных систем (CAD DD'10). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси. – 2010. – С. 305 – 312.
3. Бибило, П. Н. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний / П. Н. Бибило, В. И. Романов // Минск : Беларуская навука. – 2011. – 279 с.
4. Бибило, П. Н. Оценка энергопотребления комбинационных КМОП схем на основе логического моделирования с учетом временных задержек элементов / П. Н. Бибило, А. Л. Соловьев // Управляющие системы и машины. – 2014. – № 6. – С. 34 – 41.
5. Berkeley PLA test set [Electronic resource] / Mode of access: http://www1.cs.columbia.edu/cs6861/sis/espresso-examples/. – Date of access: 29.06.2017.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОРА ФОРМИРОВАНИЯ КЛЮЧА PBKDF2 НА БАЗЕ FPGA

Качинский М. В., Станкевич А. В.
Кафедра электронных вычислительных средств, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {kachinsky, stankevich}@bsuir.by

Рассматривается аппаратная реализация функции PBKDF2, позволяющая использовать эту функцию во встраиваемых системах с достаточно высокой производительностью. Получение ключа с помощью функции PBKDF2 организуется по итерационной схеме в виде последовательно работающего модуля, реализующего вычисление хэш-функции SHA-1. Приводятся аппаратные затраты реализации на базе кристалла ПЛИС XC6VLX240T-1FFG1759 фирмы Xilinx, оценивается производительность специализированного процессора.

В настоящее время для разрешения доступа пользователей к некоторым электронным данным широко используются пароли. Из-за плохой случайности этих паролей, опасности хранения их значений, а также их произвольной длины они не могут использоваться в качестве ключей криптографических алгоритмов шифрования. В большинстве приложений ключи получают на основе паролей с использованием криптографических хэш-функций.

Функция PBKDF2 (Password Based Key Derivation Function v2) является одним из важнейших криптографических примитивов [1], широко используемым в различных системах, таких как WiFi Protected Access (WPA/WPA2), Microsoft .NET framework, Apple OSX Operating System, Apple iOS, Android (v3.0 – v4.3), Blackberry, Cisco IOS type 4 и других. Характерной особенностью данной функции является значительное (обычно несколько тысяч или десятков тысяч) число повторений использования механизма HMAC (hash-based message authentication code – код проверки подлинности сообщений, использующий хэш-функции), в связи с чем процесс формирования ключа занимает значительное время. Еще одной важной особенностью функции PBKDF2 является отсутствие ограничения длины ключа.

В данной работе предлагается аппаратная реализация функции PBKDF2, позволяющая использовать эту функцию во встраиваемых системах с достаточно высокой производительностью.

Процессор реализует функцию получения ключа PBKDF2 в соответствии со спецификацией RFC 2898 PKCS #5: Password-Based Cryptography Specification Version 2.0 September 2000 [2]. В качестве псевдослучайной функции PRF используется функция HMAC на основе хэш-функции SHA-1 (HMAC-SHA-1), описанная в документе RFC 2104 HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication February 1997 [3].

Процедура получения ключа PBKDF2 (P, S, C, dkLen), реализуемая в предлагаемом процессоре, определяется следующим образом:

- параметр P – пароль для которого формируется значение ключа;
- параметр S – значение salt (соль) минимальной длины 128 бит;
- параметр C – количество итераций (положительное целое число);
- hLen – длина хэш-значения на выходе функции HMAC (20 байт для хэш-функции SHA-1);
- dkLen – длина формируемого ключа (для данной реализации выбрана равной 16 байт);
- b = [dkLen/hLen] = [16/20] = 1 – количество блоков длины hLen в ключе (округление вверх). Таким образом, для рассматриваемой реализации ключ состоит из одного блока длиной r = dkLen - (b-1)*hLen = 16 байт;
- генерируемый ключ DK = T_1<0...15> представляет собой первые 16 байт значения T_1 = F (P, S, C, 1) длины 20 байт, вычисляемого следующим образом:

  F (P, S, C, 1) = U_1 xor U_2 xor ... xor U_C;

  U_1 = HMAC-SHA-1 (P, S || x"00000001");

  U_2 = HMAC-SHA-1 (P, U_1);

  ...

  U_C = HMAC-SHA-1 (P, U_{C-1}).

В приведенных выше выражениях символ || означает операцию конкатенации.

Таким образом, для получения ключа необходимо выполнить C итераций, на каждой из которых вычисляется хэш-значение с помощью функции HMAC-SHA-1. Для вычисления хэш-значения с помощью функции HMAC-SHA-1 необходимо последовательно четыре раза выполнить алгоритм SHA-1:

1) для вычисления хэш-значения блока ikeypad с использованием первого параметра функции HMAC-SHA-1;

2) для вычисления хэш-значения блока okeypad с использованием первого параметра функции HMAC-SHA-1;

3) для вычисления хэш-значения блока на основе второго параметра функции HMAC-SHA-1 с использованием хэш-значения блока ikeypad;

4) для вычисления итогового хэш-значения функции на основе хэш-значения, полученного на шаге 3, с использованием хэш-значения блока okeypad.

Суммарно для получения ключа необходимо 4C раз выполнить алгоритм SHA-1. Однако, поскольку первый параметр у функции HMAC-SHA-1 на всех итерациях один и тот же, первые два шага можно выполнить однократно с запоминанием полученных хэш-значений. Тогда на каждой из C итераций необходимо только дважды выполнять алгоритм SHA-1 (шаги 3 и 4), что суммарно составляет 2C раз [4].

Структурная организация вычислительного ядра процессора функции PBKDF2 показана на рис. 1.

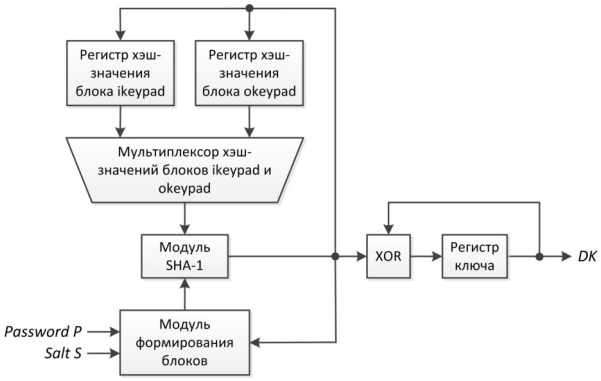


Рис. 1 – Структура вычислительного ядра процессора функции PBKDF2

В предлагаемом процессоре получение ключа с помощью функции PBKDF2 организуется по итерационной схеме в виде последовательно работающего модуля, реализующего вычисление хэш-функции SHA-1.

Входные блоки для модуля SHA-1 формируются в модуле формирования блоков из входных значений пароля password и параметра salt, а также промежуточных хэш-значений с выхода модуля SHA-1. Модуль формирования блоков реализуется в виде двухступенчатого мультиплексора, который в зависимости от цикла работы коммутирует на вход модуля SHA-1 слово соответствующего блока.

На выходе модуля SHA-1 последовательно формируются значения U_1, U_2 ... U_C. Эти значения поступают на схему XOR, где в свою очередь последовательно получаются значения U_1, U_1 xor U_2, ..., U_1 xor U_2 xor ... xor U_C, которые фиксируются в выходном регистре ключа. После выполнения 2C циклов в регистре ключа получаются первые 16 байт значения T_1, что представляет собой искомый ключ PBKDF2 DK = T_1<0...15>. Начальные значения для модуля SHA-1 выбираются с помощью входного мультиплексора. В качестве начальных значений используются вычисленные на первых двух циклах хэш-значения блоков ikeypad и okeypad.

Разработанный процессор функции PBKDF2 описан на языке VHDL с использованием среды проектирования Xilinx ISE 14.7 для ПЛИС XC6VLX240T-1FFG1759 фирмы Xilinx для значения параметра C равного 4096. Аппаратные затраты на реализацию процессора составляют: триггеры секций (slice registers) – 1172; просмотровые таблицы (slice LUTs) – 1390; логические секции (slices) – 509. Анализ результатов реализации (implement design) процессора показывает, что аппаратные затраты ресурсов кристалла по занятым секциям (slice) ПЛИС составляют около одного процента ресурсов кристалла. Предельная рабочая тактовая частота по оценкам процедуры синтеза составляет 262 МГц.

Общее количество циклов работы процессора равно 8194: два для вычисления хэш-значений блоков ikeypad и okeypad и 8192 – для получения ключа. Цикл работы включает однократный запуск модуля SHA-1 для обработки одного входного блока данных и состоит из 85 тактов, необходимых для реализации алгоритма SHA-1. Время вычисления искомого ключа составляет 850172 такта, что при тактовой частоте синхронизации 262 МГц равно 3,24 мс. При этом производительность процессора составляет 308 ключей/с.

Рассматриваемая реализация может использоваться и для обратных задач криптографии. В этом случае задача формирования ключа может распараллеливаться на несколько процессорных ядер для разных значений пароля, что значительно повышает производительность подобной системы.

1. NIST SP 800-132. Recommendation for Password-Based Key Derivations. Desember 2010. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-132.pdf. – Дата доступа: 06.09.2017.
2. RFC 2898 PKCS #5: Password-Based Cryptography Specification Version 2.0. September 2000. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ietf.org/rfc/rfc2898.txt. – Дата доступа: 06.09.2017.
3. RFC 2104 HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication. February 1997. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ietf.org/rfc/rfc2104.txt. – Дата доступа: 06.09.2017.
4. Andrew Ruddick, Jeff Yan. Acceleration Attacks on PBKDF2: Or, what is inside the black-box of oclHashcat. WOOT'16. 10th USENIX Workshop on Offensive Technologies. August 8-9, 2016. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.usenix.org/system/files/conference/woot16/woot16-paper-ruddick.pdf. – Дата доступа: 06.09.2017.

CERMET: A LIGHTWEIGHT MULTITHREADING BASED ON THE COMPLETELY EXPLICIT RESOURCE MANAGEMENT FOR REAL-TIME SYSTEMS

Yauhen Klimiankou
Department of Software for Information Technologies, BSUIR
Minsk, Belarus
E-mail: klimenkov@bsuir.by

Design and development of embedded and real-time applications are challenging. Multithreading allows to split of the sophisticated applications into multiple tasks with clearly defined priorities of execution. We design a new subsystem of multithreading for microkernels, that is targeted to the embedded, real-time and mission-critical operating systems – CERMet. CERMet is based on the ideas of completely explicit resource management.

I. Introduction

The experience accumulated during decades of production and usage of embedded and real-time applications tells that their design and development are challenging. Reasons for this are a stringent resource constraints coupled with demanding requirements imposed to such systems. Real-time systems require high level of determinism, predictability and robustness provided in the hardware environment with low-power processor and small amounts of memory. Complexity of embedded and real-time applications grows continuously forcing developers rely more and more on the operating system support.

Multithreading allows to split of the sophisticated application into multiple tasks with clearly defined priorities of execution. In conjunction with real-time scheduling policies multithreading constitute a main tool for management of the system temporal behavior. While dynamical multithreading is beneficial, creation and destruction of threads in run time is still the one of the sources of unpredictability in the system and introduces performance penalty.

We design a new subsystem of multithreading for microkernels, the *CERMet*, targeted to the embedded, real-time and mission-critical operating systems. It is based on the idea of the completely explicit management and control on the system resources. The multithreading subsystem of microkernel performs only transformation of system resources and provides a guarantee of their strict isolation. Full control on the system resources using during thread creation and destruction on the level of user applications leads to the higher level of efficiency, determinism and predictability with shortening and simplification of kernel code.

In this paper, we introduce the lightweight multithreading based on completely explicit resource management – *CERMet*. Specifically, we describe the underlying ideas of the *CERMet* to show its ability to support design and development of more deterministic, predictable and efficient applications in the context of limited resources of embedded, real-time and mission-critical systems.

II. Typical model of multithreading

In this section, we give an overview of the classical thread management model which is typical for the modern operating systems.

Multithreading is a well-known concept which has matured and popularized more than two decades ago in the world of *NIX family of OSes [1]. Its popularity was recently significantly boosted by wide spreading of multicore microprocessors and microcontrollers. Models of multithreading with explicit support from the OS kernel (1:1 and 1:M) are dominant nowadays. Due to this, kernels with multithreading support are de facto standard in the world of modern operating systems. This rule affects not only well-known desktop OSes [2], but also a populous world of embedded and real-time OSes [3].

Concept of threads is especially beneficial for the real-time systems [4], because such systems take special care about predictability, which they reach, in high degree, through careful scheduling of all activities going in the system and special interrupt handling techniques. Multithreading allows to perform different activities concurrently and execute each of them with its own priority. Thus, multithreading, with using special scheduling policies and careful prioritization of activities, allows to achieve more predictable timing behavior. At the same time, concept of threads reduces performance penalty and latency of task switching, which are inherent to the classical multiprocessing model. Combination of both advantages gives system developers enough design space to build advanced real-time architectures like threaded interrupt handling.

Classical thread management model inherited by POSIX from early UNIX implementations is built around three operations: creation of a thread, waiting a thread termination and termination of a thread [1]. Creation of a thread is a synchronous operation, during which kernel implicitly transforms basic system resources into new high-level system resource – child thread. Destruction of a thread, including its disassembling into basic system resources, is performed in two steps: termination (performed by child thread)

and disassembling (performed by parent thread), and requires rendezvous between parent and child threads. Parent thread states to the kernel its intention to block itself and wait child termination using *Wait Thread* operation. On the opposite side, child thread invokes *Exit Thread* operation to terminate itself execution. Once parent is in waiting state and child in the exit state, the rendezvous is established. Reaching the rendezvous leads to unblocking of the parent thread and disassembling of the child thread into basic system resources. This disassembling performed by kernel implicitly.

III. Approach used by the *CERMet*

Thread is a high-level system resource which is built from physical memory, virtual memory (slot in scheduler table of threads) and CPU time share. *CERMet* exploits the ideas of explicit resource management introduced by seL4 for management of all three kinds of system resources.

Determinism. Management of system resources that is hidden in the kernel creates a lack of determinism on the application side. Indeterminacy is a result of lack of visibility of kernel state from the application and lack of the strict inter-process (inter-thread) resources isolation. Applications in such systems run with a permanent risk of failure due to the exhaustion of system resources (Deny of Service attack).

Predictability. Actual number of processor ticks spending in creation and destruction of the thread strongly depend on the actual state of shared resources in the moment, when operation is performed, and from the adopted by kernel resource allocation/deallocation policies. Due to this, it is hard to provide guarantees about maximum number of processor cycles required for each call of the operation in the dynamical system, as well as, maintain such guarantees in long-term perspective with constantly evolving OS kernel. Lack of performance isolation of thread management operations between processes of the system and complex nature of its dependency from the OS kernel creates significant challenge for real-time applications.

Thread construction and termination. In *CERMet* all three kinds of basic system resources involved into thread management are explicitly managed by user space applications. Due to this, application is able to allocate and to reserve all required system resources before start of actual functioning or die explicitly.

Construction of the thread consumes computer resources of all three kinds which are owned by parent. Destruction of the thread releases them back to the parent allowing their reuse in future. *CERMet* moves lookup and accounting of the thread table slot and physical memory from the scope of the kernel responsibilities into scope of application responsibilities. Thus, kernel path of the thread management operations become straightforward and strictly bounded in time. On the another hand, *CERMet* allows application which have full info about resource management policies to make entire Thread Create operation strictly bounded in time and thus completely predictable and deterministic.

CERMet splits the *wait()* operation into two independent operations: waiting of thread termination notification and disassembling of the thread into basic system resources. Such splitting provides to the application full control on the time of disassembling and released resources.

Kernel designed with *CERMet* performs only resource ownership control and functions of resource transformations and does not contain any resource allocation policies. Explicit identification of the resources which are converting into the thread allows eliminate generally unbounded lookup operations. As a result, real-time application becomes able to high level of resource and performance isolations between threads, and thus high level of determinism and predictability, and full control on the owned resources. Finally dependency of the application time behavior from the kernel becomes straightforward, thus maintaining of the application in the context of the constantly evolving OS kernel becomes simple.

IV. Conclusion

CERMet multithreading subsystem based on the ideas of explicit resource management, significantly improves control of application on the resources, temporal behavior and determinism of the system. Furthermore, it simplifies design and implementation of the multithreading subsystem of the operating system kernel. Embedded and real-time systems can gain especial benefits from the improved level of determinism, predictability, resource isolation, performance and minimalist footprint of the *CERMet*. At the same time *CERMet* can find its application in the domain of general purpose microkernels. We are currently working on improving the application level API and runtime library for our experimental kernel which will support *CERMet* on applications side.

1. D. Marshall. Programming in C. https://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/ C/, March 1999. [Online; accessed 09-October-2016].
2. R. Love. *Linux System Programming: Talking Directly to the Kernel and C Library*. O'Reilly Media, Inc., 2007.
3. *eCos Reference Manual*, 1.3.1 edition, 2008.
4. D. Beal. Linux As a Real-Time Operating System. *Freescale Semiconductor White Paper*, 2005.
5. G. Klein, K. Elphinstone, G. Heiser, J. Andronick, D. Cock, P. Derrin, D. Elkaduwe, K. Engelhardt, R. Kolanski, M. Norrish, T. Sewell, H. Tuch, and S. Winwood. sel4: Formal verification of an os kernel. In *Proceedings of the ACM SIGOPS 22Nd Symposium on Operating Systems Principles*, SOSP '09, pages 207–220, New York, NY, USA, 2009. ACM.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРА

Лутковский В. М., Поплетеев А. М., Желудкович И. С.
Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, факультет радиофизики и компьютерных технологий, Белорусский государственный университет
Междисциплинарный центр безопасности, надёжности и доверия, Университет Люксембурга
Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, факультет радиофизики и компьютерных технологий, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь; Люксембург, Люксембург; Минск, Республика Беларусь
E-mail: Lutkovskiv@gmail.com

В работе рассмотрена система для определения эмоционального состояния пользователя. Для принятия решения об изменении состояния пользователя ноутбука, оснащенного видеокамерой, наряду с анализом изменений лица, используются сигналы датчиков изменения сопротивления кожи и ритма дыхания. Оцифровка и обработка сигналов датчиков реализована на базе микроконтроллера MSP430G2553.

Введение

Актуальность разработки предлагаемой системы обусловлена широким применением компьютеров в учебном процессе. Компьютерные технологии создают предпосылки для лучшего восприятия информации, однако при длительных сеансах работы студенты утомляются, что приводит к увеличению психологической нагрузки и резкому ухудшению восприятия и усвоения учебного материала. Раннее обнаружение стрессовых состояний позволяет делать своевременные перерывы, и таким образом восстанавливать внимание учащихся.

Эмоциональное состояние студентов и школьников во время учебных занятий в большой степени определяет результативность этих занятий. Изучению детальных механизмов этого влияния уделяется большое внимание, причем исследования в данном направлении мотивированы высокой эффективностью методик, предназначенных для изучения иностранных языков с использованием средств контроля эмоционального состояния обучаемых [1].

Для анализа эмоционального состояния человека применяются такие принципы как анализ физиологических параметров и анализ изображения лица (мимики и цвета кожи). Системы, основанные на первом принципе, применяются уже на протяжении многих лет и хорошо себя зарекомендовали в медицине и криминалистике в качестве детекторов лжи [2]. Второй принцип (анализ изображения лица) еще не получил широкого применения, так как он предполагает жесткую фиксацию положения лица [3]. При проектировании системы мониторинга эмоционального состояния в данной работе применены как первый, так и второй принципы: анализ изображения использован для обнаружения изменений на лице пользователя, а анализ физиологических параметров (изменений проводимости кожи и дыхания) необходим для подтверждения, что причиной изменений лица является именно изменение эмоционального состояния.

I. Структура и алгоритм работы системы

Структура системы приведена на рис. 1. Она включает в себя ноутбук (ПЭВМ) с видеокамерой, датчики проводимости кожи и дыхания, а также микроконтроллер семейства MSP430G2, используемый для оцифровки сигналов датчиков и передачи данных в ПЭВМ.



Рис. 1 – Структура системы

Испытания системы включали два периода: релаксации и измерений. На первом этапе испытуемый для достижения состояния релаксации прослушивает музыкальную фонограмму, а система регистрирует изображение лица и сигналы датчиков, используемые для расчета усредненных параметров нормального состояния. Далее на этапе мониторинга производятся те же операции, что и на первом этапе, но с дополнительным анализом на отклонения текущего изображения от состояния релаксации. В случае обнаружения отклонения отмечаются участки, на которых оно было обнаружено (рис. 2). Одновременно формируется сигнал вызова датчика дыхания для проверки состояния испытуемого и после обработки сигналов датчиком, принимается решение об изменении состояния или ложной тревоге.

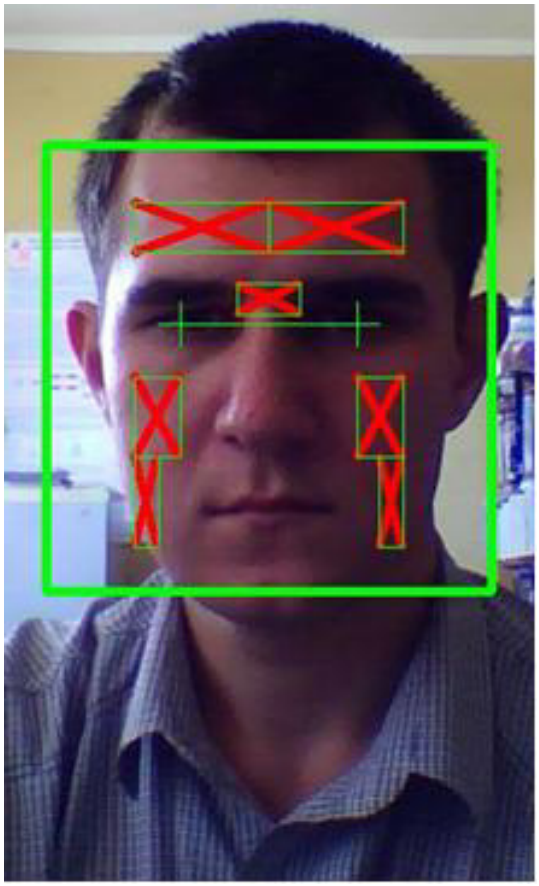


Рис. 2 – Анализируемые участки лица

Алгоритм анализа изменений выражения и цвета лица на изображениях, полученных от видеокамеры, реализован с использованием библиотек OpenCV на языках C/C++. Подробнее этот алгоритм рассмотрен в работе [3].

II. Конструктивное исполнение

Чувствительным элементом датчика дыхания служит миниатюрный терморезистор, установленный на пути выдыхаемого воздуха на микрофоне аудиогарнитуры. Информативным параметром сигналов датчиков дыхания служит отношение длительностей вдоха/выдоха. Для сигналов на рис. 3 при спокойном (верхний) и нагруженном (нижний) состояниях испытуемого этот параметр составлял 0,44 и 0,49 соответственно. Электроды датчика сопротивления кожи вмонтированы в корпус компьютерной мыши. Он выполнен на базе микроконтроллере типа MSP430G2 аналогично рассмотренному в работе [4]. Следует отметить, что испытанные датчики в отличие от датчика сердечного ритма, испытанного на начальном этапе проектирования системы, не требуют неподвижности испытуемого и не создают помех в работе.

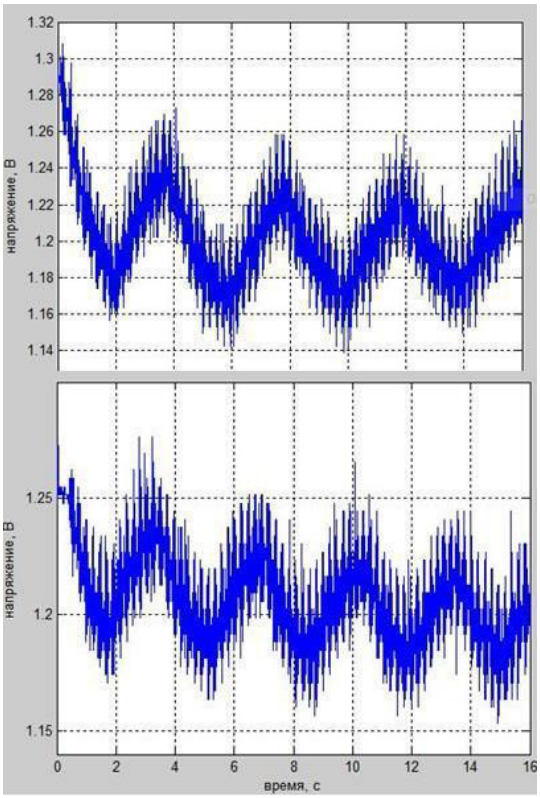


Рис. 3 – Сигналы датчика дыхания

В настоящее время проводятся испытания двух образцов системы: на базе ноутбука ASUS (первый экзкмпляр) и на базе ноутбука SONY VAIO (второй экзкмпляр).

1. Conner-Simons A. Detecting emotions with wireless signals//MIT News. September 20, 2016 [Электронный ресурс] http://news.mit.edu/2016/detecting-emotions-with-wireless-signals-0920
2. Варламов В.А. Детектор лжи. //ПЕР СЭ. –2004. – С. 352.
3. Желудкович Д.С. Детектирование изменений лица пользователя компьютера/ Д.С. Желудкович, В.М. Лутковский// Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015). БГУИР, 28 октября 2015. С. 144.
4. Sumanth Reddy Yeddula, Gleb V. Tcheslavski// Int. J. BioAutomation. 2015. V. 19. P. 79–94.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОКРАТНЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ ПСЕВДОИСЧЕРПЫВАЮЩЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Леванцевич В. А.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lvn@bsuir.by

Анализируются методы тестирования современных запоминающих устройств встраиваемых систем, в том числе оперативных запоминающих устройств (ОЗУ). Обосновывается использование многократных тестов ОЗУ с изменяемыми адресными последовательностями для псевдоисчерпывающего тестироваия ОЗУ. Приводятся оценки минимальной, максимальной и средней кратности многократного теста для обеспечения исчерпывающего множества комбинаций для заданного числа ячеек ОЗУ

ВВЕДЕНИЕ

Исчерпывающее тестирование (Exhaustive Testing) характеризуется максимальной эффективностью обнаружения неисправностей цифровых устройств [12]. Однако в силу большой временной сложности подобных тестов в настоящее время используются их различные аппроксимации и в первую очередь такие, как псевдоисчерпывающие тесты (Pseudoexhaustive Tests).

I. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Псевдоисчерпывающие тесты основываются на формировании множества тестовых наборов (векторов), обеспечивающих всевозможные комбинации на заданном подмножестве элементов наборов теста, и называются локально исчерпывающими [1]. Сложность,таких тестов существенно меньше сложности исчерпывающих тестов. Вероятностные тесты (Random Tests) также являются эффективной аппроксимацией исчерпывающего тестирования современных встраиваемых систем [1–2]. Существенным недостатком вероятностных тестов является необходимость перебора потенциальных кандидатов в тестовые наборы, что увеличивает вычислительную сложность формирования подобных тестов. С целью уменьшения такой сложности широко обсуждаются и используются многократные вероятностные тесты для запоминающих устройств. Использование таких тестов позволяет уменьшить вычислительную сложность их построения. Представляет интерес использование псевдоисчерпывающего тестирования современных ОЗУ, основанного на многократном применении классических маршевых тестов с изменяемыми адресными последовательностями [3]. В качестве основной характеристики маршевого теста ОЗУ для k произвольных запоминающих ячеек ОЗУ используется подмножество двоичных комбинаций, названное орбитой, которое формируется одной из фаз маршевого теста.

II. РЕАЛИЗАЦИЯ

Многократное применение маршевых тестов с изменяемыми адресными последовательностями является одним из радикальных методов повышения эффективности тестирования современных ОЗУ [3]. Для этой цели используются различные меры отличия адресных последовательностей (например, расстояние Хэмминга, арифметическое расстояние, манхэттенское расстояние, корреляционные зависимости). Под адресной последовательностью понимают упорядоченную последовательность m-разрядных двоичных векторов $A(n) = a_{m-1} \cdot a_{m-2} \cdot a_{m-3} \cdots a_2 \cdot a_1 \cdot a_0$, где $a_i \in \{0,1\}, i \in \{0,1,2 \cdots \ m-1\}$,принимающих всевозможные значения из множества 2^m двоичных векторов $\{000\ldots00, 000\ldots01, 000\ldots10, \ldots, 111\ldots11\}$[4]. Значения адресов A(n), так же как и их индексов n, принадлежат множеству $\{0,1,2,...,2^{m-1}\}$, т. е. A(n), $n \in \{0,1,2,...,2^{m-1}\}$/ В качестве базовой адресной последовательности чаще всего используют счетную последовательность адресов, для которой выполняется свойство A(n)=n, т. е. $A(0)=0, A(1)=1, A(2)=2, ..., A(2^m-1)=2^m-1$

Необходимым условием обнаружения неисправностей является обеспечение тестом ОЗУ всевозможных 2^k двоичных комбинаций в любых k из N ячеек ОЗУ. Очевидно, что данное условие может быть обеспечено в рамках исчерпывающих тестов, их сложность определяется величиной 2^N, где $N = 2^m$ - емкость ОЗУ, которая является большой величиной. Поэтому на практике применяются различные подходы, позволяющие аппроксимировать исчерпывающий тестом меньшей сложности сдостаточно высокой обнаруживающей способностью. Рассмотрим пример формирования двоичных комбинаций для k = 6 из N произвольных ячеек ОЗУ. Предположим, что фиксированными k = 6 ячейками ОЗУ являются ячейки $b_\alpha, b_\beta, b_\lambda, b_\delta, b_\epsilon, b_\phi$, где $b_\gamma \in \{0,1\}$ для $\gamma_\in \{\alpha, \beta, \lambda, \delta, \epsilon, \phi\}$представляет те-

кущее состояние ячеек, а их адреса $\alpha, \beta, \lambda, \delta, \epsilon, \phi$ расположены в возрастающей последовательности $(\alpha < \beta < \lambda < \delta < \epsilon < \phi)$.Для текущего состояния$b_\alpha, b_\beta, b_\lambda, b_\delta, b_\epsilon, b_\phi$ = 000000 в указанных ячейках при реализации первой фазы теста MATS+ (чтения нуля/запись единицы) получим состояния, которые называются орбитой:100000, 110000, 111000,111100, 111110, 111111. Используя эту же фазу теста с обратной адресной последовательностью для тех же ячеек ОЗУ при нулевом начальном их состоянии, получим пять новых состояний: 000001, 000011, 000111, 001111, 011111. Выбрав адресную последовательность $\alpha, \beta, \lambda, \delta, \epsilon, \phi$ для такой же фазы теста и применив те же нулевые начальные условия, получим следующее состояние запоминающих ячеек: 010000, 110000, 111000, 111100, 111110, 111111. Видно, что только одно состояние (010000) отличается от ранее полученных.

В качестве примера будем использовать процедуру тестирования ОЗУ, которая будет состоять в многократном применении простейшего маршевого теста (запись нуля/ чтение нуля/запись единицы), выполняющего инвертирование нулевого содержимого ОЗУ.Для примера рассмотрим множество на рис.1

1		2	
0	0	0	0
1	0	0	1
1	1	1	1

Рис. 1 – Множество орбит для k=2

Видно, что для k = 2 существуют только две орбиты. Исчерпывающий тест, т. е. генерирование всевозможных комбинаций (00, 01, 10, 11) из двух бит, обеспечивается двумя орбитами (1–2) в любой их последовательности. С увеличением значения k до трех получим шесть различных орбит (рис. 2).

1			2			3			4			5			6		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 2 – Множество орбит для k=3

Исчерпывающий тест для k = 3 обеспечивается орбитами 1–4–5 и 2–3–6. Следует отметить, что число орбит три является минимальным для обеспечения исчерпывающего теста, состоящего из восьми двоичных комбинаций (000, 001, 010, . . . , 111). Общее количество орбит для произвольного значения k определяется как Qtou = k!.

Определим предельные значения количества орбит, необходимых для реализации исчерпывающего теста для произвольного значения k. Максимальная оценка Qmax количества орбит, необходимых для формирования исчерпывающего теста, содержит 2k тестовых набора. Как было отмечено, применение одной орбиты независимо от ее вида обеспечивает k + 1 двоичных векторов, каждый из которых состоит из k бит. В худшем случае каждая последующая орбита будет обеспечивать как минимум один новый двоичный вектор по отношению к множеству векторов, сгенерированных ранее использованными орбитами для случая выборки орбит без восстановления. Тогда максимальная оценка Qmax будет вычисляться как [4]

$$Qmax = 1 + \left(2^k - (k+1)\right) = 2^k - k$$

Полученная оценка Qmax является нижней ее границей для случая выборки орбит с восстановлением, т. е. когда орбиты могут повторяться. Минимальное количество орбит Qmin для формирования исчерпывающего теста определяется числом сочетаний из k по k/2 [4]

Среднее значение кратности многократного теста с изменяемыми адресными последовательностями определяется [4]:

$$Qave = Qmin \cdot (log_e Qmin + \gamma)$$

Значение $\gamma \approx 0,57722$ представляет собой константу Эйлера – Маскерони.

Для экспериментального подтверждения полученных аналитических результатов был проведен статистический анализ среднего значения Qave многократного применения теста с изменяемыми адресными последовательностями.Значения были получены на основании 10000 экспериментов, а их конкретные величины приведены в табл.1

Таблица 1 – Экспериментальне численные значени

k	2	3	4	5	6	7	8
Qmin	2	3	6	14	3	79	197
Qave	2.9	6.69	15.5	35.0	77.2	168.0	362.9
Qmax	14	32	66	122	242	499	898

III. ВЫВОДЫ

Полученные аналитические оценки псевдоисчерпывающих тестов ОЗУ с изменяемыми адресными последовательностями подтверждены экспериментальными результатами, что позволяют сделать вывод о реальности применения псевдоисчерпывающего теста для ОЗУ встраиваемых сстем.

IV. Список литературы

1. An Orchestrated Survey on Automated Software Test Case Generation / S. Anand [et al.] // Journal of Systems and Software. – 2014. – Vol. C-39, № 4. – P. 582–586
2. Malaiya, Y.K. The coverage problem for random testing / Y.K. Malaiya, S. Yang // Proc. of ITC. – Philadelphia, 1984. – P. 237–242.
3. Ярмолик, С.В. Многократные неразрушающие маршевые тесты с изменяемыми адресными последовательностями / С.В. Ярмолик, В.Н. Ярмолик // Автоматика и телемеханика. – 2007. – № 4. – С. 126–137.
4. Ярмолик В.Н. Псевдоисчерпывающее тестирование о ОЗУ/В.Н. Ярмолик, И. Мрозек, В.А. Леванцевич// Информатика. – 2017. – № . – С. 65–76

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ УМНОЖЕНИЯ В ПОЛЯХ ГАЛУА НА БАЗЕ ПЛИС/FPGA

Листопад Е. В.
Кафедра электронных вычислительных средств, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: listopadev@bsuir.by

В работе рассмотрены различные варианты аппаратных реализаций операций умножения в полях Галуа для эффективного решения задач построения цифровых устройств. За основу берется программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) с архитектурой FPGA типа XC6SLX75 (Spartan 6) фирмы Xilinx. Предложены подходы к аппаратной реализации операций умножения в полях Галуа, как наиболее требовательных к аппаратным ресурсам FPGA и ограничивающих быстродействие цифровых устройств. Продемонстрированы различные варианты аппаратных реализаций, выполненных с применением предложенных подходов.

Введение

Для решения задачи прототипирования цифровых устройств, решающих задачи теории кодирования, компьютерной алгебры, криптографии, цифровой обработки сигналов зачастую возникает необходимость эффективной реализации арифметических операций над элементами поля Галуа. Особый интерес представляет операция умножения в поле, как наиболее требовательная к аппаратным ресурсам FPGA, и лежащая в основе более сложных операций в поле. Достоинством любых вычислений в поле Галуа является то, что они допускают параллельную реализацию [1]. Это позволяет рассматривать их как адекватные архитектуре ПЛИС типа FPGA.

I. Определение элементов поля Галуа

Поля Галуа описываются двумя основными параметрами: m и p [2]. Параметр m указывает число двоичных разрядов, использующихся для двоичного представления символа множества, а также определяет количество элементов множества как 2^m. Таким образом, в поле $GF(2^4)$, где $m = 4$, содержится всего 16 элементов, и для двоичного представления каждого из них необходимо четыре двоичных разряда. Параметр p (генерирующий полином) указывает порядок, в котором элементы поля Галуа следуют друг за другом. Например, генерирующий полином $p(x)$ для поля $GF(2^4)$ может быть следующим: $p(x) = 1 + x^3 + x^4$. Часто используется представление полинома в виде двоичного числа с разрядностью $m + 1$. В данном случае $p = 25$ в десятичной системе, или 11001 в двоичной, или $1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0$. Если корень полинома обозначить через a, то $a^4 = a^3 + 1$. Элементы поля $GF(2^4)$ можно привести в трех представлениях:

1. степенное представление, в котором нулевой элемент равен 0, первый равен 1, второй равен a и т.д.;
2. полиномиальное представление (в виде многочлена): $x = k_0 * 1 + k_1 * a + k_2 * a^2 + k_3 * a^3$, где $k_0, k_1, k_2, k_3 = (0, 1)$;
3. бинарное представление или двоичная форма.

При реализации аппаратных умножителей часто применяется полиномиальное представление элементов поля [3,4].

II. Реализация аппаратного умножения за 16 шагов

Рассмотрим поле с параметрами $m = 16$ и $p = 126977$, в котором опишем особенности аппаратной реализации операций умножения. Как видно из параметров поля, операнды для произведения являются 16-битными. Первый подход предусматривает умножение за 16 шагов. При этом на каждом шаге выполняется умножение на 1 бит операнда и осуществляется приведение по модулю полинома. На рис. 1 приведена универсальная структура IP-ядра.

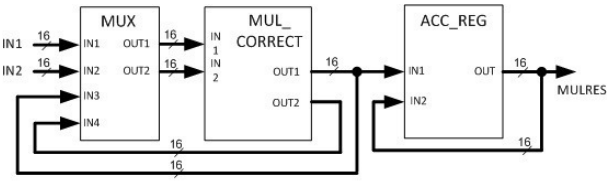


Рис. 1 – Универсальная структура IP-ядра, выполняющего умножение за 16 шагов

Были разработаны 3 экспериментальные реализации IP-ядер для данного подхода. Реализация 1 выполняет умножение за 16 тактов, при этом за 1 такт выполняется 1 шаг умножения с приведением. Реализация 2 выполняет умножение за 8 тактов, при этом за 1 такт выполняется 2 шага умножения с приведением и анализируется 2 бита операнда. Реализация 3 выполняет умножение за 4 такта, при этом за 1 такт выполняется 4 шага умножения с приведением и анализируется 4 бита операнда. Выполнена оценка произ-

водительности разработанных IP-ядер и количества требуемых ресурсов кристалла FPGA.

III. Реализация аппаратного умножения за 2 шага

Если главной особенностью первого подхода являлась реализация операции приведения по модулю полинома после каждой операции умножения на очередной бит, то во втором подходе операция приведения по модулю полинома выполняется после всех операций умножения на бит (то есть после 16-и операций). Таким образом, второй подход предусматривает умножение за 2 шага (см. рис. 2): непосредственно умножение 16-битных операндов с получением 32-битного промежуточного результата и приведение его по модулю полинома к 16-битному результату.

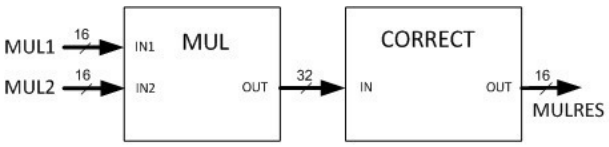


Рис. 2 – Универсальная структура IP-ядра, выполняющего умножение за 2 шага

Реализация 4 выполняет полное умножение за 1 такт, при этом под полным умножением понимается умножение арифметическое с приведением по модулю полинома. Реализация 5 выполняет полное умножение за 2 такта. При этом на первом такте выполняется арифметическое 32-разрядное умножение, на втором – приведение по модулю полинома. В реализации 6 была произведена попытка разделить асинхронную вычислительную часть, состоящую из блоков умножения и приведения по модулю полинома, дополнительными регистрами. Усматривается возможность оптимизировать структуру блоков умножения таким образом, чтобы разрядность логических функций не превышала 6 и соответствовала структуре слайсов (см. рис. 3), имеющихся на базовом кристалле FPGA. Такая возможность заключается в установке дополнительных регистров внутри блоков умножения после первого уровня логики в каждом из блоков логических функций.

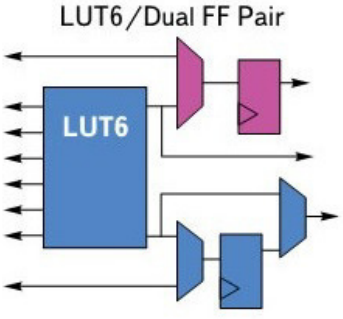


Рис. 3 – Структура слайса Spartan6

IV. Результаты исследований

В ходе исследований были выполнены аппаратные реализации операций умножения в поле Галуа с параметрами $m = 16$ и $p = 126977$ с применением одного из двух подходов. Первый подход предусматривает реализацию операции приведения по модулю полинома после каждой операции умножения на очередной бит. С применением данного подхода были выполнены реализации 1-3, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики реализаций с умножением за 16 шагов

№	Кол-во тактов	Ресурсы FPGA, Слайсы	Производительность, Мбит/с	Частота, МГц
1.	16	17	371.9	390
2.	8	24	555.0	291
3.	4	55	778.2	204

Второй подход предусматривает реализацию операции приведения по модулю полинома единожды после 32-разрядного арифметического умножения. С применением данного подхода были также выполнены реализации 4-6, характеристики которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики реализаций с умножением за 2 шага

№	Кол-во тактов	Ресурсы FPGA, Слайсы	Производительность, Мбит/с	Частота, МГц
4.	1	50	2807.6	184
5.	2	46	1686.1	221
6.	2	48	2128.6	279

Выбор оптимальной реализации в качестве IP-ядра в полной мере зависит от аппаратных требований и ограничений той системы, в которую такое IP-ядро необходимо встраивать.

1. Шалагин, С.В. Реализация цифровых устройств в архитектуре ПЛИС/FPGA при использовании распределенных вычислений в полях Галуа: монография / С. В. Шалагин – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2016. – 228 с.
2. Поляков, А. Библиотека VERILOG описаний арифметических операций в поле Галуа / Поляков Аркадий, Мехди Тайлеб, Незхат Тайлеб //Современная электроника. 2007. № 5.
3. Reyhani, M. A. Low Complexity Bit Parallel Architectures for Polynomial Basis Multiplication over GF(2m) / Reyhani Massolem A., Hasan M.A. // IEEE Transaction on Computers. 2004. V. 63. № 8.
4. José, L. I. Low Latency GF(2m) Polynomial Basis Multiplier / José Luis Imaña // IEEE Transaction on Circuits and Systems. 2011. V. 58. № 5.

Секция «Математическое моделирование и компьютерная графика»

Section «Mathematical modeling and computer graphics»

ИТЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ В MICROSOFT EXCEL

Аникин В. И., Аникина О. В., Козырин Д. И.
Кафедра «Информационный и электронный сервис», Поволжский государственный университет сервиса,
Кафедра «Прикладная математика и информатика», Тольяттинский государственный университет,
Кафедра «Информационный и электронный сервис», Поволжский государственный университет сервиса
Тольятти, Россия
E-mail: anikin_vi@mail.ru, blue-waterfall@yandex.ru, kozyrin-di@yandex.ru

В Microsoft Excel построена итерационная табличная модель финитной марковской цепи без программирования на языке VBA. Модель позволяет исследовать временную эволюцию множества марковских цепей с фиксированной или изменяющейся при итерациях матрицей вероятностей переходов в системах с небольшим числом состояний.

Введение

Марковские цепи находят широкое применение для моделирования стохастических процессов во многих областях человеческой деятельности: экономике, социологии, биологии, генетике, лигвистике, физике, информатике и др. [1]. Пять впечатляющих примеров эффективного практического использования марковских цепей приведено, в частности, в работе [2].

Целью работы являлась разработка итерационной табличной модели марковских цепей в Microsoft Excel, основываясь на оригинальной авторской технологии моделирования вычислительных алгоритмов в электронных таблицах [3]. Очень простая, но не итерационная табличная модель знаменитого алгоритма PageRank, базирующегося на марковских цепях, приведена в работе [4].

Авторская табличная модель по своим возможностям значительно превосходит модель из работы [4] и является универсальной в том смысле, что без всякой коррекции она может использоваться для моделирования многообразия дискретных марковских цепей (за исключением скрытых), даже когда количество состояний марковской цепи в ходе итераций динамически изменяется, как, например, в задаче о случайных блужданиях. В таком случае в модели нужно лишь исправить формулу, по которой в каждой итерации вычисляется текущее число состояний системы.

I. Структура и работа итерационной табличной модели марковских цепей

Структура созданной итерационной табличной модели марковских цепей показана на рис.1. Математически модель описывается формулами:

$$\mathbf{H}(\mathrm{i}) = \mathbf{H}(\mathrm{i\text{-}1})*\mathbf{H}(0)$$
$$\mathbf{p}(\mathrm{i}) = \mathbf{p}(\mathrm{i\text{-}1})*\mathbf{H}(0)$$

где $\mathbf{H}(0)$, $\mathbf{p}(0)$ – исходные матрица вероятностей переходов и вектор распределения вероятностей марковской цепи, $\mathbf{H}(\mathrm{i})$, $\mathbf{p}(\mathrm{i})$ – то же на i-ой итерации.

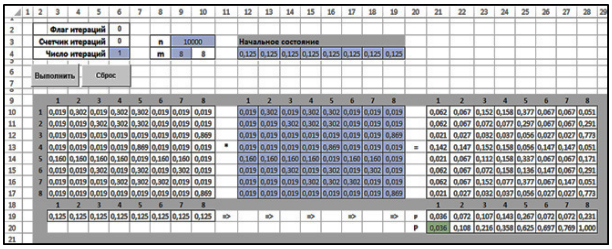


Рис. 1 – Итерационная табличная модель марковской цепи с 8-ю состояниями.

В табличной модели на рис.1 этим матрицам и векторам соответствуют интервалы ячеек: H(0) – интервал R10C12:R17C19, H(i-1) – интервал R10C3:R17C10, H(i) – интервал R10C21:R17C28, p(0) – интервал R4C12:R4C19, p(i-1) – интервал R19C3:R19C10, p(i) – интервал R19C21:R19C28. Интервал ячеек R20C21:R20C28 содержит интегральное распределение вероятностей марковской цепи на i-ой итерации.

Кнопка *Выполнить* запускает цикл итераций, кнопка *Сброс* приводит марковскую цепь в исходное состояние.

Рис. 1 содержит лишь часть созданной нами табличной модели. Дополнительно модель реализует: 1) процесс эволюции марковской цепи (10000 переходов), 2) сбор статистики состояний системы в этом процессе, 3) расчет матрицы вероятностей в этом процессе методом Монте-Карло.

Именованные ячейки модели: Start-R2C6, cnt-R3C6, Nr-R4C6, n-R3C9, m-R4C10.

Формулы в ячейках модели:
R3C6:=ЕСЛИ(Start=1;cnt+1;0)
R4C10:=ЕСЛИ(Start=1;R4C9;R4C9)
R10C3:R17C10:=ЕСЛИ(И(R9C<=m;
RC2<=m);ЕСЛИ(Start=1;RC[18];RC[9]);)
R10C21:R17C28:=МУМНОЖ(СМЕЩ(R10C3;
0;0;m;m);СМЕЩ(R10C12;0;0;m;m))
R19C3:R19C10:=ЕСЛИ(R9C<=m;ЕСЛИ(Start=1;
RC[18];R[-15]C[9]);)
R19C21:R19C28:=МУМНОЖ(СМЕЩ(R19C3;0;0;1;m);
СМЕЩ(R10C12;0;0;m;m))

R20C21:=R[-1]C
R20C22:R20C28:=ЕСЛИ(RC[-1]<1;RC[-1]+R[-1]C;)
R24C22:R10023C22:=СЛЧИС()
R24C23:R10023C23:=ЕСЛИ(R18C[-2]<=m;
ЕСЛИ(RC[-1]<R20C21;1;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C22;2;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C23;3;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C24;4;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C25;5;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C26;6;ЕСЛИ(RC[-1]<R20C27;7;8)))))));)
R24C24:R10023C24:=ЕСЛИ(R[1]C23>=RC23+1;
RC[-1]& "&R[1]C[-1];
ЕСЛИ(R[1]C23=RC23;RC[-1]& "&
R[1]C[-1];ЕСЛИ(R[1]C23<=RC23-1;
RC[-1]& "&R[1]C[-1];"-")))
R10027C21:R10027C28:=ЕСЛИ(R10025C<=m;
СЧЁТЕСЛИ(СМЕЩ(R24C23;0;0;n;1);
R[-2]C)/n;)
R10030C21:R10037C28:=ЕСЛИ(И(R10029C<=m;
RC20<=m)СЧЁТЕСЛИ(СМЕЩ(R24C24;0;0;n-1;1);
RC20& "&R10029C);)
R10040C21:R10047C28:=ЕСЛИ(И(R10039C<=m;
RC20<=m);ЕСЛИ(СУММ(R[-10]C21:
R[-10]C28)>0;R[-10]C/
СУММ(R[-10]C21:R[-10]C28);0);)
R10049C21:R10049C28:=СМЕЩ(R10039C20;
R10039C;R10039C)

II. Марковская цепь алгоритма PageRank

Работу созданной табличной модели марковской цепи проиллюстрируем на примере ранжирования страниц простого web-сайта, содержащего 7 страниц: 1-Staff, 2-Student, 3-Alumni, 4-Library, 5-Home, 6-Admin, 7-Dept (рис.2) [4], -алгоритмом PageRank.

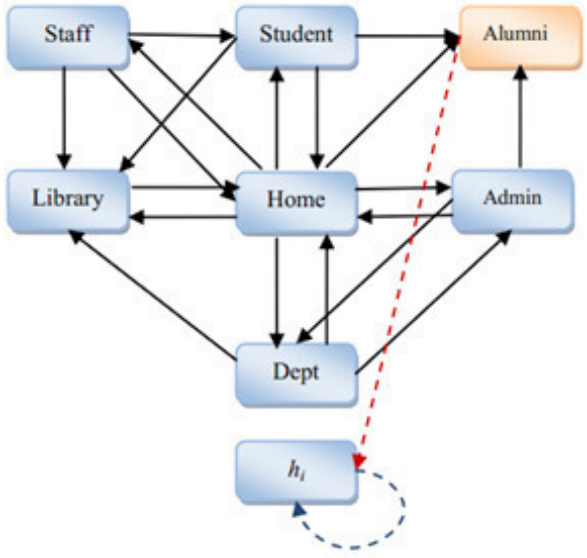


Рис. 2 – Граф переходов состояний марковской цепи с гипотетическим узлом hi.

Матрица вероятностей переходов по страницам этого сайта не является стохастической, т.к. на графе (рис.2) имеется тупиковый узел Alumni. Существует несколько методов устранения этой проблемы. Мы воспользовались методом добавления на граф виртуального поглощающего узла hi. Кроме того, для устранения тупиков, зацикливаний и гарантированного существования стационарного состояния марковского процесса, авторы алгоритма PageRank предложили добавлять к исходной матрице переходов дополнительную демпфирующую матрицу с небольшим весовым коэффициентом (обычно 0.15). Эта матрица обеспечивает гарантированную вероятность перехода марковской цепи из любого состояния в любое другое состояние, т.е. превращает марковскую цепь в неприводимую. Матрица переходов результирующей марковской цепи показана на рис.1 в интервале ячеек R10C12:R17C19. Начальное распределение вероятностей в цепи задано в интервале ячеек R4C12:R4C19.

Модельный эксперимент показал, что после 28 итераций достигается стационарное состояние, равное 0.039, 0.050, 0.068, 0.079, 0.142, 0.054, 0.054, 0.513, т.е. страницы сайта ранжируются в последовательности: Home, Library, Admin, Alumni, Student, Dept, Staff.

III. Заключение

Созданную итерационную табличную модель дискретных марковских цепей можно эффективно использовать в лабораторном практикуме по ряду вузовских дисциплин для изучения студентами закономерностей и алгоритмов моделирования стохастических процессов, а также в научных исследованиях для тестирования и подгонки матрицы вероятностей переходов моделируемой системы.

IV. Список литературы

1. Ching, W.-K. Markov Chains: Models, Algorithms and Applications / W.-K. Ching, M. K. Ng // New York: Springer Science + Business Media. – 2006. – 205 p.
2. Hilgers, P. V. The Five Greatest Applications of Markov Chains / P. V. Hilgers, A. M. Langville // Charlston SC: Proceedings of the Markov Anniversary Meeting. -– p. 155-168
3. Аникин, В. И. Моделирование и визуализация информационной структуры алгоритмов в Microsoft Excel / В. И. Аникин, О. В. Аникина // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сфере. –№1(4). – 2014. – с. 21-28
4. Davey, B. A. Google PageRank / B. A. Davey. -– Melbourne: La Trobe University. – 2013. -– 23 p.
5. Proceeding of mini–symposium on biological nomenclature in the 21st centry [Electronic resource] / Ed. J. L. Reveal. – College Park M.D., 1996. – Mode of access: http://www.inform.ind.edu/PBIO/. – Date of access: 14.09.2012.
6. Kumar, P. R. Application of Markov Chain in the PageRank Algorithm [Electronic resource] / P. R. Kumar, A. K. Singh, K. L. Goh - Сайт ResearchGate. -– Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/256089617_Application_of_Markov_Chain_in_the_PageRank_Algorithm. – Date of access: 01.09.2017.

РАСЧЕТ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЕ С МОДУЛЯМИ УПРУГОСТИ ЗАВИСЯЩИМИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Курочка К. С., Комракова Е. В.
Кафедра Информационные технологии, Гомельский государственных технический университет имени П.О.Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: kurochka@gstu.by, 5366253@mail.ru

На основе метода конечных элементов проведено численное исследование распределения температур и термоупругих напряжений в трехслойной пластине с учетом зависимости модуля упругости от температуры. Численный алгоритм разработан на основе теории термоупругости Грина-Линдсея с учетом времени тепловой релаксации. Показано, что рассмотренная зависимость модуля упругости материалов от температуры значимым образом не влияет на распределение исследуемых характеристик по толщине пластины.

Введение

При расчете плоских и пространственных конструкций на прочность и устойчивость необходимо учитывать фактические физические характеристики материалов. Однако практически всегда подобные расчеты проводятся в предположении независимости свойств материалов от температуры, что ограничивает область применения полученных решений, найденных в заданных диапазонах температуры. Такие характеристики материалов, как теплопроводность, модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент поперечного сжатия являются функциями температуры. При проведении данного исследования было сделано допущение, что только модуль упругости имеет значимую зависимость от температуры.

Численные исследования проводились на основе теории термоупругости Грина-Линдсея[1] с учетом времени тепловой релаксации. Время тепловой релаксации вводилось для того, чтобы устранить бесконечную скорость распространения тепловых волн. Данная теория была выбрана также потому что не нарушается классический закон Фурье.

На основе предложенного подхода решена задача о нагреве по экспоненциальному временному закону верхней и нижней обкладок композитной трехслойной пластины. Этот закон имеет следующий вид $T(t) = T_0 + \Delta T(1 - e^{-t/\tau})$. Результаты решения задачи представлены в графическом виде. Проведено сравнение полученных результатов с результатами, предсказавыемыми связанной теорией, в случае, когда модуль упругости не зависит от температуры[2].

I. Постановка задачи

Рассмотрим изотропную трехслойную пластину, модуль упругости каждого слоя которой зависит от температуры. Уравнение состояния для теории обобщенной термоупругости с одним временем релаксации записывается в виде

$$\sigma_{ij} = \lambda e\delta_{ij} + 2\mu e_{ij} - \gamma(T - T_0)\delta_{ij}. \qquad (1)$$

Уравнение теплопроводности, соотношение между напряжениями и перемещениями и уравнения движения соответственно имеют вид

$$kT_{ii} = \rho C_E(\dot{T}+\tau_0\ddot{T})+\gamma T_0(\dot{e_{i,j}}+\tau_0\ddot{e_{i,j}})-(Q-\tau_0\ddot{Q}); \qquad (2)$$

$$e_{ij} = (u_{i,j} + uj, i)/2; \qquad (3)$$

$$\sigma_{ij} = \rho\ddot{u}_i. \qquad (4)$$

В (1)–(4) λ, μ – постоянные Ламе; ρ – плотность материала; C_E – удельная теплоемкость при постоянном напряжении; Q – мощность источника тепла на единицу массы; T – абсолютная температура; $T_0 = \delta_0\rho c_0^2/(\gamma_0 E_0) = (\delta_0/\alpha_T)(\ 1\ -\ v\ )/(1+v)$ – исходная температура; σ_{ij} – компоненты тензора напряжений; $e = \epsilon_{ii}$; ϵ_{ii} – компоненты тензора деформации; u_i – компоненты вектора перемещения; k – теплопроводность; τ_0 – время релаксации; точка над символом обозначает дифференцирование по времени, запятая в нижнем индексе – производную по пространственной переменной; по повторяющимся индексам проводится суммирование; индексы i, j принимают значения 1, 2, 3[3].

Предположим, что $E = E_0 f(T)$, $\lambda = E_0\lambda_0 f(T)$, $\mu = E_0\mu_0 f(T)$, $\gamma = E_0\gamma_0 f(T)$. Здесь $f(T)$ – заданная безразмерная функция температуры; $\mu_0 = 1/(2(1 + v))$; $\lambda_0 = v/((1 + v)(1 - 2v))$; $\gamma_0 = \alpha_T/(1 - 2v)$; α_T —температурный коэффициент линейного расширения; v – коэффициент поперечного сжатия; E_0 – модуль упругости при $\alpha^* = 0$; α^* – эмпирическая константа материала, K^{-1}. В случае если модуль упругости не зависит от температуры, $f(T) \equiv 1$, $E = E_0$.

Рассматривается композитная трехслойная пластина конечной толщины и бесконечной протяженности, часть поверхности которой нагревается [4]. Предполагается, что в начальном по-

ложении пластина находится в состоянии покоя. Направим ось y, проходящую через середину пластины, перпендикулярно ее поверхности. Решение будем искать в области $\Omega = (x, y, z) : x, y, z \in R, -L < y < L$. При расчетах предполагалось, что поверхности пластин не нагружены, а также что верхняя и нижняя обкладки пластины нагреваются нестационарными источниками тепла[5].

Численные эксперимент проводился на основе методов конечных элементов[6]. Данный метод состоит из следующих основных этапов:

- сначала вводятся геометрические и физические параметры трехслойной пластины;
- задаются граничные условия на обкладках пластины:
- пластина разбивается на заданное количество элементов;
- определяется условие выполнение цикла по времени;
- производится сквозная нумерация всех элементов и узлов расчетной сетки согласно методу конечных элементов, формирование матриц жесткости конечных элементов в локальной системе координат, а затем ассемблирование, т.е. формирование глобальной матрицы жесткости из локальных матриц жесткости элементов;
- вычисляются локальные тепловые матрицы жесткости, а затем формируется глобальная матрица.
- формируются матрицы масс и демпфирования, а затем ассемблирование.

II. Полученные результаты

Разработанная на основе вышеуказанного алгоритма программа позволяет рассчитывать температуру по толщине, компоненты тензора напряжений и вектора перемещений. Результаты расчетов для температур при учете зависимости модуля упругости от температуры приведены на рисунках 1 и 2.

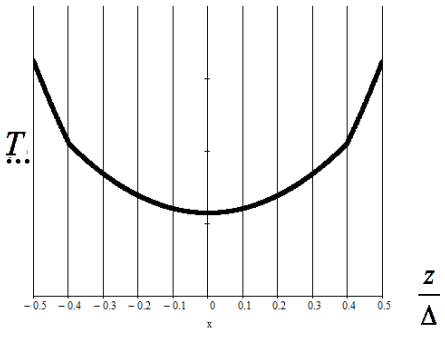


Рис. 1 – Зависимость температуры по толщине пластины при $t = \tau$, $T_1 = T_0 + \Delta T(1 - e)$, $T_2 = T_0 + \Delta T * 0.1$

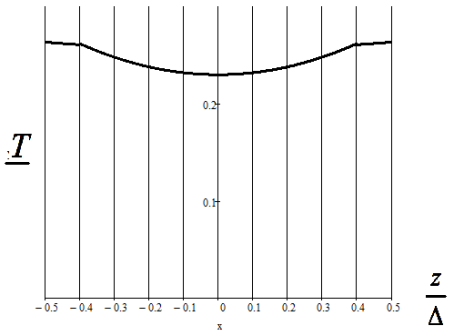


Рис. 2 – Зависимость температуры по толщине пластины при $t = 10\tau$, $T_1 = T_0 + \Delta T$, $T_2 = T_0 + \Delta T * 0.7$

Проводились также расчеты и без учета зависимости модуля упругости от температуры. Полученные значения температур отличаются от приведенных на рисунках 1 и 2 не более чем на 8-10%.

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- во всех слоях пластины, если механические характеристики материала зависят от температуры, возрастает скорость распространения тепловых возмущений;
- горизонтальная составляющая вектора перемещения u и компоненты тензора напряжений σ_{xx} уменьшаются, если модуль упругости материала зависит от температуры.

Список литературы

1. Chandrasekharaiah, D. S. Hyperbolic thermoelasticity a review of recent leterature/ D. S. Chandrasekharaiah // Appl. Mech. Rew. 1998. V. 51, N 12. P. 705–729.
2. Самарский, А.А. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищев – М.: Едиториал УРСС, 2003 – 784 с.
3. Othman, M. I. A. Generalized thermo-microstretch elastic medium with temperature dependent properties for different theories/M. I. A. Othman, Kh. Lotfy , R. M. Farouk // Engng Anal. Boundary Element. 2010. V. 34. P. 229–237.
4. Румянцев, А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности / А. В. Румянцев – Калининград, 2010 – 195 с.
5. Старовойтов, Э.И. Основы теории уругости, пластичности и вязкоупругости / Э. И. Старовойтов – Гомель: БелГУТ, 2001 – 344 с.
6. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич – М.: Мир, 1975 – 541 с.

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ МОНЕТИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МОБИЛЬНЫХ КАЗУАЛЬНЫХ FREE2PLAY ИГРАХ

Дятлов Е.К., Масленкова Е.А., Кукин Д.П.
ООО "ВиронИТ"
Кафедра вычислительных методов и программирования, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: rodan365@gmail.com,

В данной работе рассказывается о монетизацонных процессах в мобильных играх, о моделях монетизации, различных методов и подходов проектирования и внедрения в игру, а также о алгоритмах и программных сервисах, которые следует использовать в любой free-to-play мобильной игре.

Введение

В 2017 году большинство игроков находится в сегменте мобильных игр. Мобильные игры отличаются простотой и быстрым "временем сессии"(около 5 минут). Авторам данной работы стало интересно, почему же люди играют в такого типа игры, и какая в данных играх существует монетизационная система?

I. Монетизационные системы

На сегодняшний день существует два вида монетизацонных системы для мобильных игр: Free2Play и Pay2Play. На самом деле, данная монетизационная система существует и в компьютерных играх. Главное отличие Pay2Play от Free2Play – пользователь перед началом использования приложения должен купить его за определенную стоимость. В игры Free2Play игроку достаточно загрузить игру на свой телефон, и он может уже начинать играть. В большинстве Pay2Play игр отсутствуют микротранзакции. Микротранзакции – это операции при приобретении какого-либо внутриигрового предмета за определенную сумму реальных денег. К примеру, игрок может купить внутриигровую валюту за 99 копеек. Для Free2Play игровых проектов это – один из самых прибыльных видов монетизации. Почти все проекты данного типа используют такую систему, поэтому было принято, что это является одной из ключевых особенностей Free2Play проектов. Конечно, существуют Pay2Play игры с микротранзакциями, но их слишком мало, да и там не существует агрессивной политики покупки данных предметов. Поэтому главным отличием игры Free2Play от Pay2Play является покупка самого продукта. Для справки: 96 процентов прибыли приходит с Free2Play проектов.

II. Описание монетизационных методов

В данном разделе описываются основные элементы и процессы монетизацонной системы.

- Скидки на микротранзакции. Является классическим монетизационным средством а также одним из призывов игрока совершить микротранзакцию;
- Ускорители процессов. Данный вид предметов может помочь игроку в
  - прохождении уровня;
  - ускоренном наборе внутриигровой валюты или опыта;
  - подсказке при прохождении уровня;
- Социальные монетизационные средства: подарки друзьям, бонус за логин в Facebook или других соц. сетях, кооперация.
- Ежедневные или еженедельные события. Каждый день игроку дается какое-либо задание, за которое он получает внутриигровую валюту или другие предметы. Например, игра Taps To Reachs, где игроку дают 3 ежедневных задания, за которые он получит контейнер. С еженедельными заданиями немного сложнее, хотя принцип такой же, как и у ежедневных заданий.
- Временные события. За выполнение заданий во время этих событий игроки получают уникальные предметы и награды, которые невозможно получить в другое время. Также, увеличивается скорость набора опыта и ресурсов.
- В играх, подразделенных на уровни (Angry Birds), существует система оценки прохождения уровня. Чем больше он наберет очков/выполнит заданий на уровне, тем больше он соберет звезд за прохождение. При наборе определенного, например 50, количества звезд, откроется следующий пакет уровней.
- Энергия и ограничители. Данный вид монетизации подразумевает собой "ограничение"времени игрока, проведенного в игре. Например, в игре Shadow Fight 2 энергия дает возможность сражаться в бою. Если энергия иссякла, то игроку следует либо купить энергию, тем самым совершив микротранзакцию, или подождать определенное время.

III. Примерные алгоритмы монетизационных процессов

Здесь будут описаны некоторые алгоритмы для монетизационных процессов, с использованием дополнительных сервисов и/или с их отсутствием.

- В играх Free2Play типа используются рекламные объявления, которые появляются либо в специальные моменты, либо по просьбе игрока для получения какого-либо полезного предмета. При выполнении микротранзакции, игрок получает возможность отмены показа рекалмы в специальные моменты.
- Для скидок есть несколько методов:
  - Скидка на покупку в первый раз. Если игрок не приобретал ранее предметы, то ему на первый предмет делается скидка. В алгоритме просто создается функция на скидку при первой покупке, довольно простой алгоритм.
  - Скидка на покупку в определенный момент. Например, в Clash of Clans вас атакуют ваши враги, а игра тем временем предлагает купить "Щит"со скидкой. Существует множество вариантов данного алгоритма.
  - Скидки на определенное время/сезон.
- Механизмы уровней. В играх с уровневым игровым процессом существуют некоторые схемы и механизмы, которые следует использовать для монетизации.
  - Сложность в играх идет зигзагом, см. рис. 1. Следовательно, пользователю, для того чтобы облегчить прохождение уровня в пиковой ситуации, ему следует провести микротранзакцию.
  - Также для получения наивысшего счета, пользователю нужно будет воспользоватся бустером или другим предметом.
- Ускорения или "бусты"
  - "Бусты"в начале стоит выдавать как подарок пользователю, при выполнении достижения или перехода на следующий уровень.
  - "Бусты"следует отдавать двумя методами: как награда за прохождение и за микротранзакции. Отношение первого способа ко второму должно быть 1 к 10, то есть, предложить 10 раз купить и 1 раз подариить за награду.

Сама реклама выдается с помощьсю специального сервиса - медиатора. Медиатор позволяет рекламодателю именно ту рекламу, которая ему будет выгодна, а программисту с помощью собственного API и функций выдавать нужные результаты. Обычно используется с API с JSON запросами.

IV. Вывод

Используя теоретические данные по данной теме, была разработана игра Per BSUIR ad Astra, сиквел игры Per BSUIR ad Aspera. В отличии от первой части, в сиквеле используется движок Unity3D, система аналитики Flurry Analytics, а также синхронизация с Google Account для системы достижений.

1. Maria Marysenka. Список всевозможных методов монетизации мобильных игр / https://habrahabr.ru/post/220969 // 2014
2. Джозеф Хокинг. Unity в действии. /978-5-496-01960-6 Питер//2016
3. Олег Якубенков.Монетизация мобильных игр. Анализ топа кассовых мобильных игр Appstore./ http://gopractice.ru/topgrossingappstore // 2014



Рис. 1 – График зависимости сложности игры от уровня игры.

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, ОТДЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Таранчук В. Б., Баровик Д. В
Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: taranchuk@bsu.by, barovikd@gmail.com

Обсуждаются текущие итоги и результаты работ по созданию и применению компьютерных моделей лесных пожаров.

Введение

Из множества природных и антропогенных факторов негативного влияния на состояние и динамику лесных экосистем доминирующими являются пожары, которые наносят значительный материальный и экологический ущерб. Для обоснованных, успешных действий по предупреждению, ликвидации лесных пожаров требуется разработка соответствующих компьютерных моделей и программных средств, их включение в состав систем поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций в лесах и окрестностях. В докладе будут отмечены основные результаты создания компьютерных моделей лесных пожаров. При этом, как в ряде научных публикаций ([1, 2]), принята следующая классификация моделей лесных пожаров: теоретические (математические), эмпирические (статистические), полуэмпирические.

I. О разработанных и используемых авторами компьютерных моделях

Теоретические модели базируются на законах газовой динамики, горения, тепломассопереноса и других фундаментальных законах физики и химии; записываются, как правило, в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Верификация таких моделей весьма затруднительна, однако только они описывают развитие лесного пожара с учетом общих и территориальных факторов, текущего состояния окружающей среды и позволяют отвечать на весьма широкий круг вопросов. Развитие традиционных моделей этой категории, предложенный численный метод решения соответствующих краевых задач для моделирования верховых и низовых пожаров можно проследить по статьям [3 – 6], результаты моделирования обсуждаются, в частности, в [7, 8, 5].

В эмпирических (статистических) моделях систематизируются данные по скорости распространения лесного пожара при изменении выбранного количества контролируемых параметров, определяются коэффициенты корреляции для каждой независимой переменной. При таком подходе не изучается механизм явления; полученные соотношения, строго говоря, не могут быть распространены за пределы применимости использованных статистических данных, а в рамках их делается прогноз с определенной вероятностью. С вопросами развития и примерами применения таких моделей можно ознакомиться в [9, 10].

В полуэмпирических моделях для определения характеристик распространения пожара привлекаются общие законы (сохранения энергии, массы и количества движения), которые записываются в виде упрощенных зависимостей, а соответствующие коэффициенты подбираются путем обобщения экспериментальной информации. Полуэмпирические модели адекватны в ситуациях, похожих на те, при которых были собраны опытные данные. Такие модели значительно проще в верификации по сравнению с теоретическими. По сравнению с эмпирическими (статистическими) полуэмпирические модели более адекватны. Примеры, возможности развития и обобщения традиционных моделей такого типа обсуждаются в [9, 11].

Программные реализации, технические аспекты разработки, возможности предлагаемых компьютерных моделей перечисленных выше типов излагаются в [12 - 16].

II. Примеры результатов для обсуждения

Пример результатов моделирования распространения низового лесного пожара приведен на рис. 1. В последовательных кадрах показаны иллюстрации карт плотности распределения температуры на площади. Кроме полян и прилегающих к ним узким полосам (переходная зона) на площади задается одинаковая плотность лесного горючего материала. Очаг возгорания – круговой фрагмент с центром в центре участка площади моделирования, размер очага – до границ полян. Поляны (почти нулевая плотность лесного горючего материала) – 3 одинаковых по конфигурации фрагмента (участки показаны штрихованными, расположены слева, справа, сверху от центра), причем полянам предшествует кустарник (переходная зона), в кото-

ром плотность лесного горючего материала примерно вдвое ниже окружающей территории. Направление ветра – слева направо, скорость ветра 2 м/с. Пример подобран специально, чтобы показать, что вариант, когда фронты огня после прохождения полян сверху и справа смыкаются (до какого-то момента наблюдаются по 2 отдельных языка пламени).

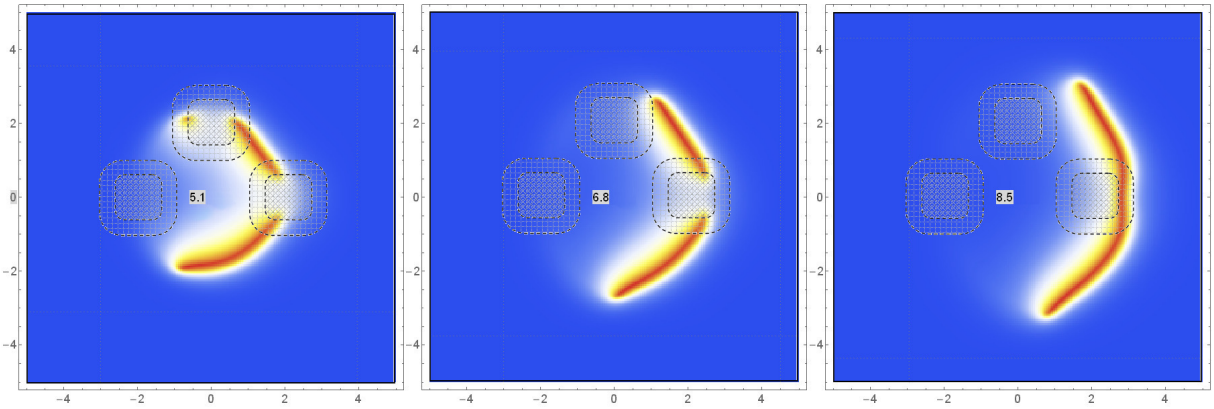


Рис. 1 – Карты плотностей распределения температуры для трех моментов времени

Заключение

Обсуждаются итоги и результаты работ по созданию и применению компьютерных моделей лесных пожаров.

1. Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour / E. Pastor [et al] // Progress in Energy and Combustion Science. –2003. – Vol. 29. –P. 139–153.
2. Баровик, Д. В. Состояние проблемы и результаты компьютерного прогнозирования распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник БГУ. Серия 1, Физика, Математика, Информатика. –2011. –№ 3. –С. 78–84.
3. Баровик, Д. В. Об особенностях адаптации математических моделей вершинных верховых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник БГУ. Серия 1, Физика, Математика, Информатика. – 2010. –№ 1. –С. 138–143.
4. Barovik, D. V. Mathematical modelling of running crown forest fires / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Mathematical Modelling and Analysis. – 2010. – Vol. 15, № 2. –P. 161–174.
5. Баровик, Д. В. К обоснованию математических моделей низовых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Тр. Ин-та матем. – 2013. –№ 21:1. –С. 3–14.
6. Barovik, D. V. Crown Forest Fire Mathematical Model Realization in Wolfram Mathematica / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. Vol. Mathematical Modeling in Physics, Civil Engineering, Economics and Finance: Wydawnictwo Collegium Mazowia. Siedlce, Poland. – 2011. –P. 5–15.
7. Баровик, Д. В. Численная реализация математической модели верховых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Весці БДПУ. Серия 3, Физика, Математика, Информатика. –2010. –№ 2. –С. 40–44.
8. Barovik, D. V. Results of Crown Forest Fires Mathematical Modelling / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. Vol. Mathematical Modeling in Physics, Civil Engineering, Economics and Finance: Wydawnictwo Collegium Mazowia. Siedlce, Poland. – 2011. –P. 16–22.
9. Баровик, Д. В. Адаптация модели Ротермела для реализации в программном комплексе прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Научный интернет журнал Технологии техносферной безопасности. –2011. –№ 6. –С. 1–8. - Режим доступа: http://ipb.mos.ru/ttb/2011-6.
10. Баровик, Д. В. Алгоритмические основы построения компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник ПГУ. Серия С. Фундаментальные науки. –2011. –№ 12. –С. 51–56.
11. Баровик, Д. В. О развитии методики Ротермела и реализации двумерной компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // ВЕСНІК Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. –2011. –№ 6(66). –С. 5–11.
12. Баровик, Д. В. О развитии методики Ротермела и реализации двумерной компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, Д. А. Горбацевич, В. Б. Таранчук // Информатизация образования – 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 27-30 окт. 2010 г. / Белорус. гос. ун-т. Минск. –2010. –С. 54–58.
13. Баровик, Д. В. Методические и алгоритмические основы программного комплекса «Расчет и визуализация динамики лесного пожара» / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. –2011. – № 2(30). –С. 22–33.
14. Баровик, Д. В. Основы разработки и возможности программного комплекса «Расчет и визуализация динамики лесного пожара» / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Научное обеспечение защиты от чрезвычайных ситуаций : основные результаты выполнения государственной научно-технической программы «Чрезвычайные ситуации» (2005-2010 гг.): сб. науч. трудов / Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. –2012. –С. 114–129.
15. Научно-техническая продукция. Белорусский государственный университет. Интегрированный программный комплекс расчета и визуализации динамики лесного пожара. – Минск, 2014. – Режим доступа: http://www.product.bsu.by/katalog/informacionnietehnologii. – Дата доступа: 10.09.2017.
16. Таранчук, В. Б. Об инструментах Wolfram Mathematica для распараллеливания вычислений в компьютерных моделях лесных пожаров / В. Б. Таранчук // Проблемы и перспективы инновационного развития университетского образования и науки: материалы Междунар. науч. конф., Гродно, 26–27 февр. 2015 г. / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно. –2015. –С. 351–352.

МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В АЛГОРИТМЕ РАЗВЕРТКИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА S_N^2-ОРБИТ КЭМЕРОНОВСКИХ МАТРИЦ

Липницкий В. А., Спичекова Н. В.
Кафедра высшей математики, Военная академия Республики Беларусь, кафедра высшей математики,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: valipnitski@yandex.ru, n.spichekova@gmail.com

Обсуждается использование методов динамического программирования для решения третьей проблемы Кэмерона по вычислению количества S_n^2-орбит квадратных $(0,1)-$ матриц.

Введение

Пусть P_n — множество всех квадратных $(0,1)-$ матриц порядка n, содержащих в точности n единиц. Такие матрицы возникают в дискретной математике, теории графов, теории групп и помехоустойчивом кодировании [1-5]. Мощность класса P_n стремительно растет с ростом n. Поэтому для эффективной работы со этим множеством следует выделять в P_n подклассы некоторым достаточно естественным образом. Приложения класса P_n показывают, что наибольший интерес для пользователей представляют классы эквивалентности — орбиты, — которые образуются под действием группы $S_n^2 = S_n \times S_n$ — квадрата симметрической группы S_n.

Группа подстановок S_n на n элементах находится в центре внимания исследователей с XVIII века [6]. Уже в XXI веке Питер Кэмерон привлек внимание исследователей к этой классической области исследования, сформулировав свои 27 проблем в теории подстановок [7]. Третья из них выглядит следующим образом:

«Найти общую формулу или алгоритм вычисления количества орбит α_n, на которые разбивается множество P_n под действием группы $G = S_n^2$».

В знак уважения вклада Питера Кэмерона в рассматриваемую область в дальнейшем матрицы множества P_n будем называть кэмероновскими.

Одним из возможных подходов к вычислению количества α_n орбит множества P_n является использование формулы Бёрнсайда, которая применительно к рассматриваемой задаче может быть переписана [8] в виде:

$$\alpha_n = \frac{1}{(n!)^2} \sum_{l=1}^{(n!)^2} |Inv(g_l)|. \qquad (1)$$

(1) Здесь $|Inv(g)|$ — это количество матриц из множества P_n, инвариантных относительно действия элемента $g \in G = S_n^2$.

Непосредственное применение формулы (1) связано с перебором всех элементов группы $G = S_n^2$ и влечет за собой значительные вычислительные трудности. Для сокращения количества реально вычисляемых слагаемых формулы (1) могут быть применены идеи динамического программирования.

Динамическое программирование —это способ решения сложных задач путем разбиения их на более простые подзадачи, решения каждой из подзадач в отдельности и объединения решений подзадач в одно общее решение. В реальных задачах многие подзадачи одинаковы. В рамках динамического программирования каждая из подзадач решается только один раз, за счет чего происходит сокращение количества вычислений.

В данной работе излагается основанный на идеях динамического программирования метод вычисления количества S_n^2-орбит кэмероновских матриц. Все приводимые результаты получены авторами. Доказательства и вывод формул содержатся в [8].

I. Основная часть

Пусть

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \\ a_{n+1} & a_{n+2} & \dots & a_{2n} \\ a_{n(n-1)+1} & a_{n(n-1)+2} & \dots & a_{n_2} \end{pmatrix} \in P_n.$$

Тогда для $A \in P_n$ легко построить ее линейную развертку — представление A в виде одной вектор-строки $\bar{x_A} = (a_1, a_2, ..., a_{n^2})$ из векторного пространства размерностью n^2. Для произвольного элемента $g = (g_1, g_2) \in G = S_n^2$ выполняется:

$$g(A) = \begin{pmatrix} a_{m_1} & a_{m_2} & \dots & a_{m_n} \\ a_{m_{n+1}} & a_{m_{n+2}} & \dots & a_{m_{2n}} \\ a_{m_{n(n-1)+1}} & a_{m_{n(n-1)+2}} & \dots & a_{m_{n_2}} \end{pmatrix}$$

и элементу g можно поставить в соответствие подстановку

$$h(g) = \begin{pmatrix} \dots & m_1 & \dots & m_2 & \dots & m_{n^2} \\ \dots & 1 & \dots & 2 & \dots & n^2 \end{pmatrix},$$

называемую матричной подстановкой, построенной по элементу g Подстановка $h(g)$ допускает разложение в произведение независимых циклов:

$$h(g) = C_1 C_2 ... C_k \qquad (2)$$

Далее будем полагать, что разложение (2) содержит в том числе и все циклы длины 1. Матрица

$A \in Inv(g)$ тогда и только тогда, когда все элементы матрицы A, соответствующие отдельному циклу C_j из разложения (2) подстановки $h(g)$, равны между собой, т.е. все равны 0 или все равны 1. Если матрица $A \in P_n$ принадлежит $Inv(g)$, а элементы 1 этой матрицы принадлежат только циклам с номерами $i_1, i_2, \ldots, i_s$, длины которых соответственно равны $l_{i_1}, l_{i_2}, \ldots, l_{i_s}$, то в таком случае

$$l_{i_1} + l_{i_2} + \ldots + l_{i_s} = n. \quad (3)$$

Поэтому если имеется полный список всех длин циклов

$$\{l_{i_1}, l_{i_2}, \ldots, l_{i_k}\}, \quad (4)$$

из равенства (2), то из чисел этого списка длин следует составить всевозможные, отличающиеся друг от друга хотя бы одним индексом, суммы (3). Количество таких сумм будет совпадать с величиной $|Inv(g)|$.

Зафиксируем n и подстановку $g \in G$. Пусть в равенстве (2) присутствуют все циклы, в том числе и длиной 1, пусть эти циклы упорядочены по возрастанию их длин так, что $l_1 \geq 1$, $l_i < l_j$ при $i < j$. В разложении (2) может встречаться достаточно много циклов одинаковой длины. Пусть в (2) присутствуют циклы t различных длин, $1 \leq t \leq k$. Пусть циклы $C_1, C_2, \ldots C_{i_1}$ имеют длину $l_1 = l_2 = \ldots = l_{i_1} \geq 1$, циклы $C_{i_1+1}, C_{i_1+2}, \ldots C_{i_2}$ имеют длину $l_{i_1+1} = l_{i_1+2} = \ldots = l_{i_2} > l_1$, и так далее, циклы $C_{i_{t-1}+1}, C_{i_{t-1}+2}, \ldots C_{i_t} = C_k$ имеют длину $l_{i_{t-1}+1} = l_{i_{t-1}+2} = \ldots = l_{i_t} = l_k > l_{t-1}$. Также детализируем обозначение элементов последовательности (4) символами $l_{11}, l_{12}, \ldots, l_{1c_1}, \ldots, l_{i1}, l_{i2}, \ldots, l_{ic_i}, l_{s1}, l_{s2}, \ldots, l_{sc_s}$, где $l_{i1} = l_{i2} = \ldots = l_{ic_i}$, $1 \leq i < s \leq k$. Через L_i, $1 \leq i \leq k$ условимся обозначать множество $L_i = \{l_{11}, l_{12}, \ldots, l_{1c_1}, \ldots, l_{i1}, l_{i2}, \ldots, l_{ic_i}\}$ — часть циклов последовательности (4), длины которых находятся в пределах от 1 до i включительно.

Через $f_{i,j}$ обозначим количество способов представить число j в виде суммы, используя в качестве слагаемых только числа множества L_i, причем каждый элемент множества L_i может входить в упомянутую сумму не более одного раза. Будем полагать, что $f_{0,0} = 1$, $f_{i,0} = 1$, $i > 1$, $f_{0,j} = 0$, $j \neq 0$. Доказано, что $|Inv(g)| = f_{s,n}$, где s — это количество различных длин циклов в разложении (2), не превосходящих n. При этом справедлива формула

$$f_{i,j} = \sum_{q, j-ql_1 \geq 0} C_{c_i}^q f_{i-1, j-ql_1}. \quad (5)$$

$|Inv(g)|$ оказывается одинаковым для всех подстановок $g \in S_n^2$, имеющих один и тот же цикленный тип (т.е. последовательность $\mu_1, \mu_2, ..., \mu_n$ мощностей множеств циклов длиной i, $1 \leq i \leq n$ в разложении подстановки g). Цикленный тип подстановки g определяется по цикленным типам подстановок $g_1, g_2 \in S_n$.

В силу результатов, изложенных выше, при вычислении правой части формулы (1) слагаемые, соответствующие подстановкам одного цикленного типа, можно вычислять только один раз, используя формулу (5). Сложность получаемого при этом алгоритма составляет $O(p^2(n)n^2log(n)$, здесь $p(n)$ — это число неупорядоченных разбиений числа n, т.е. количество способов представить n в виде суммы положительных целых чисел.

1. Яблонский, С. В. Введение в дискретную математику / С. В. Яблонский. – М.: Наука, 1986. -– 384 с.
2. Оре, О. Теория графов / О. Оре. – М.: Наука, 1980. -– 336 с.
3. Самсонов, Б. Б. Теория информации и кодирование / Б. Б. Самсонов, Е. М. Плохов, А. И. Филоненков, Т. В. Кречет. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2002. -– 288 с.
4. Мак-Вильямс, Ф. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки / Ф. Дж. Мак-Вильямс, Н. Дж. А. Слоэн. – М.: Связь, 1979. -– 744 с.
5. Цветков, В. Ю. Предсказание, распознавание и формирование образов многоракурсных изображений с подвижных объектов / В. Ю. Цветков, В. К. Конопелько, В. А. Липницкий. – Мн.: Издательский центр БГУ, 2014. — 224 с.
6. Супруненко, Д. А. Группы подстановок / Д. А. Супруненко. – Мн.: Навука і тэхніка, 1996. -– 368 с.
7. Cameron, P. J. Problemsonpermutationgroups / / P. J. Cameron – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.maths.qmul.ac.uk/ pjc/pgprob.html. -– Дата доступа: 07.02.2017.
8. Липницкий, В. А. Алгоритм развертки при подсчете количества орбит кэмероновских матриц . / В. А. Липницкий, А. И. Сергей, Н. В. Спичекова // Вестик МГУ. Серыя В. Прыродазнаўчыя навукі. –2017. – С. 23–37.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Дашкевич А. А., Кузьмицкий А. М.
Кафедра специальных и инженерно-технических дисциплин учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»
Минск, Республика Беларусь
E-mail: AndreiDashkevich@gmail.com

В статье излагаются аспекты моделирования эффективности системы физической защиты объектов использования атомной энергии, проводится обзор программномного обеспечения которое может быть применено на Белорусской АЭС.

Автоматизация процесса оценки эффективности системы физической защиты (СФЗ), как проекта, так и существующей системы позволяет уменьшить объемы работы аналитика и свести к минимуму вероятность возможных ошибок. Конечным результатом анализа должна являться количественная характеристика эффективности имеющая, вероятностную природу – это уязвимость. Такой анализ в случае его проведения должен не только дать количественную оценку уязвимости, но помочь выявить в случае необходимости все слабые места системы защиты. В сущности, простейшая задача оценки уязвимости является задачей вероятностного анализа и может быть решена известными способами [1]. Общее время задержки *Tmin.* рассчитывается по формуле:

$$T_{min} = \sum_{i=k}^{m} Ti > Tg \qquad (1)$$

где m – общее число элементов системы защиты по маршруту нарушителя; k – точка, где *Tmin* начинает превышать *Tg; Tg* – время выдвижения резервной группы караула. Суммарная вероятность обнаружения определяется следующим образом:

$$P_I = \prod_{i=k}^{k-1} (1 - P_i) \qquad (2)$$

где k – точка, где *Tmin* начинает превышать *Tg*; i – элемент обнаружения; Pi – вероятность обнаружения датчика обнаружения; $(1 - Pi)$ – вероятность необнаружения.

Старейшим программным продуктом, применяемым для этих целей является EASI *(Estimate of Adversary Sequence Interruption)* – простой и удобный в использовании метод оценки эффективности СФЗ на заданном маршруте при определенных угрозах и состояниях самой СФЗ. В модели используются значения параметров обнаружения, задержки, развертывания сил реагирования и установления связи, с помощью которых рассчитывается результат – вероятность перехвата на данном маршруте. Исходные данные модели EASI: значение *Pi* для каждого датчика на маршруте; вероятности установления связи с охраной; значение времени задержки для каждого *Ti* и среднее квадратическое отклонение для каждого из этих значений; значение времени развертывания сил реагирования *Tg* и среднее квадратическое отклонение для этого значения. Результатами расчета по заданным исходным данным и схеме, являются значения вероятности перехвата или вероятности прерывания последовательности действий диверсантов до совершения ими несанкционированных действий. Другой инструмент – расчет времени задержки, а затем выставление вероятностей. Модель EASI может использоваться для анализа уязвимость объекта, но она не позволяет анализировать вероятность нейтрализации нарушителей.

В России ГУП «Элерон», разработана компьютерная модель «Вега», позволяющая оценивать уязвимость СФЗ объекта используя методику цепей Маркова. В основу модели положен анализ по принципу «событие-время».При оценке рассматриваются все возможные сценарии действий нарушителя. Под сценарием действий рассматривается последовательность преодоления правонарушителем физических барьеров (далее – ФБ), а также способ их преодоления. Каждый способ характеризуется вероятностью обнаружения во время преодоления и после преодоления. Комплекс предназначен для оценки эффективности СФЗ стационарных объектов [2]. Программный комплекс, объединяет в себе ряд программ-модулей: модуль описания объекта; расчетный модуль; модуль формирования отчета; автоматизированные базы данных по средствам обнаружения, физическим барьерам, моделям нарушителей. Файл описания объекта программы «Вега» описывает все цели нарушителя, находящиеся на объекте. Описание структуры и состава СФЗ объекта осуществляется при помощи «зон», «секций» и «переходов». Программа имеет базы данных по физическим барьерам и средствам обнаружения (далее – СО), при необходимости есть возможность удалять и добавлять новые ФБ и СО. Также пользователь имеет возможность самостоятельно изменять па-

раметры, заложенные в базу данных. После завершения описания объекта хотя бы одной цели проводится оценка эффективности СФЗ с использованием опции«расчетный модуль». После задания модели нарушителя проводятсяк расчеты. Модуль рассчитывает оценку СФЗ для конкретной цели нарушителя, группы целей, объекта в целом.

Результатом оценки эффективности является вероятность пресечения нарушителя силами реагирования, рассчитанная для наихудшей, с точки зрения охраны, ситуации. При этом, расчетный модуль отражает критический маршрут нарушителя, которому соответствует оценка. Отличительной особенностью программы является оценка эффективности при внутренней угрозе, где оценивается: вероятность обнаружения внутреннего нарушителя при попытке вноса им запрещенных предметов, используя каналы легального прохода; вероятность пресечения силовых действий внутреннего нарушителя, в зависимости от его оснащения; итоговый показатель эффективности при внутренней угрозе для каждого типа нарушителя с учетом комбинации скрытных и силовых действий.

Программный комплекс «Полигон» предназначен для моделирования локальных боевых столкновений в системе «охрана-нарушитель» при перевозках специальных грузов. Она позволяет моделировать боестолкновения малых подразделений и групп с учетом видов и характеристик транспортных средств, численности, вооружения и тактики действий противоборствующих сторон, природных условий (рельеф местности, растительность и т.п.). При проведении моделирования каждая из сторон имеет свой компьютер, на экране отображается только та информация, которая доступна данной стороне. Имеется также компьютер администратора (посредника). Компьютеры объединены в локальную сеть. Все рутинные операции автоматизированы. Моделирование проводится в пошаговом режиме. Сторона, которой предоставлен ход, в течение отведенного времени принимает решение о своих действиях (движение транспортных средств, личного состава, ведение огня). Сеанс моделирования оканчивается победой одной из сторон. Сеансы проводятся многократно, что позволяет выявить тенденцию в победе той или иной стороны. Если преимущественно побеждают нападающие, то далее определяется важный параметр – время боя, к которому затем добавляется время преодоления нарушителем ФБ и время других действий нарушителя, необходимых для захвата ядерных материалов. Сравнение этого суммарного времени со временем прибытия сил реагирования позволяет сделать вывод об эффективности физической защиты. В программе используются достоверные исходные данные по стрелковому оружию и ФБ. Особенности ПО «Полигон»: применение вероятностной модели ведения огня из различных типов стрелкового оружия с учетом характеристик стрелка, цели местности; полная автоматизация процессов определения взаимной видимости и возможностей перемещения боевых единиц (автотранспорта, людей); ведение протоколов моделирования, позволяющих производить ретроспективный просмотр боестолкновения; наличие 3D - редактора местности; открытая архитектура ПО «Полигон», позволяющая вносить в программу необходимые изменения.

Выводы:

1. Представленный обзор предопределяет два возможных направления деятельности специалистов, участвующими в обеспечении комплексной безопасности функционирования Белорусской АЭС.

Во-первых – изучение, выбор и использование наиболее оптимального из представленных программных продуктов в практической деятельности по оценке уязвимости СФЗ.

Во-вторых – разработка отечественных алгоритмов и программ системного анализа и оценки эффективности системы физической защиты.

2. Наиболее приемлемыми программные продуктыдля использования в служебно-боевой деятельности внутренних войск МВД Республики Беларусь являются компьютерная модель анализа уязвимости «Вега», программные комплексы «Спрут», «Полигон».

1. СТБ 34.101.30-2007. Информационные технологии. Методы и средства безопасности. Объекты информатизации. Классификация. Нац. Интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. фонд технических нормативных актов Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа: http://www.tnpa.by/KartochkaDoc.php. – Дата доступа: 25.05.2017.
2. Рук. документ Гостехкомиссии Российской Федерации «Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения». Режим доступа: http://www.iso27000.ru/zakonodatelstvo/normativnye-dokumenty-fstek-rossii/rukovodyaschii-dokument. – Дата доступа: 25.05.2017
3. Голиков, В.Ф. Безопасность информации и надежность компьютерных систем: пособ. для студентов специальностей 1-40-1 01 01 и 1-53 01 02 в 2 ч / В.Ф.Голиков. – Минск, БНТУ, 2010. ч.1. – 86с.
4. Погожин, Н.С. Физическая защита ядерных объектов. Учебник для высших учебных заведений / П.В.Бондарев, А.В.Измайлов, А.И.Толстой; под ред. Н.С.Погожина. – М.: МИФИ, 2004. – 459 с.
5. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. фонд технических нормативных актов Респ. Беларусь. – Минск, 2015. Режим доступа: http://www.tnpa.by/KartochkaDoc.php. – Дата доступа: 25.05.2017.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РЕШЕНИИ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

Чеб Е. С.
Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: cheb@bsu.by

Для линейного гиперболического уравнения четвертого порядка, оператор которого представляет собой композицию операторов первого порядка, в аналитическом виде методом характеристик строится классическое решение граничной задачи с условиями на функцию и ее первую производную и выводятся условия согласования входных данных.

При математическом моделировании физических процессов в теории упругости возникают уранения в частных производных четвертого порядка. Поэтому актуальным является корректная по Адамару постановка краевых задач для таких уравнений и аналитические представления решений в конкретных случаях.

Рассмотрим случай, когда оператор четвертого порядка представляет собой композицию операторов первого порядка, т. е. имеет вид

$$\mathcal{L}u = \prod_{i=1}^{4}\left(\frac{\partial}{\partial t} - a_i\frac{\partial}{\partial x} + b_i\right)u(t,x) = f(t,x). \quad (1)$$

Поставим корректные по Адамару краевые задачи для (1) и укажем метод их решения. Применим метод характеристик построения классического решения. Суть данного метода заключается в следующем. Используя характеристики уравнения, построим общее решение уравнения, которое зависит от четырех функций. Для определения функций на области задлания используем начальные и граничные условия. В работе [1] таким методом построены классические решения граничных задач для гиперболического уравнения второго порядка. Подмечено, что вид граничных условий напрямую зависит от направления характеристик уравнения. Если характеристики уравнения разнонаправленные, то граничные условия задаются на всей границе, в противном случае лишь на ее части. Данная идея построения решения уже применялась к уравнению четвертого порядка с разделяющимся оператором специального вида. Так, в работе [2] методом характеристик построены классические решения граничных задач для уравнения (1), в случае, когда на коэффициенты уравнения налагаются условия $a_1 = -a_2 = a$, $a_3 = -a_4 = b$, $a \neq b$, $b_i = 0$, $(i = 1, 2, 3, 4)$. В данном случае уравнение (1) является биволновым и имеет четыре различные характеристики. Если же $a = b$, то (1) иммет кратные характеристики и называется нестрого гиперболическим. В работе [3] для такого нестрого гиперболического уравнения построено решение и подмечено, что в этом случае повышаются требования на гладкость входных функций. В данной работе рассматривается случай нестрого гиперболического оператора при других ограничениях на коэффициенты уравнения (1). Перейдем к математической постановке задачи.

В полуполосе $Q = [0,\infty) \times \Omega \subset \mathbb{R}^2$ относительно функции $u : \overline{Q} = [0,\infty) \times \overline{\Omega} \ni (t,x) \to u(t,x)$, где $\overline{\Omega}$ – замыкание области $\Omega = (0,l)$, рассматривается гиперболическое уравнение четвертого порядка

$$\prod_{i=1}^{2}\left(\frac{\partial}{\partial t} - a_i\frac{\partial}{\partial x} + b_i\right)^2 u(t,x) = 0, \quad (2)$$

здесь $t > 0$, $x \in \Omega$, с начальными условиями

$$\left.\frac{\partial^j u}{\partial t^j}\right|_{t=0} = \varphi_j(x), \quad x \in \Omega, \quad j = 0,1,2,3. \quad (3)$$

Рассматривается случай, когда коэффициенты $a_1 \neq a_2$ и $b_1, b_2 > 0$.

Общее решение уравнения (2) из класса четырежды непрерывно дифференцируемых функций $C^4(\mathbb{R}^2)$ представляется в виде суммы

$$u(t,x) = e^{-b_1 t}g_1(x + a_1 t) + te^{-b_1 t}g_2(x + a_1 t) + e^{-b_2 t}g_3(x + a_2 t) + te^{-b_2 t}g_4(x + a_2 t), \quad (4)$$

где g_1, g_2, g_3 и g_4 – любые функции из $C^4(\mathbb{R}^2)$. Требуется определить общий вид функций в представлении (4) при условии, что будут выполняться начальные (3) и некоторые граничные условия. При выборе граничных условий мы руководствуемся тем, чтобы соответствующая задача была корректно поставлена по Адамару, т. е. имела единственное решение в соответствующем классе функций, непрерывно зависящее от входных данных. Если $a_1 \neq a_2$, то для определенности будем считать, что $a_1 < 0$, $a_2 > 0$, $|a_1| < |a_2|$. Тогда для уравнения (2) рассматриваются граничные условия вида

$$\left.\frac{\partial^s u}{\partial x^s}\right|_{x=0} = \mu_s(t), \quad t \in [0,\infty), \quad s = 0,2, \quad (5)$$

$$\left.\frac{\partial^s u}{\partial x^s}\right|_{x=l} = \nu_s(t), \quad t \in [0,\infty), \quad s = 0, 2. \qquad (6)$$

Требуется найти решение уравнения (2) из класса четырежды непрерывно дифференцируемых функций, представимое в виде (4), где $g_1, g_2 : (-\infty, l] \in y \to g_i(y) \in \mathbb{R}$, $g_3, g_4 : (0,\infty] \in y \to g_{i+1}(y) \in \mathbb{R}, i = 1, 2$, удовлетворяющее начальным условиям (3) и граничным условиям (5), (6).

Изначально функции $g_i, i = 1, 2, 3, 4$ определяются на промежутке $[0, l]$, удовлетворяя (4) начальным условиям (3). На оставшейся части области определения вид функций находится из граничных условий (5), (6). Рассматривая поочередно сначала условие (5), затем (6) построим на определенных области задания функций их представления. В процессе построения требуется непрерывность самих функций и их производных до четвертого порядка включительно в точках стыка отрезков. Тем самым выводятся условия согласования начальных и граничных функций. В случе, когда $b_1 = b_2 = 0$ они имеют вид

$$\left.\frac{d^j \mu_1(t)}{dt^j}\right|_{t=0} = \varphi_j(0), \frac{d^j \mu_2(t)}{dt^j}|_{t=0} = \varphi_j'(0), j = \overline{0,3}$$

$$\mu_1^{(4)}(0) = 2(a_1+a_2)\varphi_3'(0) - (a_1^2+4a_1a_2+a_2^2)\varphi_2"(0) + $$
$$+2a_1a_2(a_1+a_2)\varphi_1^{(3)}(0) - a_1^2a_2^2\varphi_0^{(4)}(0),$$
$$a_1\mu_2^{(4)}(0) - \mu_1^{(5)}(0) = -({a_1}^2 + 2a_1a_2 + 3a_2^2)\varphi_3"(0) +$$
$$+({a_1}^3 + 4{a_1}^2a_2 + 7a_1a_2^2 + 2a_2^3)\varphi_2^{(3)}(0) -$$
$$-a_1a_2(2a_1^2 + 5a_1a_2 + 4a_2^2)\varphi_1^{(4)}(0) +$$
$$+a_1a_2^2(a_1 + 2a_2)\varphi_0^{(5)}(0), \qquad (7)$$

$$\left.\frac{d^j \nu_1(t)}{dt^j}\right|_{t=0} = \varphi_j(l), \left.\frac{d^j \nu_2(t)}{dt^j}\right|_{t=0} = \varphi_j'(l), j = \overline{0,3},$$

$$\nu_1^{(4)}(0) = 2(a_1+a_2)\varphi_3'(l) - (a_1^2+4a_1a_2+a_2^2)\varphi_2"(l) +$$
$$+2a_1a_2(a_1+a_2)\varphi_1^{(3)}(l) - a_1^2a_2^2\varphi_0^{(4)}(l),$$
$$a_1\nu_2^{(4)}(0) - \nu_1^{(5)}(0) = -(a_1^2 + 2a_1a_2 + 3a_2^2)\varphi_3"(0) +$$
$$+(a_1^3 + 4a_1^2a_2 + 7a_1a_2^2 + 2a_2^3)\varphi_2^{(3)}(l) -$$
$$-a_1a_2(2{a_1}^2 + 5a_1a_2 + 4{a_2}^2)\varphi_1^{(4)}(l) +$$
$$+a_1a_2^2(a_1 + 2a_2)\varphi_0^{(5)}(l), \qquad (8)$$

Условия согласования получены в общем виде, но они имеют весьма громоздкий вид, поэтому здесь не приводятся.

Теорема. *Предположим, что $b_1 = b_2 = 0$, функции $\varphi_0 \in C^{(5)}[0,l]$, $\varphi_1 \in C^{(4)}[0,l]$, $\varphi_2 \in C^{(3)}[0,l]$, $\varphi_3 \in C^{(2)}[0,l]$, $\mu_1, \nu_1 \in C^{(5)}[0,\infty)$, $\mu_2, \nu_2 \in C^{(4)}[0,\infty)$ и выполнены условия согласования (7), (8). Тогда в классе функций $C^{(4)}(\overline{Q})$ существует единственное решение задачи (2), (3), (5), (6).*

Пусть коэффициенты a_1 и a_2 одного знака. Для определенности будем считать $a_1 < 0$, $a_2 < 0$, $|a_1| < |a_2|$. В этом случае рассматриваются граничные условия вида

$$\left.\frac{\partial^s u}{\partial x^s}\right|_{x=0} = \mu_s(t), \quad t \in [0,\infty), \quad s = 0, 2, \qquad (9)$$

$$\left.\frac{\partial^s u}{\partial x^s}\right|_{x=l} = \nu_s(t), \quad t \in \left[-\frac{l}{a_2}, \infty\right), \quad s = 0, 2, \ (10)$$

Отметим, что в этом случае граничные условия задаются не на всей границе, а лишь на части. Это обусловлено требованием корректности кревой задачи. Случаи задания граничных условий на части границы известен в литературе по гиперболическим уравнениям.

Аналогично, для задачи (2), (3), (9), (10) также методом характеристик построено классическое решение в классе четырежды непрерывно дифференцируемых функций и получены условия согласования начальных и граничных условий.

Все расчеты проведены с использованием средств компьютерной алгебры.

1. Корзюк, В. И. Классическое решение первой граничной задачи в полуполосе для линейного гиперболического уравнения второго порядка /В. И. Корзюк, Е. С. Чеб, А. А.Карпечина //Труды ИМ НАНБ. - 2012. - Т.20, №.2. - С.64–67. // Труды ИМ НАН Беларуси. – 2010, - Т. 18, № 2. - С.36–54.
2. Корзюк, В. И. Решение смешанной задачи для биволнового уравнения методом характеристик / В. И. Корзюк, Е. С. Чеб, Ле Тхи Тху // Труды ИМ НАН Беларуси. – 2010, - Т. 18, № 2. - С.36–54.
3. Корзюк, В. И. Решение первой смешанной задачи для нестрого биволнового уравнения / В. И. Корзюк, Е. С. Чеб, Ле Тхи Тху // Труды ИМ НАН Беларуси. – 2011, - Т. 55, № 4. - С.5–13.

ГРАНИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ И ПРОИЗВОДНЫМИ ТРЕТЬЕГО И ПЕРВОГО ПОРЯДКОВ

Дайняк В. В.
Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: dainyak@bsu.by

Данная работа посвящена изучению задачи типа Дирихле для уравнений третьего порядка с переменными коэффициентами, которые нельзя классифицировать с помощью характеристического полинома и его корней. Методами функционального анализа с помощью операторов осреднения переменного шага доказано существование и единственность обобщенного решения. Получены достаточные условия разрешимости рассматриваемой задачи. В случае постоянных коэффициентов эта задача была рассмотрена в [1–2].

В настоящее время хорошо разработана теория задач, корректно поставленных по Адамару, для уравнений эллиптического, гиперболического и параболического типов. В связи с расширением сферы приложени математических методов часто возникают задачи. связанные с исследованием уравнений в частных производных, которые не принадлежат ни к одному из классических типов.

Пусть линейные дифференциальные уравнения относительно неизвестной функции $u(x)$ переменных $x = (x_0, x_1, \dots, x_n) = (x_0, x')$ имеют вид

$$\mathcal{L}u = \frac{\partial^3 u}{\partial x_0^3} + \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial^2}{\partial x_0 \partial x_k}\left(a_k(x)\frac{\partial u}{\partial x_k}\right) +$$

$$+ \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial^2}{\partial x_k^2}\left(b_k(x)\frac{\partial u}{\partial x_k}\right) + \mathcal{L}_1(x, D)\ u = f(x), \quad (1)$$

$$\mathcal{L}_1(x, D)\ u = \sum_{k=0}^{n} p_k(x)\frac{\partial u}{\partial x_k} - \lambda(x)u.$$

Здесь $a_k(x)$, $b_k(x)$ $(k = 1, 2, \dots, n)$ – достаточно гладкие функции, $p_k(x)$ и $\partial p_k/\partial x_k$ $(k = 1, 2, \dots, n)$ измеримы и ограничены.

Пусть $\mathcal{L}_0(\nu) = \nu_0^3 + \sum\limits_{k=1}^{n}\left(a_k\nu_0\nu_k^2 + b_k\nu_k^3\right)$ при $x \in \partial\Omega$. В Ω рассмотрим уравнение (1) относительно функции $u(x)$, которая удовлетворяет однородным граничным условиям типа Дирихле

$$u\Big|_{\partial\Omega} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \nu}\Big|_{\partial\Omega^-} = 0, \quad (2)$$

где $\partial\Omega^- = \{x \in \partial\Omega | \mathcal{L}_0(\nu) < 0\}$.

Наряду с задачей (1)–(2) будем рассматривать и сопряженную

$$\mathcal{L}^*\upsilon = g(x), \quad (3)$$

$$\upsilon\Big|_{\partial\Omega} = 0, \quad \frac{\partial \upsilon}{\partial \nu}\Big|_{\partial\Omega^+} = 0, \quad (4)$$

$\partial\Omega^+ = \{x \in \partial\Omega | \mathcal{L}_0(\nu) > 0\}$, где

$$\mathcal{L}^* = -\frac{\partial^3}{\partial x_0^3} - \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_k}\left(a_k(x)\frac{\partial^2}{\partial x_0 \partial x_k}\right) -$$

$$- \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_k}\left(b_k(x)\frac{\partial^2}{\partial x_k^2}\right) + \mathcal{L}_1^*(x, D),$$

где $\mathcal{L}_1^*$ – оператор первого порядка, формально сопряженный к $\mathcal{L}_1$.

Обозначим через M множество индексов $\{1, 2, \dots, n\}$. Пусть

$$Q = \{k \in M | a_k(x) < 0\}, \quad P = \{k \in M | a_k(x) > 0\},$$

$$A = 3 + \frac{4}{9}\sum_{k \in Q} \frac{a_k^3(x')}{b_k^2(x')}, \quad B = \frac{4}{9}\sum_{k \in Q} \frac{a_k^2(x')\frac{\partial b_k(x')}{\partial x_k}}{b_k^2(x')}.$$

Предположим, что коэффициенты $a_k(x)$, $b_k(x)$ $(k = 1, 2, \dots, n)$ удовлетворяют следующим условиям:

У с л о в и е I. а) $\frac{\partial a_k(x)}{\partial x_0} \equiv \frac{\partial b_k(x)}{\partial x_0} \equiv 0, \quad k \in M$;

б) $b_k(x') \neq 0$ при $k \in Q$;

в) если $a_k^2(x') + b_k^2(x') = 0$ при $k \in M$, то

$$\frac{\partial b_k(x')}{\partial x_k} > 0;$$

г) $$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{a_j(x')\beta_0 + \partial b_j(x')/\partial x_j}{b_j(x')}\right) =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{a_i(x')\beta_0 + \partial b_i(x')/\partial x_i}{b_i(x')}\right),$$

если $i, j \in Q$, $\beta_0 = C > 0$;

д) $A > 0$.

У с л о в и е II. а) Считаем, что выполняются требования а) – г) условия I;

б) если $A < 0$, то $B > 0$ и

$$\max_{k \in P \cup Q, x \in \overline{\Omega}}\left\{-\frac{\partial b_k/\partial x_k}{a_k}\right\} < -\frac{B}{A}.$$

У с л о в и е III. а) Считаем, что выполняются требования а) – г) условия I;

б) если $A = 0$, то $B > 0$.

У с л о в и е IV. Для любого $x \in \overline{\Omega}$

$$\frac{\partial a_k(x)}{\partial x_0} + \frac{\partial b_k(x)}{\partial x_k} > 0$$

при всех $k \in M$.

У с л о в и е V. Для любого $x \in \overline{\Omega}$

$$\frac{\partial a_k(x)}{\partial x_0} + \frac{\partial b_k(x)}{\partial x_k} < 0$$

при всех $k \in M$.

Пусть $H_0^\ell(\Omega)(\mathring{H}^\ell(\Omega))$, $\ell = 1, 2, 3$, – подпространство пространства Соболева $H^\ell(\Omega)$, элементы которого удовлетворяют однородным граничным условиям (2) ((4)).

Задачу (1)–(2) будем рассматривать как решение операторного уравнения

$$\mathcal{L}u = f \tag{5}$$

с областью определения $D(\mathcal{L}) = H_0^3(\Omega)$, а задачу (3)–(4) – как решение операторного уравнения

$$\mathcal{L}^* v = g \tag{6}$$

с областью определения $D(\mathcal{L}^*) = \mathring{H}^3(\Omega)$.

Для доказательства разрешимости уравнения (5) при любых $f \in H_0^{-1}$ строим расширение L оператора $\mathcal{L}$ такое, что множество его значений $\mathcal{R}(L)$ совпадает с пространством H_0^{-1}. Аналогично для оператора $\mathcal{L}^*$ строим расширение L^* [см. 1].

Докажем энергетические неравенства для операторов L и $\mathcal{L}^*$.

Теорема 1. *При выполнении одного из условий I–IV для любых $u, v \in H_0^1(\Omega)$ при достаточно большом $\lambda(x)$ справедливы неравенства*

$$\|u\|_{H_0^1(\Omega)} \le C\|Lu\|_{H_0^{-1}}, \tag{7}$$

$$\|v\|_{H_0^1(\Omega)} \le C^*\|L^* v\|_{H_0^{-1}}, \tag{8}$$

где постоянные C и C^* положительны и не зависят от функций u .

Теорема 2. *При выполнении одного из условий I–IV и достаточно большом $\lambda(x)$ для любых $f \in H_0^{-1}(g \in H_0^{-1})$ существует и единственно обощенное решение $u \in H_0^1(\Omega)(v \in H_0^1(\Omega))$ задачи (1)–(2) ((3)–(4)).*

Доказательство. Единственность обобщенных решений следует из неравенств (7) и (8).

При доказательстве существования обобщенного решения задачи (1)–(2) заметим, что оператор L является замкнутым. Следовательно, область значений этого оператора является замкнутым множеством. Поэтому достаточно установить плотность множества значений $\{Lu\}$, когда u пробегает $H_0^1(\Omega)$.

Пусть

$$< Lu, v >= (Lu, v)_{L_2(\Omega)} = 0 \tag{9}$$

для любого $u \in H_0^3(\Omega)$ и некоторого $v \in H_0^1(\Omega)$. В равенстве (9) вместо u возьмем $J_k u$. Тогда будем иметь

$$< LJ_k u, v >=$$
$$= (LJ_k u, v)_{L_2(\Omega)} = (J_k Lu, v)_{L_2(\Omega)} +$$
$$+(LJ_k u - J_k Lu, v)_{L_2(\Omega)} =$$
$$= (Lu, J_k^* v)_{L_2(\Omega)} + (Ku, v)_{L_2(\Omega)} = 0.$$

Обозначим $(Ku, v)_{L_2(Omega)} = K(u, v; k)$. Тогда получим равенство

$$< LJ_k u, v >= (Lu, J_k^* v)_{L_2(\Omega)} + K(u, v; k) = 0.$$

По свойству операторов осреднения, если $v \in H_0^1(\Omega)$, то и $J_k^* v \in H_0^1(\Omega)$. Поэтому в оценке (8) заменим v на $J_k^* v$. Будем иметь

$$\|J_k^* v\|_{H_0^1(\Omega)} \le C^*\|L^* J_k^* v\|_{H_0^1(\Omega)} =$$

$$= C^* \sup_{u \in H_0^3(\Omega)} \frac{\left|(u, L^* J_k^* v)_{L_2(\Omega)}\right|}{\|u\|_{H_0^1(\Omega)}} =$$

$$= C^* \sup_{u \in H_0^3(\Omega)} \frac{\left|(Lu, J_k^* v)_{L_2(\Omega)}\right|}{\|u\|_{H_0^1(\Omega)}} \le$$

$$\le C^* \sup_{u \in H_0^3(\Omega)} \frac{\left|K(u, v; k)\right|}{\|u\|_{H_0^1(\Omega)}} \le C_7 \frac{1}{k}\|v\|_{H_0^1(\Omega)},$$

где постоянная $C_7 > 0$. Отсюда после перехода к пределу при $k \to \infty$ следует, что $\|J_k^* v\| \to \|v\| \le 0$ при $k \to \infty$. Следовательно, $v = 0 \ \ H_0^1(\Omega)$.

Вторая часть теоремы 2 доказывается аналогично.

Замечание. Если коэффициенты $a_k(x), b_k(x)$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$ удовлетворяют условию V, то в этом случае рассматривается задача (1), (4) (условие (4) для функции u) и сопряженя к ней задача (2), (3) (условие (2) для функции v). Тогда задача (1), (4) рассматривается как решение операторного уравнения

$$\widetilde{\mathcal{L}}u \equiv u = f \tag{10}$$

с областью определения $D(\widetilde{\mathcal{L}} = \overset{0}{H}{}^3(\Omega)$, а задача (2), (3) – как решение операторного уравнения

$$\widetilde{\mathcal{L}}^* v \equiv \mathcal{L}^* v = g \tag{11}$$

с областью определения $D(\widetilde{\mathcal{L}}^*) = H_0^3(\Omega)$.

Справедливы следующая теорема, которая вытекают из доказательств теорем 1 и 2.

Теорема 3. *При выполнении условий V для любых u и v из $\overset{0}{H}{}^1(\Omega)$ при достаточно большом $\lambda(x)$ справедливы неравенства*

$$\|u\|_{\overset{0}{H}{}^1(\Omega)} \le C\|\widetilde{L}u\|_{\overset{0}{H}{}^{-1}},$$

$$\|v\|_{\overset{0}{H}{}^1(\Omega)} \le C^*\|\widetilde{L}^* v\|_{\overset{0}{H}{}^{-1}},$$

где постоянные C и C^* положительны и не зависят от u и v.

1. Дайняк, В. В. Задача типа Дирихле для линейного дифференциального уравнения третьего порядка/ В.В. Дайняк, В.И. Корзюк// Дифференц. уравнения. – 1992. – Т. 28, № 6. – С. 1056–1061.
2. Корзюк, В. И. Задача типа Дирихле для составного уравнения третьего порядка/ В.И. Корзюк, В.В. Дайняк, А.А. Протько// Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1. – 2012. – № 3. – С. 116–121.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЗВОНКА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Курочка К. С., Карабчикова Е. А.
Кафедра информационные технологии, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: kurochka@gstu.by, karabchicova.ru@mail.ru

Предложен алгоритм построения трехмерной конечно-элементной модели позвонка на основе анализа снимков компьютерной томографии. Представлены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния позвонка человека, позволяющие выявить зоны наибольших напряжений, что может быть использовано для профилактики и диагностики заболеваний позвоночника человека.

Введение

Существуют различные методы, позволяющие изучать состояние и поведение позвоночника человека и оценивать эффективность процедур по лечению его заболеваний. При диагностике заболеваний позвоночника используют рентгенографию, компьютерную и магнитно-резонансную томографию (КТ и МРТ), на основе которых можно диагностировать травмы, дегенеративные состояния позвоночника, наблюдать динамику лечения.

Однако, заболевания позвоночника развиваются постепенно и дают о себе знать резкими болями, когда болезнь уже прогрессирует, поэтому очень важно иметь возможность предугадывать малейшие изменения состояния позвоночника.

В последнее время в биомеханике все чаще стал применяться метод конечных элементов, который используется для изучения напряженно-деформированного состояния любого твердого материала, в частности, для выполнения экспресс-расчетов на прочность. Этот факт позволяет проводить исследования костей при различных условиях нагружения, что способствует более эффективной оценке состояния костной ткани, выявлению заболеваний и прогнозированию риска травм и переломов в будущем.

I. Обработка КТ-изображений

Все современные томографы работают с файлами специализированного формата DICOM, в котором содержится информация о пациенте и исследовании, а также полученное рентгеновское изображение. Данный метод хранения информации уменьшает число возможных ошибок при работе, т. к. справочная информация не может быть отделена от самого изображения.

На этапе регистрации изображений аппаратными средствами при томографическом исследовании, а также при передаче сигналов по линиям связи возникают шумы и помехи. С целью устранения данных эффектов производится цифровая обработка изображения. Ее основной задачей является эффективное подавление шума при сохранении важных для последующего распознавания элементов изображения [1-2].

Анализ медицинского изображения, который заключается в распознавании определенных анатомических единиц, запечатленных на снимке, осуществляется через алгоритмы сегментации, которые позволяют выделять области (группы пикселей) с определенными свойствами. Такие области на медицинском изображении соответствуют информативным структурам (тканям, волокнам, клеткам, их структурам и объединениям или органам). Степень детализации выделяемых характеристик зависит от конкретной задачи. Поэтому не существует отдельного метода или алгоритма, подходящего для решения всех типов задач сегментации — каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки [3].

Результатом сегментации является бинарное или иерархическое изображение, в котором каждый уровень (фаза) изображения соответствует конкретному классу выделенных объектов. Сегментация является сложным моментом в обработке и анализе медицинских изображений биологической ткани, так как необходимо выделять области, соответствующие различным объектам или структурам на гистологических препаратах: клеткам, органоидам, артефактам и т. д. Это связано с высокой вариабельностью их характеристик, слабой контрастностью обрабатываемых изображений и сложной геометрической организацией объектов. Однако, элементы изображения, соответствующие костной ткани на снимках компьютерной томографии, резко контрастируют в сравнении с остальными анатомическими объектами, что связано с особенностями представления цвета на КТ снимке, который хранит в себе значение рентгеновской плотности запечатленного объекта. Это позволя-

ет осуществлять детектирование костной ткани путем подбора оптимального значения плотности (цвета), которое используется в качестве порогового и позволяет отличить необходимые исследуемые объекты от фона.

II. Построение конечно-элементной модели позвонка человека

Большинство современных медицинских программ позволяют проводить 3D реконструкцию различных анатомических структур по серии снимков КТ. Их основная цель – визуализация данных томографического исследования, что помогает врачам интерпретировать результаты при диагностике заболеваний. Данная процедура основана на понятии воксельного рендеринга. Воксель является полным аналогом пикселя в трёхмерном пространстве и перенимает у него практически все характеристики, что позволяет смело проводить аналогии с учетом размерности графического пространства.

Метод воксельного рендеринга может быть использован при построении конечно-элементной модели. С точки зрения геометрии воксель может представлять собой разнообразные фигуры, наиболее распространена кубическая форма или форма параллелепипеда, что хорошо вписывается в понятие конечного элемента. Однако, сами по себе воксели, как и пиксели, не содержат информацию о своих координатах в пространстве. Их координаты вычисляются относительно позиции в трехмерной матрице – структуре, моделирующей объемный объект. В то время как представление о положении конечного элемента в сетке строго описывается координатами его узлов. Таким образом, построение конечно-элементной модели можно свести к процедуре замены пикселей на соответствующие воксели, размер которых рассчитывается по данным DICOM файла (расстояние между пикселями на исходном изображении и расстояние между соседними слоями) и с сохранением позиции для каждого вокселя относительно глобальной системы координат.

III. Результаты моделирования

Для построение конечно-элементной модели позвонка человека использовались данные тестового набора их 85 снимков компьютерной томографии. Расчет напряженно-деформированного состояния производился с использованием открытого конечно-элементного пакета FreeFem.

На рисунке 1 показаны результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния позвонка человека.

Распределение напряжений в позвонке человека представлено на рисунке 2.

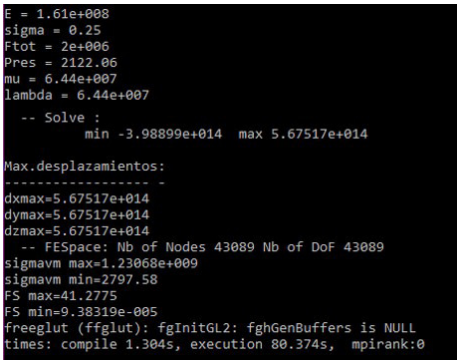


Рис. 1 – Результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния позвонка человека

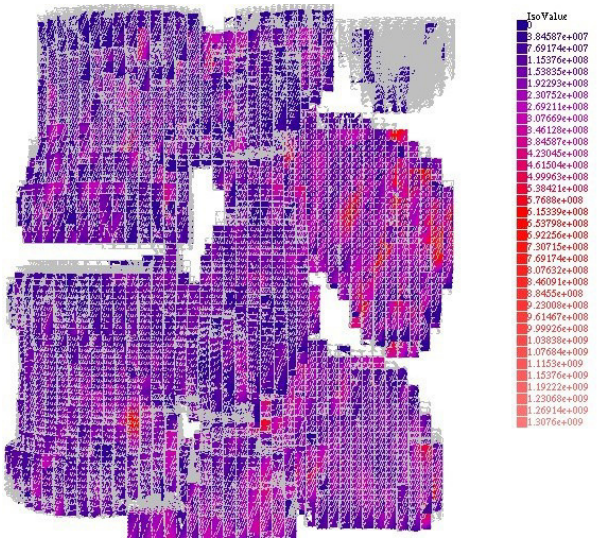


Рис. 2 – Распределение напряжений в позвонке человека

Заключение

На основании конечно-элементной модели сегмента позвоночника и результатов исследования его напряженно-деформированного состояния специалист сможет делать выводы о наличии заболевания.

Путем создания моделей позвоночника и применяя к ним метод конечных элементов становиться возможным проведение исследований для определения риска заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также для оценки эффективности предпринимаемых мер. Также это обеспечивает получение огромного количества дополнительной информации о поведении позвоночника при различных нагрузках, что является значимым дополнением к клиническим исследованиям.

1. Красильников, Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений / Н. Н. Красильников – БХВ-Петербург, 2011. – 608 с.
2. Яне, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
3. Недзьведь, А. М. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / А. М. Недзьведь, С. В. Абламейко – ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 240 с.

НАХОЖДЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СТАТИСТИКИ ТЕСТА АППРОКСИМИРОВАННОЙ ЭНТРОПИИ

Киевец Н. Г., Ярук А. М.
Кафедра радио и информационных технологий, Белорусская государственная академия связи
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kievetss@mail.ru

В работе найдены теоретические распределения статистики теста аппроксимированной энтропии для случайных последовательностей длиной 128 и 256 бит. С использованием полученных распределений выполнено двухуровневое тестирование последовательностей, выработанных генераторами электронных пластиковых карт.

Введение

В настоящее время для различных приложений широко используются электронные пластиковые карты (ЭПК), содержащие физические генераторы случайных чисел (ГСЧ). ГСЧ вырабатывают ключевую информацию для криптографических преобразований, в связи с чем задача оценки качества работы генераторов является актуальной.

Для оценки качества работы ГСЧ применяется двухуровневое тестирование вырабатываемых ими случайных последовательностей (СП) [1,2]. ГСЧ ЭПК вырабатывают СП только определенных длин, как правило, равных длинам практически используемых криптографических ключей. В связи с тем, что в тестах используются асимптотические распределения тестовых статистик, двухуровневое тестирование относительно коротких СП может привести к неверным выводам о случайности последовательностей и качестве работы ГСЧ [1,2].

Таким образом, чтобы выполнить корректное двухуровневое тестирование СП длин, равных длинам практически используемых ключей, требуется нахождение теоретических распределений тестовых статистик.

Данная работа посвящена нахождению теоретических распределений статистики теста аппроксимированной энтропии при длинах СП 128 и 256 бит.

I. Алгоритм нахождения теоретических распределений статистик

В соответствии с порядком тестирования по тесту аппроксимированной энтропии в СП заданной длины n подсчитываются количества v_i пересекающихся m-битных серий различных типов i и количества w_k пересекающихся $(m+1)$-битных серий различных типов k. Далее рассчитывается тестовая статистика [1,3]

$$\chi^2 = 2n\big(\ln 2 - \varphi^{(m)} + \varphi^{(m+1)}\big), \qquad (1)$$

где

$$\varphi^{(m)} = \sum_{i=0}^{2^m-1} \frac{v_i}{n} \ln \frac{v_i}{n}; \varphi^{(m+1)} = \sum_{k=0}^{2^{m+1}-1} \frac{w_k}{n} \ln \frac{w_k}{n}.$$

Предлагается следующий алгоритм нахождения теоретических распределений статистики теста аппроксимированной энтропии при выбранном параметре $m = 1$.

1. Определяются все возможные комбинации числа $n1$ единиц и числа r непрерывных подпоследовательностей бит в последовательности. Величина $n1 = \overline{0, n}$, а величина r зависит от $n1$ и может принимать следующие значения:

$$\begin{cases} r = 1, & \text{если } n1 = 1 \text{ или } n1 = n; \\ r = \overline{2, 2n1}, & \text{если } n1 = n/2; \\ r = \overline{2, 2n1+1}, & \text{если } 0 < n1 < n/2; \\ r = \overline{2, 2|n-n1|+1}, & \text{если } n/2 < n1 < n. \end{cases}$$

2. Для каждой комбинации значений $n1$ и r рассчитывается их вероятность [4]:

если r – четное число:

$$P(n1, r) = 2\binom{n1-1}{r/2-1}\binom{n-n1-1}{r/2-1}/2^n;$$

если r – нечетное число:

$$P(n1, r) = \binom{n1-1}{(r-1)/2}\binom{n-n1-1}{(r-3)/2}/2^n +$$

$$+\binom{n1-1}{(r-3)/2}\binom{n-n1-1}{(r-1)/2}/2^n.$$

3. Определяются значения v_0, v_1, w_0, w_1, w_2 и w_3 для каждой комбинации значений $n1$ и r: $v_0 = n - n1$, $v_1 = n1$, w_1 и w_2 определяются из системы:

$$\begin{cases} w_1 = w_2 = r/2, & \text{если } r \text{ – четное число;} \\ w_1 = w_2 = (r-1)/2, & \text{если } r \text{ – нечетное число;} \end{cases}$$

$$w_3 = n1 - w_2;$$

$$w_0 = n - w_3 - w_1 - w_2.$$

4. Для каждой комбинации значений величин $n1$ и r рассчитываются значения тестовой статистики χ^2 из выражения (1). Вероятности $P(\chi^2)$ значений статистики равны соответствующим вероятностям $P(n1, r)$.

5. Определяются все возможные значения статистики χ^2 и их вероятности.

II. Двухуровневое тестирование по тесту аппроксимированной энтропии

При двухуровневом тестировании тест применяется к каждой из сгенерированных последовательностей, после чего проверяется соответствие эмпирического распределения значений вероятности P_T превышения полученных значений тестовых статистик теоретическому распределению. При использовании асимптотических распределений статистики χ^2 в качестве теоретического распределения P_T принимается равномерное распределение.

Значения вероятности P_T однозначно связаны со значениями статистики [1]:

$$P_T = \text{igamc}\left(2^{m-1}, \frac{\chi^2}{2}\right).$$

Вероятности значений величины P_T равны вероятностям соответствующих значений χ^2.

На рис. 1 приведены гистограммы вероятностей P попадания значений P_T в интервалы L при длинах СП 128 и 256 бит.

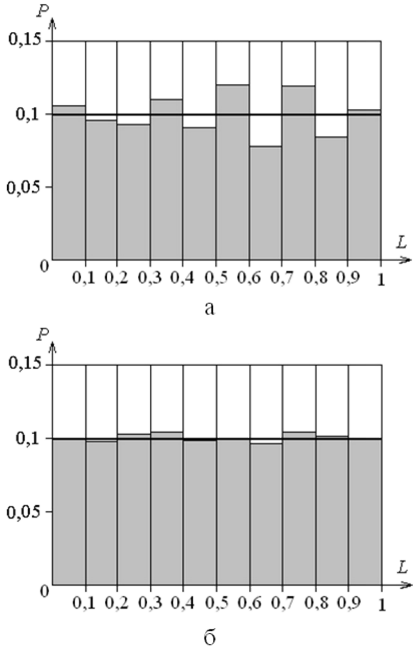


Рис. 1 – Гистограмма вероятностей P: а – при $n = 128$ бит; б – при $n = 256$ бит

Для оценки качества ГСЧ ЭПК было извлечено 8000 СП длиной 128 бит и 4000 СП длиной 256 бит. К каждой случайной последовательности был применен тест аппроксимированной энтропии с параметром $m = 1$, в результате чего для всех СП получены значения χ^2 и P_T. Произведено сравнение эмпирических распределений значений P_T с найденными теоретическими и равномерным распределениями по критерию согласия «хи-квадрат». В соответствии с данным критерием рассчитывается случайная величина, имеющая распределение «хи-квадрат» и рассчитывается вероятность P_0 превышения значения случайной величины. В табл. 1 приведены значения вероятности P_0 для наборов СП длиной $n = 128$ бит и $n = 256$ бит.

Таблица 1 – Значения P_0

n, бит	P_0 (найденные распределения P_T)	P_0 (равномерное распределение)
128	0,8899	0,0000
256	0,8232	0,5621

Из табл. 1 видно, что при уровне значимости $\alpha = 0,001$ оба набора СП прошли тестирование при использовании найденных распределений P_T, набор СП длиной 128 бит не прошел и набор СП длиной 256 бит прошел тестирование при использовании равномерного распределения в качестве теоретического распределения P_T.

III. Заключение

В работе приведен алгоритм нахождения теоретических распределений статистик теста аппроксимированной энтропии. Найдены теоретические распределения статистики и соответствующие распределения вероятности P_T превышения значений статистики при длинах СП 128 и 256 бит. Представлены результаты двухуровневого тестирования СП, выработанных ГСЧ ЭПК, с использованием найденных распределений P_T и равномерного распределения в качестве теоретических распределений. Показано, что использование равномерного распределения в качестве теоретического распределения величины P_T приводит к неверным выводам о качестве работы ГСЧ при двухуровневом тестировании СП длиной 128 бит по тесту аппроксимированной энтропии.

IV. Список литературы

1. A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic applications [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: http://csrc.NIST.gov/publications/NISTpubs/800-22-rev1a/SP800-22rev1a.pdf. – Дата доступа: 30.06.2017.
2. L'Ecuyer, P. Testing random number generators / P. L'Ecuyer // Winter Simulation Conference. – 1992. – P. 305–313.
3. Rukhin, A. Approximate entropy for testing randomness / A. Rukhin // Journal of Applied Probability. – 2000. – Vol. 37. – P. 88–100.
4. Nonparametric statistical interference // Marcel Dekker, Inc. [Electronic resource]. – 2003. – Mode of access: http://f3.tiera.ru/2/M_Mathematics/MV_Probability/MVsa_Statistics and applications/Gibbons J. Nonparametric statistical inference (Dekker, 2003)(ISBN 0824740521)(O)(672s)_MVsa_.pdf. – Date of access: 25.02.17.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КРОВЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Курочка К. С., Стефановский И. Л.
Кафедра «Информационные технологии»,
Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: kurochka@gstu.by, igorst@gstu.by

Изложено построение конечно-элементной математической модели многослойной кровельной панели с использованием двумерного конечного элемента. Построенная модель позволяет оценить напряженно-деформированное состояние кровельной панели под действием статической нагрузки, при уменьшении размерности матрицы жесткости.

Введение

Трехслойные кровельные панели (рис. 1) обладают высокими теплотехническими и звукоизоляционными свойствами, дешевы в производстве, просты в монтаже [1]. Минераловатный утеплитель на основе базальтового волокна, применяемый в качестве среднего слоя, обеспечивает несгораемость панели и экологическую безопасность при пожаре.

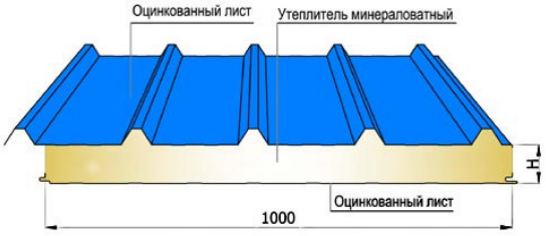


Рис. 1 – Кровельная панель

Для обеспечения безопасной эксплуатации кровельных панелей необходимо изучить их напряженно-деформируемое состояние в условиях действия статических (действие снега) и динамических нагрузок (ветровые нагрузки).

Кровельные панели состоят из трех слоев с различными прочностными характеристиками. Первый (верхний) слой представляет собой тонкую гофрированную стальную пластину, воспринимающую изгибные усилия. Второй (средний) слой – минераловатный утеплитель, имеющий значительную толщину, воспринимающий поперечную силу и касательные напряжения, обеспечивает совместность работы обшивок. Третий (нижний) слой – тонкая слабопрофилированная пластина, воспринимающая растяжения. Для математического моделирования подобных конструкций в том числе используется метод конечных элементов [2]. Обшивки моделируются пластинчатыми конечными элементами прямоугольной формы [3]. Для моделирования среднего слоя используются трехмерные конечные элементы с восемью узлами.

Такой подход приводит к получению матриц жесткости больших размерностей, что увеличивает использование памяти вычислительных систем и времени расчета, особенно при расчете воздействия динамической нагрузки.

I. Конечно-элементная модель

Для решения этой проблемы авторами в данной работе предлагается использовать двумерный конечный оболочечный элемент, использующий соотношения для внутренней работы каждого слоя в отдельности, что позволяет учитывать геометрическую и физическую нелинейности, а также неоднородность по слоям оболочки. В разработанной однослойной модели двумерный элемент представляет все слои кровельной панели.

Для описания обшивок кровельной панели используется гипотеза тонких пластинок Кирхгофа [4], для описания среднего слоя заполнителя – гипотеза пластин средней толщины Рейсснера [5].

Воспользуемся вариационным принципом Лагранжа [6], согласно которому задача решается в перемещениях, с минимизацией полной потенциальной энергии системы.

Потенциальная энергия деформации кровельной панели:

$$U_{plate} = U_{Ktop} + U_R + U_{Kbottom},$$

где U_R – потенциальная энергия среднего слоя пластины, вычисленная в соответствии с гипотезами Рейсснера, U_K – потенциальная энергия верхнего и нижнего слоев пластины, вычисленная в соответствии с гипотезами Кирхгофа.

Потенциальная энергия деформации среднего слоя (1). Потенциальная энергия деформации верхнего слоя:

$$U_{Ktop} = \frac{1}{2}\int_{A_e}\int_0^h \left\{\varepsilon_b^0\right\}^T \left\{\sigma_b^0\right\} dAdz.$$

Потенциальная энергия деформации нижнего слоя:

$$U_{Kbottom} = \frac{1}{2}\int_{A_e}\int_2^h \left\{\varepsilon_b^2\right\}^T \left\{\sigma_b^2\right\} dAdz.$$

Векторы напряжений:

$$\{\sigma_b\}^T = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}, \{\sigma_s\}^T = \{\tau_{yz}, \tau_{zx}\}.$$

Векторы деформаций:

$$\{\varepsilon_b\}^T = \{\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \gamma_{xy}\}, \{\varepsilon_s\}^T = \{\gamma_{yz}, \gamma_{zx}\}.$$

Потенциал поверхностных сил, действующих на кровельную панель:

$$A_{plate} = -\int_{A_e} \{u\}^T \{F\} dA,$$

где $\{u\}^T$ – вектор перемещений; $\{F\}$ – вектор усилий, содержащий нагрузки, действующие на верхний слой панели.

Согласно теореме Лагранжа состояние равновесия консервативной механической системы устойчиво тогда и только тогда, когда ее полная потенциальная энергия минимальна. Необходимое условие минимума полной энергии записывается в виде вариационного уравнения Лагранжа:

$$\delta P = \delta U_{plate} + \delta A_{plate} = 0. \quad (2)$$

Решая уравнение (2) относительно перемещений находим прогибы кровельной панели.

II. Результаты

При расчете использовалась однопролетная схема с пролетом 3 м. Равномерно-распределенная нагрузка, эквивалентная действию снеговой, принималась в диапазоне от 0,5 кПа до 3,5 кПа. Утеплитель принимался изотропным. Физико-механические характеристики слоев кровельной панели соответствуют [1]. Нагрузка прикладывалась к первому слою кровельной панели. В качестве граничных условий были использованы полное защемление кровельной панели по периметру (перемещения во всех направлениях равны нулю). Конечно-элементная сетка составила 20x20 элементов. Сопоставление с результатами исследования [1] показало сходимость, достаточную для практического применения.

Заключение

Предлагаемый конечный элемент имеет 12 степеней свободы. При моделировании панели в программном комплексе ANSYS с использованием элементов solid185 (трехмерный элемент с восемью узлами) и shell181 (пластинки прямоугольной формы) количество степеней свободы составляет 72 степени на один элемент панели.

Разработанный конечный элемент позволяет уменьшить размерность матрицы жесткости и систем разрешающих уравнений. Предлагаемую модель можно использовать при расчете многослойных конструкций под действием статических нагрузок, обеспечивая экономию вычислительных ресурсов и оперативной памяти вычислительных систем.

Список литературы

1. Ильдаров, Е. В. Экспериментально-теоретическая оценка надежности трехслойных кровельных панелей с ортотропным средним слоем из минеральной ваты на основе базальтового волокна: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.23.01 / Е. В. Ильдаров; Самарский гос. архитектурно-строительный ун-т – Самара., 2012. – 23 с.
2. Zienkiewicz, O. C. The finite element method for solid and structural mechanics. Sixth edition / O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor. – Oxford: Elsivier, 2005. – 631 p.
3. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 635 с.
4. Chapelle, D. The Finite Element Analysis of Shells – Fundamentals / D. Chapelle, K–J Bathe. – Berlin.: Springer, 2009. – 426 p.
5. Андреев, А. Н. Многослойные анизотропные оболочки и пластины: изгиб, устойчивость, колебания / А. Н. Андреев, Ю. В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2001. – 288 с.
6. Chapelle, D. The Finite Element Analysis of Shells – Fundamentals / D. Chapelle, K–J Bathe. – Berlin.: Springer, 2009. – 426 p.

$$U_R = \frac{1}{2}\int_{A_e}\int_0^h \{\varepsilon_b^1\}^T \{\sigma_b^1\} dA dz + \frac{1}{2}\int_{A_e}\int_0^h \{\varepsilon_s^1\}^T \{\sigma_s^1\} dA dz. \quad (1)$$

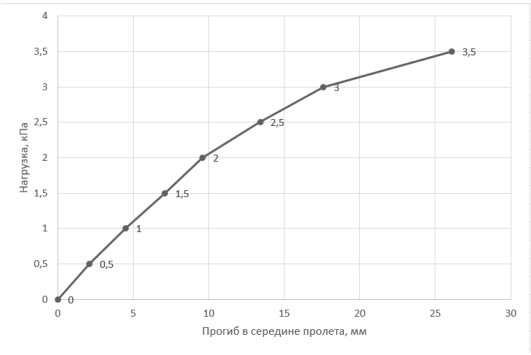


Рис. 2 – Зависимость перемещений в середине кровельной панели от нагрузки

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ С БАЗОЙ ДАННЫХ ДЛЯ ОТДЕЛА МАРКЕТИНГА

Кармаз А. М., Игнатенко Д. М., Трофимович А. Ф., Гуринович А. Б.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Кафедра вычислительных методов и программирования, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: dmitriy.ignatenko.96@mail.ru, karmazct@mail.ru, trofimovich$_{a\,f}$@*tut.by*, *gurinovich@bsuir.by*
В данной статье рассматривается основные проблемы, причины и результаты внедрения программного обеспечения для повышения эффективности и оптимизации рабочих процессов в отделах маркетинга различных компаний.

Введение

Сегодня тема автоматизации бизнес-процессов очень популярна. Компании интегрируют различные программные решения для увеличения эффективности отделов маркетинга и продаж, оптимизации таких процессов как принятие решений, обработка запросов, коммуникации в предприятии. В этой статье мы рассмотрим автоматизацию отдела маркетинга при помощи внедрения веб приложения, так как маркетинг, безусловно, играет значительную роль в прибыли компании.

I. Какие преимущества дает автоматизация маркетинга?

1. Увеличение продуктивности Результатом автоматизации любых рабочих процессов является ускорение хода работы внутри какого-либо отдела, а иногда и в целой компании. То же и с автоматизацией маркетинга. Образно говоря, каждое действие тут может быть оптимизировано и улучшено. Принятие решений, лидогенерация, оценка лидов, поиск информации о клиенте, email маркетинг, запуск рекламных кампаний и многое другое.

2. Улучшение взаимоотношений с клиентами Когда у ваших менеджеров по маркетингу есть большая и комплексная база данных, включающая всю имеющуюся информацию о каждом клиенте — это просто отлично. Контактные данные, название и адрес компании, дата первого контакта, последующих и планируемых, информация об открытых и закрытых сделках и т.д. Имея все это “при себе” в одном месте и в мгновенном доступе, ваши маркетологи легко определят целевую аудиторию вашей компании, улучшат процесс коммуникации с клиентами и в дальнейшем увеличат их лояльность.

3. Сокращение затрат на отдел Автоматизация процессов маркетинга также может оказать влияние на ваши расходы на отдел и иногда даже сократить их. Многие компании выбирают разработку веб или мобильных приложений для этой цели, где второй случай часто подразумевает, что мобильное приложение будет идти как дополнение к вебу. А другие, обдумав то, как можно автоматизировать маркетинг в своей организации, решают внедрить CRM систему. Тем не менее, вопрос снижения затрат зависит от выбранного программного решения. Так, некоторые CRM системы могут стоить кучу денег, что невыгодно для небольших компаний. В то же время для больших корпораций будет неразумным выбрать какое-то простое решение только с несколькими основными функциями. Обычно они внедряют комплексную систему по автоматизации маркетинга для усиления своих позиций, увеличения эффективности и оптимизации работы отдела в целом. Такие системы стоят, несомненно, дорого, но в таких случаях это того стоит.

4. Интеграция с другими отделами компании Одно из главных преимуществ автоматизации процессов маркетинга в компании заключается в простом и удобном взаимодействии различных отделов. Представьте, например, тесное сотрудничество менеджеров по маркетингу и продажам. Общий и быстрый доступ к контактной базе и базе данных клиентов, коммуникационным корпоративным порталам, общий доступ ко всей информации о продажах, ценах, скидках и акциях, услугах, операциях и т.д. Благодаря этому можно увеличить продуктивность обоих отделов, что, в свою очередь, будет способствовать развитию компании.

II. Как программное решение может обеспечить автоматизацию маркетинга?

1. История контакта с клиентами и заказчиками Есть возможность мгновенно находить и проверять историю коммуникации: как и когда был установлен контакт, информацию о сделке, договорах, обсуждениях и т.д. 2. Ни одного пропущенного письма или звонка Если заказчик остановился на разработке мобильного или веб приложения, он может реализовать в вашем продукте функцию отслеживания каждого входящего звонка (например, через Viber, Skype и т.д.) и письма, приходящего на почту, а также автоматического уведомления о каждом и них. 3. Аналитика и статистика в real-time Имеет большое значение для отчетов, анализа, составления наиболее детальных и точных отчетов. Менеджеры по маркетингу получают воз-

можность отслеживать каждое действие пользователя в данный момент времени, а также получать самую актуальную статистику в режиме реального времени. 4. Общая база данных Намного удобнее иметь общий доступ к базе данных для всей компании. Это позволит избежать пересечений между различными отделами и устаревшей информации. Каждое обновление, внесенное сотрудником, будь то менеджер по продажам, маркетолог, аккаунт менеджер или кто-то другой, будет сразу видно для всех. 5. Планирование и запуск маркетинговых кампаний Одна из самых важных функций в автоматизации процессов маркетинга. Менеджеры по маркетингу смогут подготавливать качественные рассылки и рекламные кампании, устанавливать дату отправки / запуска, указывать аудиторию и после видеть статистику и анализировать результаты. 6. Пуш-уведомления и персонализированные сообщения Одна из возможностей для автоматизации процессов маркетинга заключается в отправке пуш-уведомлений и персонализированных сообщений клиентам. Различные программные решения (кастомная разработка мобильных и веб приложений, CRM системы, системы для автоматизации маркетинга) позволяют делать это на основе поведения пользователей в режиме реального времени, истории их покупок и запросов и даже местоположения. Под последним подразумевается то, что они будут получать сообщения как только будут находиться возле магазина.

III. Как выбрать правильное решение для автоматизации маркетинга?

1. Функции Прежде всего нужно определить, какие функции должно иметь программное решение, чтобы выполнить поставленные задачи. Например лидирующие поставщики CRM, предлагает огромное количество различных функций. Конечно, все они важные и полезные, но если в компании уже есть ПО, которое предоставляет большинство из них и цена приемлема, то следует рассмотреть другие возможности. Например, разработку веб приложения, где можно определить функции, которые нужно в нем реализовать. Но если CRM включает все необходимое для решения задачи, то нужно только выбрать, какую именно систему интегрировать.

2. Цена Каждая компания выделяет определенный бюджет на различную деятельность, включая ту, что относится к маркетингу. Всегда довольно сложным является достичь поставленных целей и при этом уложиться в рамки бюджета. Поэтому обязательно нужно учитывать цену программного решения, его дальнейшего развития и улучшения, стоимость доработок, технической поддержки, лицензии (если это CRM) и т.д.

3. “Распределение обязанностей” Можно интегрировать программное решение для автоматизации процессов маркетинга, которое будет включать все нужные функции. В случае, если уже есть ПО, которое покрывает часть ваших потребностей, но, например, необходимо что-то еще для запуска рекламных кампаний, следует “распределить обязанности”. К примеру, сейчас есть MailChimp для email маркетинга, веб приложение для аналитики в режиме реального времени и сейчас принимается решение попробовать HubSpot CRM. В дальнейшем же станет видно, нужно что-то добавлять или же нет. Такой подход очень эффективен для небольших и средних компаний. Поэтому также следует принимать во внимание размер компании, программные решения, которые уже есть и т.д.

IV. Список литературы

1. Википедия –свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Джимми Уэёлс – Wikimedia Foundation Inc. – Тампа, штат Флорида, США 2001. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/, свободный.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОГОМЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Нестеренков С. Н., Белов К. П.
Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: nsn@bsuir.by, showc7@gmail.com

Сформулирована задача многомерной оптимизации и предложено ее решение, базирующееся на генетическом алгоритме. Рассмотрены плюсы и минусы данного подхода, а также примеры задач, в которых он может быть применен.

Введение

Задачи многомерной оптимизации распространены в практической деятельности людей[1]. Например, оптимизационные модели строятся при решении инженерных, статистических, финансовых и других проблем[2].

Задачей оптимизации в математике называется задача нахождения экстремума (минимума или максимума) вещественной функции в заданной области определения[3,4].

Постановка задачи оптимизации[5]:

Сформулируем математически задачу оптимизации. Среди элементов x, образующих множества X, необходимо найти такой элемент x^*, который предоставляет минимальное значение $f(x^*)$ заданной функции $f(x)$.

Для корректной постановки задачи оптимизации необходимо задать [1]:

1. Допустимое множество — множество $\mathbb{X} = \{\vec{x} |\ g_i(\vec{x}) \leq 0,\ i = 1, \ldots, m\} \subset \mathbb{R}^n$;
2. Целевую функцию — отображение $\mathbb{X} \to \mathbb{R}$
3. Критерий поиска (max или min).

Тогда решить задачу $f(x) \to \min\limits_{\vec{x} \in \mathrm{X}}$ означает одно из:

Показать, что $\mathbb{X} = \varnothing$.

Показать, что целевая функция $f(\vec{x})$ не ограничена снизу.

Найти $\vec{x}^* \in \mathbb{X} :\ f(\vec{x}^*) = \min\limits_{\vec{x} \in \mathbb{X}} f(\vec{x})$. Если $\nexists \vec{x}^*$, то найти $\inf\limits_{\vec{x} \in \mathbb{X}} f(\vec{x})$.

При решении задачи многомерной оптимизации можно сказать, что $\vec{x}$ является вектором, состоящим из всех элементов векторов целевых функций, значения которых необходимо оптимизировать.

Обучение нейронной сети также можно представить как задачу оптимизации. В таком случае целевой функцией будет являться набор весовых коэффициентов сети. Также возможно осуществить подбор функций активации.

I. Генетический алгоритм

Генетический алгоритм является алгоритмом эволюционных вычислений [6]. Его можно применить для нахождения значений вектора целевой функции.

Для нахождении экстремума не целочисленной функции в n-мерном пространстве применение графических методов не является возможным (в силу невозможности графической интерпретации n-мерного пространства), а аналитические методы, как правило, требуют помимо исследуемой функции указания дополнительных параметров[7,8]. Поэтому в n-мерном пространстве решение задачи происходит численными методами. Эти методы многомерной оптимизации, в свою очередь, могут быть классифицированы следующим образом:

1. сканирование,
2. покоординатный поиск,
3. градиентные методы
   3.1. собственно градиентный,
   3.2. метод крутого восхождения,
   3.3. метод сопряженных градиентов

II. Общее описание работы алгоритма

Генетический алгоритм состоит из следующих шагов[9]:

1. Случайным образом генерируется конечный набор пробных решений:
   $P^1 = \{p_1^1 ... p_n^1\}, \qquad p_i^1 \in X$
   (первое поколение, n - размер популяции).
2. Оценка приспособленности текущего поколения производится при помощи:
   $F^k = \{f_1^k ... f_n^k\}, \qquad f_i^k = W(p_i^k)$
   в терминологии генетического алгоритма это называется фитнес-функцией.
3. Выход, если выполняется критерий останова (вымирание всех особей или достижение максимально возможного числа итераций, или нахождение решения в пределах доверительного интервала), иначе
4. Генерация нового поколения посредством операторов селекции S, скрещивания C и мутаций M:
   $P^{k+1} = M \cdot C \cdot S(P^k, F^k)$ и переход к пункту 2.
   В процессе селекции выживают (отбираются) только несколько лучших пробных решений, остальные далее не используются. Скрещивание вместо двух особей создает новую, элементы которой перемешаны каким-то особым образом. Мутация

случайным образом меняет случайно выбранную компоненту пробного решения на иную.

III. Решение задачи с использованием генетического алгоритма

Фитнес-функция должна быть подобрана таким образом, чтобы показывать, насколько текущее решение соответствует ожидаемому[10]. Соответственно, для решения конкретной задачи данную функцию необходимо подбирать в зависимости от того, какого результата необходимо добиться.

Описанный подход не позволит найти экстремумы функции, но сможет подобрать коэффициенты функций в соответствии с их экстремумами.

1. сгенерируем конечный набор пробных решений:
   $P^1 = \{p_1^1 ... p_n^1\}, \qquad p_i^1 \in X,$
   где p_i^1 представляет собой вектор значений компонент целевой функции
2. произведем оценку приспособленности текущего поколения:
   $F^k = \{f_1^k ... f_n^k\}, \qquad f_i^k = W(p_i^k),$
   где $W(p_i^k)$ - фитнес-функция
3. завершим работу алгоритма, если найдено оптимальное решение, иначе
4. сгенерируем новое поколение, используя функции селекции и скрещивания (каким именно образом следует проводить селекцию и скрещивание, оговаривать не будем, так как подойдет любая из возможных реализаций).

IV. Пример использования подхода

Данный подход оптимизации является обобщенным и может быть использован для решения широкого спектра задач, например, для решения задачи составления расписания пар преподавателей, причем в данную задачу можно внести еще дополнительные переменные, такие как часы занятости преподавателей другими видами деятельности, а также часы занятости студентов (в случае посещения ими занятий в других организациях)[11].

V. Проблема многоэкстремальности

Существуют функции с несколькими локальными минимумами. Такие функции называют многоэкстремальными, для некоторых алгоритмов оптимизации они могут являться проблемой.

Генетический алгоритм в силу своей псевдослучайной природы обходит это ограничение при достаточном размере популяции, так как на каждой итерации мы генерируем некоторое количество новых особей, которые могут лежать в любой точке области значений функции.

Также в силу выбора начальных решений они будут равномерно разбросаны по всему множеству возможных значений, что в свою очередь в конечном итоге даст еще более лучший результат.

VI. Заключение

Недостатком использования генетического алгоритма как способа решения задач многомерной оптимизации является то, что он по сути своей представляет оптимизированный перебор. В связи с этим генетический алгоритм может иметь довольно большое, а во многих случаях и неприемлемое время нахождения решения (при условии, что критерием останова является попадание найденного решения в доверительный интервал вероятности, а не достижение порогового значения итераций). В случае, когда критерием останова считается пороговое значение итераций, можно получить решение, не вполне удовлетворяющее ожиданиям.

VII. Список литературы

1. Абакаров А. Ш., Сушков Ю. А. Статистическое исследование одного алгоритма глобальной оптимизации. — Труды ФОРА, 2004.
2. В работе Widrow B., Hoff M.E. Adaptive switching circuits. 1960 IRE WESTCON Conferencion Record. — New York, 1960
3. В. В. Круглов, В. В. Борисов — Искусственные нейронные сети. Теория и практика — с.11
4. Мак-Каллок У. С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363—384. (Перевод английской статьи 1943 г.)
5. Горбань А. Н. Кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить? Пленарный доклад на открытии конференции Нейроинформатика-99 (МИФИ, 20 января 1999). Журнальный вариант: Горбань А. Н. Нейроинформатика: кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить // Вычислительные технологии. — М.: Машиностроение. — 2000. — № 4. — С. 10—14. = Gorban A.N. Neuroinformatics: What are us, where are we going, how to measure our way? The Lecture at the USA-NIS Neurocomputing Opportunities Workshop, Washington DC, July 1999 (Associated with IJCNN'99).
6. Barricelli, Nils Aall (1954). «Esempi numerici di processi di evoluzione». Methodos: 45–68.
7. Barricelli, Nils Aall (1957). «Symbiogenetic evolution processes realized by artificial methods». Methodos: 143–182.
8. Fraser, Alex (1957). «Simulation of genetic systems by automatic digital computers. I. Introduction». Aust. J. Biol. Sci. 10: 484–491.
9. Fraser Alex. Computer Models in Genetics. — New York: McGraw-Hill, 1970. — ISBN 0-07-021904-4.
10. Нестеренков, С. Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N2 (63). - С. 67-74
11. Нестеренков, С. Н. Метод определения персональных весовых коэффициентов преподавателей при распределении их нагрузки / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N1 (62). - С. 74-80.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ФИНАНСОВОМ СЕКТОРЕ

Нестеренков С. Н., Белов К. П.
Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: nsn@bsuir.by, showc7@gmail.com

Сформулирована задача расчета кредита для физических лиц, на основании влияющих на это факторов и описано возможное решение данной проблемы с использованием эволюционного метода (генетического алгоритма) и нейронной сети. Данное решение может позволить ускорить процедуру получения кредита и приятия решения на его получение, так как требует относительно небольших затрат времени от человека желающего узнать свою кредитоспособность, а так же облегчить и оптимизировать труд сотрудников банковской сферы.

Введение

В последнее время среди населения возросла потребность в получении денежных кредитов, в связи с чем увеличился поток желающих узнать сумму кредитования, на которую они могут рассчитывать[1-2]. Один из способов расчета оптимальной суммы кредитования – самообучающаяся система, построенная на основе нейронной сети. Такая система позволяет производить обработку большого потока информации автоматически, существенно увеличивая производительность труда сотрудников банковской сферы и уменьшая время принятия решения для человека, желающего узнать свою кредитоспособность.

I. Решение о размере кредита

Решение о возможном размере предоставляемого кредита может приниматься на основании таких факторов, как: срок, на который берется кредит, возраст человека, желающего получить кредит, социальное положение, размер текущей заработной платы, место работы, время, проведенное на текущей должности, место жительства и возможно других[3-4]. Все они в той или иной степени влияют на возможность человека выплатить выданный ему кредит в заданные сроки.

II. Роль искусственной нейронной сети

Нейронная сеть выступает в качестве центра принятия решения о возможном размере выдаваемого кредита. Искусственная сеть строится по принципам организации биологической нейронной сети[5]. Ее основной задачей является получение выходного значения на основании входных параметров. Основой сети является нейрон, который можно представить следующей математической моделью[6]:

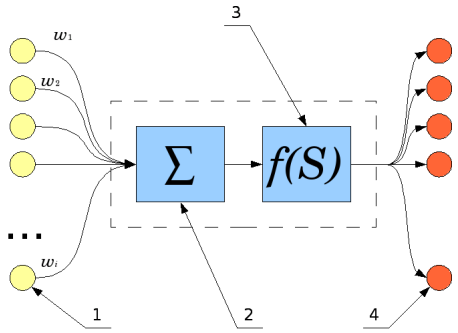
$$y = f(u), u = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i + w_0 x_0$$

$$u = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i + w_0 x_0$$

Также сеть должна содержать передаточную функцию определяющую зависимость сигнала на выходе нейрона от взвешенной суммы сигналов на его входах, в большинстве случаев ее область значений [-1,1] или [0,1] так же для некоторых вариантов обучения необходимо, чтобы она была непрерывно дифференцируемой на всей области значений, что в данном случае не является необходимость, так как обучение проходит генетическим алгоритмом и, соответственно, мы может расширить множество используемых функций. Каждая нейронная сеть должна содержать функцию активации, которая может быть одной из [7-8]:

1. линейная
$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \le 0, \\ 1 & \text{if } x \ge 1, \\ x & \text{else} \end{cases}$$
2. пороговая
$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \ge T, \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$
3. сигмоидальная передаточная
$$\sigma(x) = \frac{1}{(1 + \exp(-tx))}$$
Здесь t — это параметр функции, определяющий её крутизну. Когда t стремится к бесконечности, функция вырождается в пороговую. При t = 0 сигмоида вырождается в постоянную функцию со значением 0,5. Область значений данной функции находится в интервале (0,1). Важным достоинством этой функции является простота её производной[9]:
$$\frac{d\sigma(x)}{dx} = t\sigma(x)(1-\sigma(x)) \frac{d\sigma(x)}{dx} = t\sigma(x)(1-\sigma(x))$$
4. гиперболический тангенс
$$\text{th}(Ax) = \frac{e^{Ax} - e^{-Ax}}{e^{Ax} + e^{-Ax}}, (-1; 1).$$
$$th(\frac{t}{2}x) = 2\sigma(x) - 1 th(\frac{t}{2}x) = 2\sigma(x) - 1,$$

Общая схема искусственного нейрона представлена на Рис. 1.



"Рис. 1"Схема искусственного нейрона

1. Нейроны, выходные сигналы которых поступают на вход данному
2. Сумматор входных сигналов
3. Вычислитель передаточной функции
4. Нейроны, на входы которых подаётся выходной сигнал данного
5. Веса входных сигналов

III. Роль генетического алгоритма

Ролью генетического алгоритма в данном случае является подбор, как функции активации, так и весовых коэффициентов нейронной сети, основываясь на данных выборки большого числа уже обслуженных клиентов. Он представляет собой эвристический алгоритм подбора, применяемый для решения круга задач оптимизации и моделирования методом случайного подбора, вариации и комбинирования требуемых параметров с использованием механизмов, идентичных искусственному отбору в природе. Является разновидностью эволюционных вычислений[10-11]. Отличительная особенность – акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе[12-13]. Ключевым моментом данного подхода является выбор целевой функции, таким образом, чтобы полученные весовые коэффициенты нейронной сети давали на выходе решение, которое мог бы принять сотрудник банка при анализе кредитоспособности такого же или близкого по рассматриваемым критериям человека.

IV. Генерация обучающей выборки

Для генерирования обучающей выборки использовалась библиотека, позволяющая получить множество псевдослучайных личностей с правдоподобным набором входных значений, на основании которых, можно было бы произвести обучение нейронной сети, что позволило бы использовать ее для дальнейшей работы с реальными людьми и обучать повторно после накопления необходимого объема статистической информации. Диапазон генерируемых значений основывался на статистических данных Национального статистического комитета Республики Беларусь[13].

V. Заключение

Особенностью системы является трудность сопоставления ее с другими возможными реализациями в связи с закрытостью информации, необходимой для обучения (личных данных пользователей схожих систем предоставляющих финансовые инструменты для выдачи кредитов),а также с закрытостью принципов работы похожих систем в банковской сфере. Несмотря на это, использование нейронной сети и возможности ее обучения различными методами , в том числе генетическим алгоритмом является эффективным средством для решения поставленной задачи. Полученные результаты целесообразно сопоставить с статистической информацией имеющейся в банковской сфере.

VI. Список литературы

1. В статье McCulloch W.S., Pitts W. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity — Bull. Mathematical Biophysics, 1943 online
2. В работе Widrow B., Hoff M.E. Adaptive switching circuits. 1960 IRE WESTCON Conferencion Record. — New York, 1960
3. В. В. Круглов, В. В. Борисов — Искусственные нейронные сети. Теория и практика — с.11
4. Мак-Каллок У. С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363—384. (Перевод английской статьи 1943 г.)
5. Горбань А. Н. Кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить? Пленарный доклад на открытии конференции Нейроинформатика-99 (МИФИ, 20 января 1999). Журнальный вариант: Горбань А. Н. Нейроинформатика: кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить // Вычислительные технологии. — М.: Машиностроение. — 2000. — № 4. — С. 10—14. = Gorban A.N. Neuroinformatics: What are us, where are we going, how to measure our way? The Lecture at the USA-NIS Neurocomputing Opportunities Workshop, Washington DC, July 1999 (Associated with IJCNN'99).
6. Barricelli, Nils Aall (1954). «Esempi numerici di processi di evoluzione». Methodos: 45–68.
7. Barricelli, Nils Aall (1957). «Symbiogenetic evolution processes realized by artificial methods». Methodos: 143–182.
8. Fraser, Alex (1957). «Simulation of genetic systems by automatic digital computers. I. Introduction». Aust. J. Biol. Sci. 10: 484–491.
9. Fraser Alex. Computer Models in Genetics. — New York: McGraw-Hill, 1970. — ISBN 0-07-021904-4.
10. Миркес Е. М., Нейрокомпьютер. Проект стандарта. — Новосибирск: Наука, 1999. — 337 с. ISBN 5-02-031409-9
11. Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов «Нейрокомпьютеры», МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 г., ISBN 5-7038-2554-7
12. Нестеренков, С. Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N2 (63). - С. 67-74
13. Нестеренков, С. Н. Метод определения персональных весовых коэффициентов преподавателей при распределении их нагрузки / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N1 (62). - С. 74-80.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ И ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ МНОГИХ ПАРАМЕТРОВ

Нестеренков С.Н., Видничук В.Н.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: nsn@bsuir.by, vadimxpzl@gmail.com

Целью данной работы является разработка математической модели оценки компетенции сотрудников, а также разработка алгоритма интеллектуального подбора кадров, который позволит осуществить быстрый и качественный подбор квалифицированного персонала.

Введение

Эффективность работы компании зависит от количества и квалификации персонала работающего в ей. В большинстве случаев в условиях быстрого роста рынка труда существуют следующие проблемы при подборе персонала:

- огромное количество вакансий на работу и лиц желающих трудоустроиться;
- подбора команды персонала для выполнения работы;
- быстрота подбора;
- беспристрастная оценка качества работы подобранного персонала.

Отсюда вытекает проблема подбора персонала традиционными способами.

Для решения данных проблем предлагается рассмотреть математическую модель подбора персонала.

Центральным понятием в данной научной работе является понятие «Подбор персонала».

Подбор персонала - это процесс изучения профессиональных качеств и квалификации рабочего кадра с целью установления его пригодности для выполнения работы на определенном рабочем месте и выбора из совокупности претендентов наиболее подходящего с учетом соответствия его квалификации, специальности, личных качеств и способностей[1].

I. Оценка персонала

Для проверки навыков трудоустраивающегося используются экспертные оценки. Данная оценка выставляется экспертом за определённый навык тестируемого. Каждому навыку присуждается своя экспертная оценка. Далее рассчитывается коэффициент достоверности экспертной оценки, который зависит от стажа работы эксперта[2]. Общая квалификация трудоустраивающегося рассчитывается по формуле:

$$Snav = \sum_{n=0}^{m} Eex_n Kdost_n \rightarrow max$$

Где $Snav$ - оценка навыков, m - количество навыков трудоустраивающегося, Eex - экспертная оценка знания определённого навыка тестируемого, $Kdost$ - Параметр характеризующий достоверность экспертной оценки.

Данная формула показывает общие знания трудоустраивающегося в определённой области.

Также для трудоустраивающегося выполняется расчёт затрат времени на выполнение задания.

II. Подбор персонала

Подбор персонала осуществляется по следующим критериям:

- знания предполагаемого сотрудника по технологиям требующимся в проекте;
- заработная плата;
- заработная плата за выполнение проекта;
- время на выполнение проекта.

В требования к кадровому составу для выполнения данного проекта входят: Также выполняется анализ требований к персоналу для выполнения данного проекта:

- используемые в проекте технологии;
- уровень знаний сотрудников в технологиях требуются для данного проекта;
- необходимое количество специалистов требуемых для выполнения проекта;
- предполагаемый доход от реализации проекта;
- время на реализацию данного проекта.

Производится расчёт затрат на реализацию проекта. По результатам данных расчётов определяется сколько требуется сотрудников для реализации и за какой срок планируется реализация проекта.

Для определения значимости технологии используемой в проекте, используется следующая формула:

$$Kzn = \frac{VprojKproj}{Ntech}$$

Где Kzn - параметр характеризующий значимость технологии в проекте, $Vproj$ - предполагаемый объём проекта, $Kproj$ - экспертная оценка значимости технологии в проекте, $Ntech$ - количество технологий планируемых в проекте.

Для определения квалификации персонала по определённому проекту можно воспользоваться следующей формулой:

$$Pzn = \sum_{n=0}^{m} Eex_n Kdost_n Kzn_n \to max$$

Где Pzn - знания определённого человека для реализации проекта, m - количество технологий в проекте, Eex - экспертная оценка по знанию технологии, $Kdost$ - параметр характеризующий достоверность экспертной оценки, Kzn - параметр характеризующий значимость данной технологии в проекте(если в проекте используется много технологий и трудоустраивающийся может с ими работать, то это будет сумма всех известных ему технологий).

Данная формула рассчитывается для каждого потенциального сотрудника,который обладает необходимыми навыками и технологиями, требуемые для реализации проекта.

Чем выше выходное значение данной формулы, тем лучше разбирается трудоустраивающийся в технологиях требуемых для реализации проекта.

Выполнение расчёта затрат на трудоустраивающегося выполняется по формуле:

$$Sinv = SworkTworkKwork + Kzatr$$

Где $Sinv$ - затраты на сотрудника на время работы над проектом, $Swork$ - ежемесячная оплата сотрудника, $Twork$ - время которое требуется затратить на выполнение проекта, $Kwork$ - параметр характеризующий дополнительную заработную плату, $Kzatr$ - оценочные дополнительные затраты на содержание сотрудника.

Время выполнения задания можно использовать следующую формулу:

$$Tproj = \sum_{n=0}^{m} Khard_n Tzd_n$$

Где $Tproj$ - ориентировочное время выполнения проекта, m - количество заданий в проекте, $Khard$ - экспертная оценка сложности задания проекта, Tzd - время на выполнения задания проекта(рассчитывается как среднее время выполнения задания данным человеком по данной технологии).

После расчёта затрат на каждого из трудоустраивающихся выполняется подбор персонала на отдельный проект. Подбираемый персонал должен соответствовать следующему выражению.

$$\begin{cases} f(X) = \frac{\sum_{per=0}^{z} X_{per} \sum_{n=0}^{m} Eex_n Kdost_n Kzn_n}{z} \to max \\ \sum_{n=0}^{m} Sinv_n <= Sproj \\ \sum_{n=0}^{m} Khard_n Tzd_n <= Twork \end{cases}$$

В котором средний коэффициент квалификации подобранного персонала должен стремиться к максимальному значению, заработная плата команды не должна превышать затраты на разработку проекта и время выполнения заданий командой не должно превышать максимальное время на выполнения проекта.

III. Использование генетического алгоритма для подбора персонала

Генетический алгоритм - это метаэвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования на основе поиска путём последовательного перебора и комбинирования вариаций искомых параметров, основанный на принципах генетики и естественного отбора. Он часто используется для нахождения оптимальных или почти оптимальных решений сложных проблем, на решение которых в противном случае потребовалась бы вся жизнь[3][4].

Так как задача подбора персонала является очень трудоёмкой, а также требует много времени для её решения традиционными способами, то использование генетического алгоритма является хорошим выбором для оптимизации и наилучшего подбора кадров. Данный алгоритм позволит сократить время отбора сотрудников для реализации проекта, а также поможет подобрать наиболее подходящих кандидатов для успешного решения поставленной задачи.

IV. Список литературы

1. Травин В.В., Дятлов В.А. Менеджмент персонала предприятия: Учебно-практическое пособие / В.В. Травин, В.А. Дятлов // 4-е изд. –М.: Дело – 2002. – 272 с.
2. Нестеренков, С.Н. Метод определения персональных весовых коэффициентов преподавателей при распределении их нагрузки / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний – 2015. – N1 (62). – с. 74-80.
3. Riolo L., Worzel B. Genetic Programming Theory and Practice, volume 6 of Genetic Programming. / L. Riolo, B. Worzel.// Kluwer, Boston, MA, USA. – 2003. – 311 с.
4. Нестеренков, С.Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний – 2015. – N2 (63). – с. 67-74.
5. Львовский, С. М. Набор и вёрстка в системе LaTeX / С. М. Львовский // Издательство: МЦНМО, – 2006. – 448 с.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ О СОСТАВЛЕНИИ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Нестеренков С. Н., Шатилова О. О., Рак Т. А.
Отдел информационных технологий центра информатизации и инновационных разработок, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {nsn, shatilova, tatianarak}@bsuir.by

В данной работе рассматривается возможность использования подходов, основанных на применении мета-эвристических алгоритмов на примере генетического алгоритма для решения такого класса оптимизационных задач как составление расписания учебных занятий. В работе выделяются основные отличия генетических алгоритмов от других алгоритмов поисковой оптимизации. Показана сложность адаптации генетического алгоритма для решения практических задач. Дается анализ сильных и слабых сторон алгоритмов данного класса.

Введение

Задача формирования учебного расписания в учреждениях высшего образования (далее - УВО) относится к классу многокритериальных задач оптимизации. При формировании учебного расписания необходимо стремиться к оптимизации таких показателей, как эффективность загрузки аудиторного фонда, количество «форточек» между занятиями и других. В процессе подготовки расписания необходимо принимать во внимание большое количество критериев и ограничений, которые нельзя игнорировать и которые существенным образом влияют на его конечный вариант. На сегодняшний день актуальность проблемы формирования учебного расписания не уменьшилась, хотя как отечественные, так и зарубежные авторы предлагают некоторые частные решения для конкретных УВО, а обобщенная модель решения данной задачи отсутствует.

I. Генетический алгоритм

Эволюционные алгоритмы представляют собой класс эвристических поисковых вероятностных методов оптимизации, почерпнутых из эволюционных моделей живой природы [1]. Генетический алгоритм (ГА) относится к классу эволюционных алгоритмов и в настоящее время рассматривается как наиболее широко известный [2, 3, 4]. ГА – это класс стохастических поисковых алгоритмов, в основе которых лежит принцип биологической эволюции, поисковая стратегия которого имитирует принцип естественного отбора с использованием автоматизированной версии «выживания» наиболее приспособленных [5, 6]. Это метод поисковой оптимизации, использующий генетическую модель для решения поставленной задачи и применяющий правила воспроизводства, такие, как кроссинговер и мутация псевдопопуляций [7] таким образом, что эти популяции могут передавать полезные черты и увеличивать шансы на выживание новому поколению [8]. ГА отличаются от других алгоритмов поиска следующим:

1. ГА оптимизируют компромисс между исследованием новых точек в поисковом пространстве и использованием информации, известной на данный момент. Это было доказано с помощью задачи о К-руком бандите (расширение задачи об одноруком бандите) [9];
2. ГА имеют свойства неявного параллелизма. Неявный параллелизм означает, что эффект ГА является эквивалентом расширенного поиска в гиперпространстве без непосредственной проверки значений всех гиперплоскостей [4, 10];
3. ГА – это алгоритмы случайного поиска, так как они используют операторы, чьи результаты определяются вероятностью [11]. Результаты таких операций основываются на случайных значениях чисел. Это означает, что ГА использует вероятностные правила перехода из одного состояния в другое, а не детерминированные;
4. ГА работают над несколькими решениями одновременно, собирая информацию о текущих точках поиска для последующего поиска. Способность поддерживать несколько решений одновременно делает их менее подверженными проблеме сходимости к локальному максимуму и игнорированию шумов;
5. ГА используют в своей работе кодированный набор параметров, а не сами параметры как таковые;
6. ГА ведут поиск из нескольких точек, а не одной единственной;
7. ГА используют итоговую целевую функцию, а не производную или другую вспомогательную информацию [12].

Формализация задачи составления расписания в виде ГА представляет собой достаточно специфическую проблему [13]. В отличие от линейного/целочисленного программирования, где

может быть прописана почти «точная» математическая формулировка, в ГА должна быть определена схема кодирования, которая представляет шаблон для решения [14]. В приведенной работе [15] предлагается использовать инновационный подход, где при кодировании используются целочисленные строки индексов вместо традиционных строк битов. Это, как утверждают авторы, улучшает вычислительную производительность из-за существенного сокращения длины закодированной хромосомы. ГА имеет большую эффективность, чем какой-либо другой поисковый метод в нахождении наибольшего числа возможных решений и дает хорошие результаты [8]. ГА демонстрирует реальную эффективность, когда применяется к проблеме составления расписания УЗ, где имеется сложный перечень различных ограничений и множество различных ресурсов. Считается, что ГА позволяет составить приемлемое расписание, однако ГА все еще недостаточно эффективен в выборе параметров управления, точных ролях кроссинговера, мутации и характеристик поисковых сред для оптимизации и ускорения сходимости [8]. Некоторые приложения, где ГА использовались успешно, являются аналоговыми схемами с нечеткой логикой и нейронными сетями [9]. ГА покрывают широкий спектр практических задач, таких, как обучения нейронных сетей, распознавание изображений и др. [5].

II. Заключение

Среди свойств мета-эвристических алгоритмов, которые стоит отметить в качестве достоинств, выделим следующие:

- пространство поиска и разрывы, имеющиеся в нем, несущественно влияют на качество оптимизации;
- позволяют избежать попадания в локальный оптимум (в зависимости от управляющих параметров);
- в процессе решения находится не одно единственное решение, а множество допустимых решений;
- позволяют решать задачи оптимизации больших масштабов;
- применимы к широкому классу задач;
- просты и прозрачны в реализации;
- позволяют находить решения в задачах с динамической средой;
- жесткие требования не налагаются на вид целевой функции и ограничения.

Как недостатки отметим, что данный класс алгоритмов имеет следующие особенности:

- малоэффективны при нахождении точного значения глобального оптимума;
- оценка качества решений занимает длительное время;
- кодирование хромосом в некоторых классах задач является нетривиальной задачей [16].

III. Список литературы

1. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы : учеб. пособие / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Физматлит, 2006. – 319 с.
2. Simon, D. Evolutionary optimization algorithms / D. Simon. – New Jersey : Wiley, 2013. – 772 p.
3. Poli, R. A field guide to genetic programming / R. Poli, W.B. Langdon, N.F. McPhee. – Morrisville : NC Lulu Press, 2008. – XIV, 233 p.
4. Панченко, Т.В. Генетические алгоритмы / Т.В. Панченко ; под ред. Ю.Ю. Тарасевича. – Астрахань : Астрах. ун-т, 2007. – 87 с.
5. Burke, E.K. Case-based heuristic selection for timetabling problems / E.K. Burke, S. Petrovic, R. Qu // J. of Scheduling. – 2006. – Vol. 9, iss. 2. – P. 115–132.
6. Thepphakorn, T. Modifying regeneration mutation and hybridising clonal selection for evolutionary algorithms based timetabling tool / T. Thepphakorn, P. Pongcharoen, C. Hicks // Math. Problems in Engineering [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/841748. – Date of access: 29.12.2015.
7. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. И.Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
8. Eiben, A.E. Introduction to evolutionary computing / A.E. Eiben, J.E. Smith. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2003. – 300 p.
9. Kuhn, M. Applied predictive modeling / M. Kuhn, K. Johnson. – New York [etc.] : Springer, 2013. – 600 p.
10. Seber, G.A.F. Statistical models for proportions and probabilities / G.A.F. Seber. – Berlin [etc.] : Springer, 2013. – 69 p.
11. Ханов, Г.В. Автоматизация составления расписаний с учетом неопределенности / Г.В. Ханов, Е.В. Алабужев // Информационные технологии в образовании, технике и медицине : материалы междунар. конф., Волгоград, 18–22 окт. 2004 г. : в 3 т. / Волгогр. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2004. – Т. 3. – С. 125–127.
12. Jansen, T. Analyzing evolutionary algorithms: the computer science perspective / T. Jansen. – Berlin [etc.] : Springer, 2013. – 258 p.
13. Яндыбаева, Н.В. Генетический алгоритм в задаче оптимизации учебного расписания вуза / Н.В. Яндыбаева // Соврем. наукоемкие технологии. – 2009. – № 11. – С. 97–98.
14. Жуков, В.Г. Дифференцированный адаптивный генетический алгоритм / В.Г. Жуков, Н.Ю. Паротькин // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. – 2011. – Т. 9, вып. 1. – С. 5–11.
15. Sharma, D. An evolutionary approach to constraint-based timetabling / D. Sharma, N. Chandra // rev. papers Advances in artificial intelligence: PRICAI 2000 workshop reader : four workshops held at PRICAI 2000, Melbourne, Australia, Aug. 28 – Sept. 1, 2000 / ed: R. Kowalczyk. – Berlin, 2001. – P. 80–92. – (Lecture Notes in Computer Science ; 2112).
16. Нестеренков, С.Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний. – 2015. – № 2. – С. 67–74.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Нестеренков С. Н., Белов К. П.
Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: nsn@bsuir.by, showc7@gmail.com

Сформулирована задача обучения нейронной сети, основной сложностью которой является тот факт, что весовые коэффициенты сети представляют собой числа с плавающей запятой. В отличие от эталонного варианта генетического алгоритма, который работает только с целыми числами, пришлось произвести его модификацию. Также возможно производить подбор не только коэффициентов, но и функций активации, в результате чего может подобраться наилучшее решение поставленной задачи.

Введение

Спектр задач, решаемых при помощи нейронной сети, довольно широкий. Такие сети могут быть использованы для задач [1-3]:

1. анализа данных,
2. оптимизации,
3. сжатия данных и ассоциативности,
4. аппроксимации,
5. прогнозирования,
6. кластеризации (кластерного анализа),
7. распознавания образов,
8. классификации.

Веса таких сетей являются вещественными числами. Обучение нейронной сети можно свести к решению задачи многомерной оптимизации, имеющей очень большую размерность. Для этого необходимо минимизировать значение функции нахождения ошибки или же, наоборот, максимизировать значение функции нахождения правильности решения [4-5].

Для обучения нейронных сетей, как правило, используют следующие методы [6]:

1. алгоритмы локальной оптимизации с вычислением частных производных первого порядка:
   1.1. градиентный алгоритм (метод наискорейшего спуска),
   1.2. методы с одномерной и двумерной оптимизацией целевой функции в направлении антиградиента,
   1.3. метод сопряженных градиентов,
   1.4. методы, учитывающие направление антиградиента на нескольких шагах алгоритма;
2. алгоритмы локальной оптимизации с вычислением частных производных первого и второго порядка:
   2.1. метод Ньютона,
   2.2. методы оптимизации с разреженными матрицами Гессе,
   2.3. квазиньютоновские методы,
   2.4. метод Гаусса-Ньютона,
   2.5. метод Левенберга-Марквардта и др.;
3. стохастические алгоритмы оптимизации:
   3.1. поиск в случайном направлении,
   3.2. имитация отжига,
   3.3. метод Монте-Карло (численный метод статистических испытаний);
4. алгоритмы глобальной оптимизации (задачи глобальной оптимизации решаются с помощью перебора значений переменных, от которых зависит целевая функция).

Для решения задачи предполагается использовать генетический алгоритм с некоторыми изменениями.

Постановка задачи оптимизации в нашем случае будет выглядеть следующим образом [7]:

для функции приспособленности $W(x)$ в пространстве поиска X требуется найти

$x^* = \arg\max_{x \in X} W(x)$

или

$x^* = \arg\min_{x \in X} W(x)$

I. Генетический алгоритм

Генетический алгоритм относится к алгоритмам эволюционных вычислений [8]. В рассматриваемом случае его использование необходимо для настройки весовых коэффициентов нейронной сети. Также алгоритм можно применить и для выбора функции активации нейронов сети (как в пределах одного слоя, так и в пределах каждого отдельно взятого нейрона).

II. Общее описание работы алгоритма

Генетический алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Конечный набор пробных решений генерируется случайным образом:
   $P^1 = \{p_1^1 ... p_n^1\}, \qquad p_i^1 \in X$
   (первое поколение, n - размер популяции).
2. Оценка приспособленности текущего поколения:
   $F^k = \{f_1^k ... f_n^k\}, \qquad f_i^k = W(p_i^k)$
3. Выход, если выполняется критерий останова (вымирание всех особей или достижение максимально возможного числа итераций, или нахождение решения в пределах доверительного интервала), иначе

4. Генерация нового поколения посредством операторов селекции S, скрещивания C и мутаций M:
   $P^{k+1} = M \cdot C \cdot S(P^k, F^k)$ и переход к пункту 2. В процессе селекции выживают (отбираются) только несколько лучших пробных решений, остальные далее не используются. Скрещивание вместо двух особей создает новую, элементы которой перемешаны каким-то особым образом. Мутация случайным образом меняет какую-нибудь компоненту пробного решения на иную.

Обозначения:

Несмотря на внушительный возраст, в генетических алгоритмах до сих пор используют различную терминологию, берущую свое начало как из генетики, так и из кибернетики [9].

III. Модификация

Для использования генетического алгоритма при решении поставленной задачи необходимо его модифицировать. При скрещивании и мутации алгоритм должен работать не с целыми, а с вещественными числами, соответственно, ставится задача найти способ, как это можно реализовать.

Если рассматривать нейронную сеть как одну особь, то можно использовать следующие варианты:

1. Брать целую часть вещественного числа и работать с ней так же, как и с целым числом в оригинальном алгоритме. В вещественной части возможно брать строго заданное количество знаков после запятой и работать с ними, как и в оригинальном алгоритме. После этого необходимо совмещать данные части обратно в вещественное число.
2. Выбирать конкретных особей и при мутировании генерировать полностью новый весовой коэффициент.

Скрещивание производится так же, как и в оригинальном алгоритме, но возможно применение и многоточечного кроссинговера для достижения более подробного исследования текущего состояния решения.

IV. Нахождение функции активации

Используя генетический алгоритм, можно решать довольно обширные задачи оптимизации и, в связи с тем, что данный алгоритм в своей основе представляет оптимизированный перебор, можно попытаться расширить задачу, добавив в нее возможность нахождения функции активации отдельно взятых нейронов или целых слоев [10-13]. При этом возможно включить в множество рассматриваемых функций еще и те, которые не имеют ограничения на непрерывную дифференцируемость на всем множестве значений.

V. Заключение

Особенностью предложенной модификации генетического алгоритма является возможность работать с особями, содержащими в своей основе не целые, а вещественные числа. Это позволяет применить описанный алгоритм для более широкого круга решаемых задач.

Рассматриваемую модификацию генетического алгоритма также предлагается использовать не только для подбора коэффициентов нейронной сети, но и для подбора функции активации отдельных нейронов, что, в свою очередь, может привести к улучшению результатов работы сети. Однако такое решение целесообразно проверить при помощи дополнительных исследований.

VI. Список литературы

1. В статье McCulloch W.S., Pitts W. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity — Bull. Mathematical Biophysics, 1943 online
2. В работе Widrow B., Hoff M.E. Adaptive switching circuits. 1960 IRE WESTCON Conferencion Record. — New York, 1960
3. В. В. Круглов, В. В. Борисов — Искусственные нейронные сети. Теория и практика — с.11
4. Мак-Каллок У. С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363—384. (Перевод английской статьи 1943 г.)
5. Горбань А. Н. Кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить? Пленарный доклад на открытии конференции Нейроинформатика-99 (МИФИ, 20 января 1999). Журнальный вариант: Горбань А. Н. Нейроинформатика: кто мы, куда мы идём, как путь наш измерить // Вычислительные технологии. — М.: Машиностроение. — 2000. — № 4. — С. 10—14. = Gorban A.N. Neuroinformatics: What are us, where are we going, how to measure our way? The Lecture at the USA-NIS Neurocomputing Opportunities Workshop, Washington DC, July 1999 (Associated with IJCNN'99).
6. Barricelli, Nils Aall (1954). «Esempi numerici di processi di evoluzione». Methodos: 45–68.
7. Barricelli, Nils Aall (1957). «Symbiogenetic evolution processes realized by artificial methods». Methodos: 143–182.
8. Fraser, Alex (1957). «Simulation of genetic systems by automatic digital computers. I. Introduction». Aust. J. Biol. Sci. 10: 484–491.
9. Fraser Alex. Computer Models in Genetics. — New York: McGraw-Hill, 1970. — ISBN 0-07-021904-4.
10. Миркес Е. М., Нейрокомпьютер. Проект стандарта. — Новосибирск: Наука, 1999. — 337 с. ISBN 5-02-031409-9
11. Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов «Нейрокомпьютеры», МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 г., ISBN 5-7038-2554-7
12. Нестеренков, С. Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N2 (63). - С. 67-74
13. Нестеренков, С. Н. Метод определения персональных весовых коэффициентов преподавателей при распределении их нагрузки / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний - 2015. - N1 (62). - С. 74-80.

ПОИСК ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ КОНЦЕПТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФА ЗНАНИЙ

Пашук А. В., Гуринович А. Б., Волорова Н. А., Смирнов В. Л.
Кафедра информатики, кафедра вычислительных методов и программирования, кафедра информатики, кафедра вычислительных методов и программирования, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {pashuk, gurinovich, volorova, pom_rektora}@bsuir.by

С каждым годом увеличивается количество публикуемых научных статей в области биомедицины. Это приводит к тому, что исследователям становится все сложнее быть в курсе текущего положения дел даже в своей специализации. Это приводит к замедлению исследований и отсутствию новых открытий.

Введение

Автоматический поиск взаимосвязей в больших объемах информации сегодня является одной из актуальных задач в области анализа данных.

I. Получение взаимосвязей из научных статей

Для получения научных концептов и взаимосвязи между ними для построения графа знаний используется два источника, разработанных в ходе исследования:

- Приложение для автоматического поиска концептов и взаимосвязей между ними на основе семантического анализа текстов опубликованных статей. Это источник возможных фактов, т.к. они генерируются автоматически и не проверяются людьми.
- Приложение для преобразования новых статей в машиночитаемые форматы с проверкой авторами. Это источник достоверных фактов, т.к. они проверены людьми.

Для обработки статей была разработана система автоматической семантизации текстов [1], которая на первом этапе осуществляет поиск и выделение концептов в тексте статьи, затем выделяет взаимосвязи между найденными концептами. Взаимосвязи представляют собой факты, каждый из которых представляет собой так называемый трипл (triple), включающий в себя субъект (subject), объект (object) и предикат (predicate) [2]. Трипл - это выражение, связывающее две сущности (субъект и объект) через отношение (предикат). Также, каждый трипл хранит информацию о концептах, содержащихся в нем. Ниже приведен пример трипла:

`Tryptophan hydroxylase` (субъект) `adds` (отношение) `a hydroxyl group to the 5 position of tryptophan to form 5-hydroxytryptophan (5-HTP)` (объект).

Приложение для преобразования новых статей представляет собой веб-приложение, позволяющее загрузить текст научной статьи в текстовом формате, добавить дополнительную информацию о терминах и их взаимосвязях в тексте статьи и затем экспортировать их в разрабатываемый граф. Интерфейс приложения [3] приведен на рисунке 2.

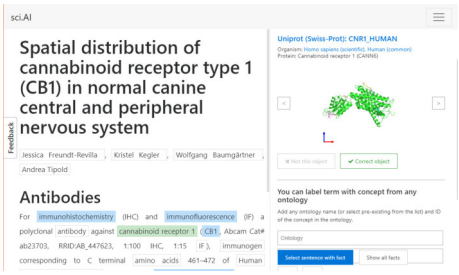


Рис. 1 – Интерфейс приложения для семантизации статей

Разработанное приложение позволяет добавить дополнительную информацию о ключевых терминах научной статьи и их взаимосвязях. После загрузки текста статьи в приложение происходит анализ текста и поиск в нем терминов из нескольких наиболее популярных биомедицинских онтологий (Uniprot, MeSH, ChEBI, ICD-10 и др.). Все найденные термины помечаются и требует валидации автором (рисунок 3).

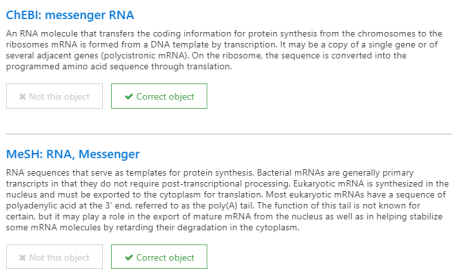


Рис. 2 – Пример термина, найденного в статье

Аналогично происходит анализ и выделение ключевых фактов в тексте статьи (рисунок 4).

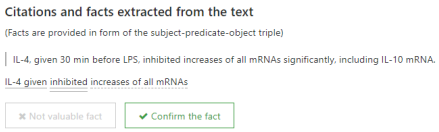


Рис. 3 – Пример термина, найденного в статье

Автоматическая обработка статей происходит аналогичным образом, исключая процесс валидации экспертом.

II. Построение графа знаний

Граф знаний представляет собой совокупность всех фактов извлеченных из статей. Факты объединяются с помощью уникальных идентификаторов концептов, содержащихся в субъекте и объекте факта (трипла). На рисунке 5 приведен пример цепочки, образуемой фактами для публикаций, связанных с болезнью Альцгеймера. Правая часть рисунка представляет текстовое представление фактов в статьях, в то время как левая - концепты, найденные в этих фактах (в данном случае, все концепты ссылаются на онтологию UniProt [4], специализирующуюся на протеинах).

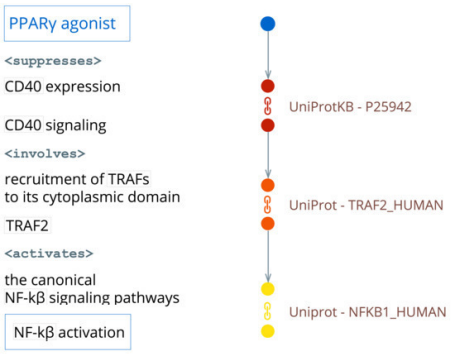


Рис. 4 – Пример взаимосвязей в графе

Для хранения графовой базы данных используется OrientDB [5]. Одним из главных преимуществ данной СУБД является возможность сочетать возможности документо-ориентированных и графо-ориентированных баз данных, что позволяет хранить в базе дополнительную информацию об элементах графа. Также стоит отметить нетребовательность к ресурсам, открытый код и отсутствие сторонних зависимостей.

Для визуализации графов используется библиотека cytoscape.js [6], разработанная для визуализации и анализа сетей и графов. Данная библиотека обладает широким набором функций, необходимых для работы с графами. Так, например, в ней реализованы алгоритмы поиска кратчайших путей: алгоритм Дейкстры, поиск A* (A звезда) и др. С другой стороны, cytoscape.js обладает необходимой гибкостью для внедрения специфических алгоритмов расположения узлов графа, фильтрации и других задач.

На рисунке 4 приведен пример пути между двумя заданными пользователем концептами.

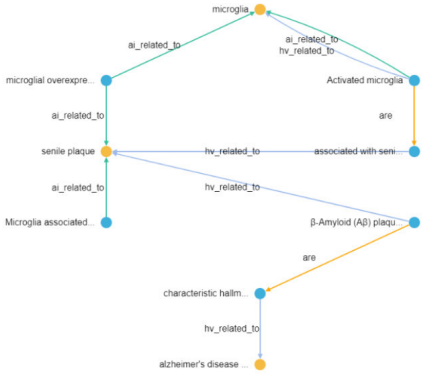


Рис. 5 – Путь между концептами микроглия [7] и болезнь Альцгеймера [8]

Заключение

В ходе исследования был построен прототип графа на основе нескольких сотен публикаций, связанных с болезнью Альцгеймера. Несмотря на небольшое количество научных статей, полученный граф можно использовать для поиска связей между концептами, связанными с данной болезнью.

Стоит отметить, что при каждой дополнительной загрузке фактов из статей в граф, появляется множество дополнительных связей между концептами, что затрудняет восприятие информации. Следующей задачей исследование является разработка способа поиска и фильтрации несущественных связей.

III. Список литературы

1. Пашук, А. В. Проблема распознавания именнованных сущностей в биомедицинских публикациях / А. В. Пашук, А. Б. Гуринович, Н. А. Волорова, А. П. Кузнецов // Big Data and Advanced Analytics : материалы 3 науч.-практич. конф., Минск, 3–4 мая 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: М. П. Батура [и др.]. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 350.
2. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax [Electronic resource]. - Mode of access: https://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/. - Date of access: 15.08.2017.
3. sci.AI Papers [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://app.sci.ai/. – Дата доступа: 26.08.2017.
4. UniProt [Electronic resource]. - Mode of access: http://www.uniprot.org/. - Date of access: 16.08.2017.
5. OrientDB - Distributed Graph/Document Multi-Model Database [Electronic resource]. - Mode of access: http://orientdb.com/. - Date of access: 16.08.2017.
6. Cytoscape.js [Electronic resource]. - Mode of access: https://js.cytoscape.js. - Date of access: 16.08.2017.
7. MeSH RDF Explorer: Microglia [Electronic resource]. - Mode of access: https://id.nlm.nih.gov/mesh/D017628.html. - Date of access: 16.08.2017.
8. International Classification of Diseases, Version 10 - Alzheimer's disease [Electronic resource]. - Mode of access: http://purl.bioontology.org/ontology/ICD10/G30.0. - Date of access: 16.08.2017.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПРОПУСКАМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

Меркулов Р. И.
Кафедра математического моделирования и анализа данных, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: merkylovecom@mail.ru

Прогнозирование временных рядов является одной из основных задач в современном анализе данных. На практике в данных часто содержатся искажения: пропуски и выбросы, что обусловливает необходимость разработки робастных методов построения оценок параметров моделей временных рядов либо модификации известных подходов. В данной статье описывается подход, позволяющий обобщить несколько классов параметрических моделей временных рядов, а также применить рекурсивную процедуру оценивания параметров и построения прогнозирующих статистик, устойчивую к выбросам и пропускам в наблюдениях.

Введение

В настоящее время временные ряды получили широкое распространение в эконометрике, теории управления и иных приложениях. Удобной математической моделью временных рядов являются модели в пространстве состояний, позволяющие с единых позиций описывать свойства таких параметрических моделей временных рядов как $AR(p)$, $ARIMA(p,d,q)$, $ARCH(q)$, $VAR(p)$ и многих других. В данной работе рассматривается проблема оценивания параметров и прогнозирования значений временных рядов с пропусками, порождаемых моделью $VAR(p)$, на основе сведения этой модели к форме модели в пространстве состояний. Одним из мощных инструментов, применимых к моделям в пространстве состояний, является фильтр Калмана: эффективный рекурсивный фильтр, который позволяет оценивать вектор состояния динамической системы, используя неполные и зашумленные данные [1].

В [2] описан подход, основанный на сведении моделей параметрических временных рядов к форме моделей в пространстве состояний и построении оценок параметров модели временного ряда на основе робастной модификации фильтра Калмана по неполным данным со случайным либо детерминированным шаблоном пропусков.

I. Модели в пространстве состояний

Рассмотрим модель, определённую уравнениями:

$$\beta_{t+1} = F_t\beta_t + \epsilon_t,$$
$$z_t = H_t^T\beta_t + \eta_t,$$

где β_t – случайный вектор размерности k, называемый вектором состояний в момент времени t. Предполагается, β_1 что имеют нормальное распределение $N(m,P)$, а также, что k-мерные вектора ϵ_t независимые и одинаково распределённые по закону $N(0,Q)$, $\eta_t \sim N(0,R)$. Матрица F_t размерности $k \times k$, называемая матрицей переходов, является неслучайной. Первое из приведённых уравнений называется уравнением состояния. Оно полностью определяет распределение β_t для любых $t \geq 1$.

Вектор z_t, именуемый вектором измерений, имеет размерность n. Второе из приведённых уравнений называется уравнением измерения. Оно позволяет определить распределение z_t. Оба эти уравнения определяют распределение Гауссовского процесса $(\beta_t, z_t), t \geq 1$. Матрица измерений H_t размерности $n \times k$ является неслучайной.

Важное различие между β_t и z_t заключается в том, что z_t наблюдаются, в то время как β_t, вообще говоря, частично наблюдаются либо не наблюдаются вовсе. В любом случае информацией, доступной на момент времени t, является $z_1, \cdots z_t$ [2].

II. Робастная модификация фильтра Калмана

Представление в форме модели в пространстве состояний позволяет применить рекурсивную процедуру фильтрации Калмана для оценивания параметров модели временного ряда и построения прогнозирующих статистик.

Робастная модификация фильтра Калмана на случай пропусков в наблюдениях состоит в том, что в момент времени $t+1$ отклонение прогнозного значения по t предыдущим наблюдениям полагается равным нулю, тогда вектор состояния переходит на следующую итерацию без обновления значений:

$$\tilde{z_{t+1}} = 0,$$

$$\hat{\beta_{t+1|t+1}} = \hat{\beta_{t+1|t}}.$$

Эта модификация была предложена и обоснована математиками Гарвеем (Harvey) и Копманом (Coopman) [3].

III. Многомерный случай

Описанный подход может быть обобщен на многомерный случай. Ниже приведена процедура сведения $VAR(1)$ модели к форме пространства состояний.

Модель $VAR(1)$ описывается следующим уравнением:

$$z_t = Az_{t-1} + \epsilon_t,$$

где $z_t \in R^n$, $\epsilon_t \sim N_n(0, \Sigma)$.

Представим матрицу A в виде расширенного вектора параметров модели:

$$\beta = (a_{1,1}, a_{2,1}, \cdots, a_{n-1,n}, a_{n,n})^T,$$

тогда, положив матрицы состояний и переходов:

$$F_t = I_{n^2 \times n^2},$$
$$H_t = \begin{bmatrix} z_{t-1}^T & 0_n & 0_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_n & 0_n & z_{t-1}^T \end{bmatrix}.$$

IV. Компьютерное моделирование

Смоделируем двумерный временной ряд, порождённый моделью $VAR(1)$. Затем будем оценивать матрицу A по реализации временного ряда с различной долей пропусков как по детерминированному, так и по стохастическому шаблону. В качестве матрицы A была взята следующая матрица:

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0.8 & -0.7 \end{bmatrix}.$$

В таблице ниже приведены оценки параметров с различными шаблонами и долей пропусков:

Таблица 1 – Результаты оценивания параметров

Доля пропусков	Случайный	Детерминированный
20%	$\begin{bmatrix} 0.525 & 0.270 \\ 0.868 & -0.647 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.452 & 0.255 \\ 0.762 & -0.707 \end{bmatrix}$
50%	$\begin{bmatrix} 0.593 & 0.239 \\ 0.883 & -0.638 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.426 & 0.134 \\ 0.891 & -0.745 \end{bmatrix}$

Также решим задачу прогнозирования временных рядов с помощью процедуры фильтрации Калмана. Для валидации модели определим последние 10% наблюдений тестовыми значениями, а модель обучим на 90% значений временного ряда.

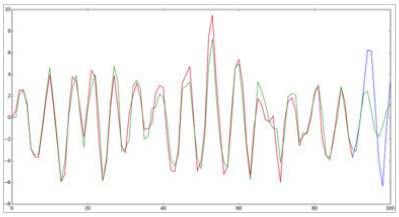


Рис. 1 – Прогнозирование временного ряда

V. Результаты

Приведены способы сведения различных параметрических моделей скалярных и многомерных временных рядов к моделям в пространстве состояний, для которых описан подход построения оценок параметров модели и значений временного ряда при наличии пропусков, основанный на робастной модификации фильтра Калмана. Проведена серия экспериментов для численного анализа точности оценивания параметров модели как на модельных, так и на реальных данных для случайного и детерминированного шаблона пропусков с различной долей пропусков (от 10% до 90%).

1. Канторович, Г.Г. Анализ временных рядов / Экономический журнал ВШЭ. –2002. –№1. – С .85–116.
2. Меркулов, Р.И. Оценивание параметров и прогнозирование временных рядов с пропусками на основе моделей в пространстве состояний / Р.И. Меркулов // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016): материалы междунар. науч. конф. – Минск, 2016. – С. 302–304.
3. Harvey, A.C., Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter, – Cambridge University Press, Cambridge, 1989. – 227 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВ СВЧ ОСНОВАННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДАХ К ПРОБЛЕМЕ СИНТЕЗА

Янцевич М. А., Свириденко А. А.
Кафедра радиолокации и приёмо-передающих устройств, Военная академия Республика Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: yantsevich.mikhail@mail.ru

Произведено сравнение метода прямого синтеза СВЧ фильтров по результатам факторизации коэффициента отражения, а также метода основанного на переходе от элементов с сосредоточенными параметрами к элементам с распредленными параметрами

Поиск новых принципов и методов проектирования устройств СВЧ, разработка соответствующих схемотехнических решений построения устройств, позволяющих улучшить их частотные характеристики, расширить диапазон рабочих частот, снизить габариты, повышение эффективности методов проектирования с использованием современных вычислительных средств и программного обеспечения, а так же распространение методов синтеза цепей с сосредоточенными параметрами на цепи с распределенными параметрами являются актуальными задачами по совершенствованию техники СВЧ.

При проектирование СВЧ-фильтров на практике наиболее широко используется принцип, основанный на расчёте эквивалентных схем фильтров на сосредоточенных элементах с последующей заменой их элементами с распределенными параметрами. Порядок аналитического синтеза СВЧ-фильтров сводиться к трём этапам. На первом этапе производиться синтез фильтров-прототипов с заданной функцией передачи, являющейся оптимальной для требуемых условий. На втором этапе выполняется денормирование элементов и переход к требуемому виду фильтра. На третьем этапе осуществляется переход к элементам с распределенными параметрами. После выполнения последнего этапа может осуществляться коррекция геометрических размеров элементов СВЧ-фильтра. Эти результаты не всегда можно считать удовлетворительными. Для оценки качества применения частотного преобразования произведем сравнение фильтров СВЧ разработанных методом прямого синтеза и с использованием частотного преобразования. В работе [1] произведен синтез антенного низкочастотного СВЧ-фильтра обеспечивающего подавление кратных гармоник сигнала на частотах 8–10 ГГц при малых частотных искажениях передаваемых сигналов с частотами 1,227– 1,574 ГГц с нарастающеволновой функцией передачи 10 порядка. Фильтр спроектирован на элементах с сосредоточенными параметрами, далее для реализации элементов полученного фильтра в СВЧ-диапазоне были выбраны отрезки микрополосковых линий. В качестве материала подложки выбран высококачественный диэлектрик Rogers серии RO3003 (PTFE) толщиной H=0.75 мм, имеющий относительную диэлектрическую постоянную ε=3 и тангенс угла диэлектрических потерь tg=0.0103 на частоте 10 ГГц.

Для реализации емкостей СВЧ-фильтра выбраны отрезки линии с низким волновым сопротивлениемρ= 13 Ом и шириной $W = 10,772$ мм. Индуктивности СВЧ-фильтра реализованы отрезками линий с высоким волновым сопротивлением ρ= 130 Ом Ом и шириной $W = 10,772$ мм. Длины отрезков:

$$l_1 = 1.26, l_2 = 2.26, l_3 = 6.016,$$

$$l_4 = 8.846, l_5 = 7.333, l_6 = 3.825,$$

$$l_7 = 7.416, l_8 = 3.372, l_9 = 3.747, l_{10} = 0.785$$

. Топология и принципиальная схемы, разработанные в САПР Microwave Office 2001, изображены на рисунке 1

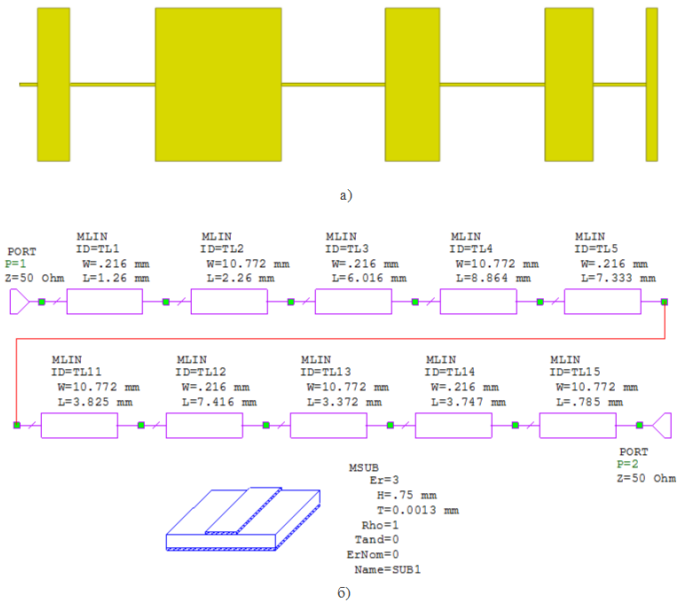


Рис. 1 – а) топология схемы, б) принципиальная схема фильтра полученного при помощи частотного преобразования

Методика прямого синтеза на отрезках линий передачи подробно описана в [2]. Её суть заключается в использовании отрезков линий передач одинаковой длины. Исходной функцией для синтеза здесь является коэффициент отражения S_{11}, выделенный в результате процедуры факторизации из требуемой функции передачи. Факторизация коэффициента отражения производилась из нарастающеволновой функции коэффициента преобразования мощности 10 порядка. В качестве подложки выбран так же диэлектрик Rogers серии RO3003 (PTFE) толщиной H=0.75 мм. В результате синтеза получены следующие значения ширины отрезков

$$W_1 = 1.605, W_2 = 3.68, W_3 = 0.285, W_4 = 8.6,$$

$$W_5 = 0.1, W_6 = 9.5, W_7 = 0.12, W_8 = 6.3, W_9 = 0.825$$

$$W_{10} = 2.175$$

при длине каждого отрезка l=6,26 . Топология и принципиальная схемы изображены на рисунке 2

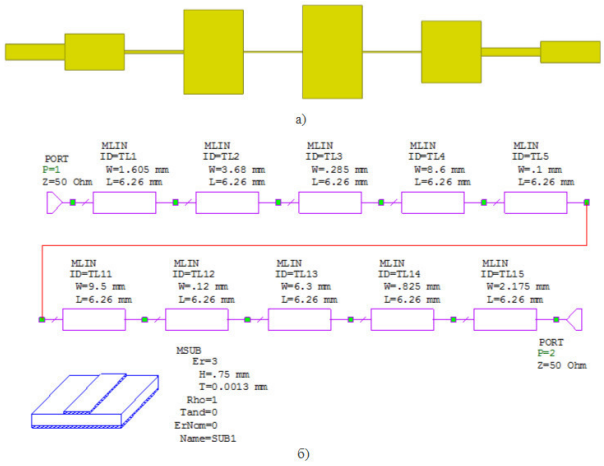


Рис. 2 – а) топология схемы, б) принципиальная схема фильтра полученного методом прямого синтеза

На рисунке 3 приведены частотные характеристики фильтров, полученных при помощи частотного преобразования и методом прямого синтеза.

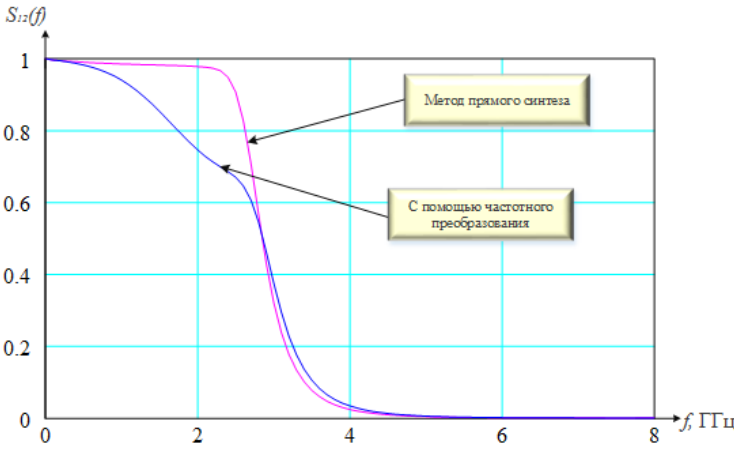


Рис. 3 – Частотные характеристики фильтров

Из рисунка видно, что применение частотного преобразования приводит к значительному искажению частотных характеристик. Очевидно, что предпочтительным для реализации фильтров, а также соглсующих цепей, методика прямого синтеза. Её использование приводит к наилучшему приближению частотных характеристик реализованного СВЧ устройства к характеристикам прототипа.

I. Список литературы

1. Шашок, В.Н. Синтез цепей широкополосного согласования и фильтрации с повышенной равномерностью группового времени запаздывания :дис. канд. техн. наук: 05.12.04 / В.Н. Шашок – Минск, 2013. – 142 л.
2. Yarman, B.S. Design of ultra wideband antenna matching networks / B.S. Yarman. – Istanbul: Springler, 2008. – 308 p.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Нестеренков С. Н., Рак Т. А., Шатилова О. О.
Отдел информационных технологий центра информатизации и инновационных разработок,
кафедра вычислительных методов и программирования,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {nsn, tatianarak, shatilova}@bsuir.by

В современном мире остро стоит вопрос создания, хранения, учета и использования информации, касающейся процессов в организации. Для обеспечения целостности и возможности предоставления тех или иных отчетов самым оптимальным решением этой задачи является создание интегрированной информационной системы.

Введение

Учет информации о студентах, учебных группах, учебных планах специальностей, возможность формирования отчетов по заданным шаблонам, расчёт учебной нагрузки для обеспечения образовательного процесса, электронные индивидуальные планы преподавателей, составление расписания – все это возможно реализовать в одном месте с использованием интегрированной информационной системы (ИИС).

Изначально ИИС создавалась для организации хранения информации о студентах, которые обучаются или обучались в УВО. В процессе разработки и поддержания системы попутно возник ряд сопутствующих задач, которые были реализованы: организация рабочего мета специалиста деканата; формирование отчетов для вспомогательных служб, а также нужд деканата; внедрен электронный журнал куратора; автоматизированное рабочее место диспетчера факультета, позволяющее на основе имеющейся базы учебных планов специальностей, преподавателей и аудиторного фонда осуществлять составление расписания занятий для учебных групп и потоков.

I. Перспективы развития

Несмотря на широкий спектр уже реализованных в системе задач, существует еще ряд задач, которые необходимо реализовать для целостности проекта. Это такие задачи как, система расчета педагогической нагрузки по всем формам обучения, реализация электронного индивидуального плана преподавателя, почасовой фонд университета. Конечно, эти задачи уже имеют многочисленные реализации на всевозможных технологиях, но, к сожалению, их функционал требует значительной переработки для каждого конкретного учебного заведения. Реализация на основе MySQL в совокупности с веб – ориентированным приложением дает возможность динамического обновления данных без изменения предыдущих значений, а также практическую независимость пользователя от изменений исходной информации, незначащей в конкретный промежуток времени. Внедрение этих и еще множество возникающих задач, продиктованных требованием времени, задач позволит обеспечить слаженную и оперативную работу структурных подразделений университета, сведя к минимуму возможные ошибки в реализации вопросов организации образовательного процесса.

Реализованные модули системы уже позволяют создать систему, содержащую электронный журнал учебной группы, а также виртуальный кабинет студента.

II. Вывод

Использование ИИС в университете – необходимость, продиктованная большими объемами данных, которые постоянно нужно подвергать консолидации и обработке. Поэтому корректно спроектированная гетерогенная информационная среда взаимодействия между фактически автономными подсистемами – основная цель разработчиков.

III. Список литературы

1. Нестеренков, С. Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С. Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний – 2015. – № 2 (63). – С. 67–74.
2. Нестеренков, С. Н. Модель построения расписания на основе прецедентов / С. Н. Нестеренков // Информатизация образования — 2015. – № 1. – С. 61–73.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Нестеренков С. Н., Рак Т. А., Шатилова О. О.
Отдел информационных технологий центра информатизации и инновационных разработок,
кафедра вычислительных методов и программирования,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {nsn, tatianarak, shatilova}@bsuir.by

Грамотно составленное расписание занятий, учитывающее специфику учебного процесса является основной задачей учебного заведения. До сих пор не создано практически ни одного решения этой глобальной задачи.

Введение

На данный момент на рынке есть масса программных продуктов, реализующих автоматическое составление расписания (1С: Автоматизированное составление расписания. Университет, Ректор-ВУЗ и т.д.), но, к сожалению, они не всегда удовлетворяют тем требованиям и ограничениям, которые предъявляются к расписанию в конкретном учебном заведении, либо имеют достаточно высокую стоимость. Эти продукты имеют обширные базы информации, которая анализируется и по которой и составляется расписание, но этот процесс является трудоемким и ресурсозатратным. Для решения подобной задачи необходимо внедрять алгоритмы, учитывающие накопленный опыт и человеческий фактор.

I. Постановка задачи

Генетические алгоритмы рассчитаны на то, что они совершенствуют объекты – потомки по результатам исследования предков. Поэтому необходимо накопить базу составленных расписаний, каждое из которых должно содержать о номере группы, название предмета, форме учебного занятия, время проведения, неделя, информация о подгруппах, преподавателе и аудитории.

II. Алгоритм

Далее выполняются следующие шаги:

1. Проверяются существующие группы, проверяется наличие ограничений на проведение занятия в указанное время. Если ограничений нет, то переходим на шаг 2.
2. Проверяется база предметов и наличие конкретного предмета у заданной группы, исследуются ограничения на проведение занятия, и, если все хорошо, переходим к шагу 3.
3. Проверяем информацию о возможности проведения конкретным преподавателем заданного занятия по дисциплине в указанное время.
4. Считывая ID аудитории, проверяем возможность проведения указанного занятия по дисциплине, а также ее занятость в выбранное время.
5. Определяем количество подгрупп и часов по дисциплине и для каждой из них выполняем следующие шаги:
   - 5.1. Проверяем занятость преподавателя, аудитории, дисциплины и времени. Если все хорошо, то переходим на следующий шаг.
   - 5.2. Помещаем в базу новую запись расписания.
   - 5.3. Проверяем, является ли занятие последним в учебном дне, если нет, то устанавливаем значение времени на следующую пару, определяем ограничения для выбранной аудитории, дисциплины, преподавателя и группы и, если их нет, то идем далее.
   - 5.4. Возвращаемся к шагу 5.

После выполнения всех этих итераций в базе формально хранится расписание, которое можно представить в любой выходной форме.

III. Вывод

В ходе выполнения вышеизложенного алгоритма можно получить расписание, близкое к оптимальному, и пригодное для ручной доработки в случае необходимости.

IV. Список литературы

1. Гаврилова, И. В., Масленникова, О. Е. Основы искусственного интеллекта / И. В. Гаврилова, О. Е. Масленникова // Издательство: ФЛИНТА, 2013. – 282 с.
2. Астахова, И. Ф. Разработка информационной системы построения расписания // Математика. Образование. Экология. Гендерные проблемы.: Материалы межд. конф. / Москва, 2001. – т. 2. – С. 287–290.
3. Нестеренков, С. Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С. Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний – 2015. – № 2 (63). – С. 67–74.
4. Нестеренков, С. Н. Модель построения расписания на основе прецедентов / С. Н. Нестеренков // Информатизация образования — 2015. – № 1. – С. 61–73.

Секция «Системы обработки информации»

Section «Systems of information processing»

О ГРАНИЦАХ ВЕРОЯТНОСТНЫХ АРГУМЕНТОВ ПРИ СИНТЕЗЕ ЛИНЕЙНЫХ СИГНАТУР И СТАТИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК

Кобяк И. П.
Кафедра ЭВМ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ipkobyak2012@mail.ru

В работе исследованы границы вероятностных аргументов, в рамках которых определены преимущества метода счета векторов состояний перед сигнатурным анализом и наоборот. Рассмотрены многомерные последовательности и соответствующие им приложения выполненных расчетов для определения границ аргумента r, удовлетворяющих требованию интегральной квазиоптимальности вероятности ошибки.

Целью данной работы является исследование границ аргументов при формировании оценок методом счета векторов состояний (СВС) и синтезе сигнатур, в пределах которых тот или иной алгоритм имеет меньшее значение суммы частичных составляющих производящей функции.

Пусть вероятность пропуска ошибки для метода СВС определяется равенством:

$$P_{cvc} = \frac{1}{m^n}\left[C_n^k (m-1)^{n-k} - 1\right], \qquad (1)$$

где *cvc — condition vector count*, k — число наблюдаемых событий заданного вида, $m = 2^r$ — общее число видов векторов в последовательности длиной n.

Соотношение, аналогичное (1), при формировании линейной свертки многоразрядных последовательностей имеет вид:

$$P_{msa} = \frac{2^{rn-l} - 1}{m^n}, \qquad (2)$$

где $l = \mathrm{intlog}_2 rn$, *msa — multichannel signature analysis*, а значение 2^{rn-l} — фактически число последовательностей, дающих одинаковую сигнатуру.

Определим границы интервалов значений k (где $k_0 = \frac{n}{m}$ — точка экстремума функции (1) при $n = \infty$), формируя решение как функцию от статистических аргументов $k = k_0 + \Delta k$, то есть с учетом отклонений аргумента от математического ожидания.

Математическая постановка задачи с использованием соотношений (1) и (2) при этом будет сводиться к анализу гипотетического равенства:

$$C_n^{k_0+\Delta k}(m-1)^{n-(k_0+\Delta k)} = 2^{rn-l} \qquad (3)$$

Совместное расположение графиков функций (1) и (2) определяет два случая формирования общих точек на плоскости пропуска ошибки. Так, при достаточно большом n и $k_0 = \frac{n}{m}$ для малых значений Δk, графики функций имеют две общие точки, которые могут быть определены из равенства (3). При значительных отклонениях Δk от k_0 существует одна общая точка, если $r > 1$.

Для решения поставленной задачи преобразуем левую часть соотношения (3), используя сокращенный вариант формулы Стирлинга. Тогда:

$$C_n^{k_0+\Delta k}(m-1)^{n-(k_0+\Delta k)} \approx \approx \frac{(m-1)^{n-k_0-\Delta k}}{\left(\frac{1}{m}+\frac{\Delta k}{n}\right)^{k_0+\Delta k}\left(1-\frac{1}{m}-\frac{\Delta k}{n}\right)^{n-k_0-\Delta k}} \times \times \sqrt{\frac{n}{2\pi\,(k_0+\Delta k)\,(n-k_0-\Delta k)}}$$

Прологарифмируем полученное равенство и заменим асимптотическое значение k_0 частным $\frac{n}{m}$. При этом, введя обозначение

$$\ln\left(\frac{n}{m}+\Delta k\right) = \ln\frac{n}{m} + \ln\left(1+\frac{m\Delta k}{n}\right)$$

с учетом допущения $\Delta k << n$, $n \to \infty$ получим:

$$n\ln m - \frac{1}{2}\ln 2\pi + \ln m - \frac{1}{2}\ln n - \frac{1}{2}\ln\left(1+\frac{m\Delta k}{n}\right) - -\frac{1}{2}\ln\left(m-1-\frac{m\Delta k}{n}\right) \approx \ln\frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n}} - \frac{1}{2}\ln(m-1) \approx \approx \ln\frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}$$

Множители вида $\ln\left(1 \pm \frac{m\,\Delta k}{n}\right)$, $\frac{m\,\Delta k}{n} < 1$ заменим соответствующими рядами. Тогда после достаточно несложных преобразований получим:

$$C_n^{k_0\pm\Delta k}(m-1)^{n-(k_0\pm\Delta k)} = = \frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}\exp\left[-(\pm\Delta k)^2\frac{m}{2n}\frac{m}{(m-1)}\right]$$

С учетом полученного равенства, постановка задачи поиска границ вероятностных аргументов в (3) принимает вид:

$$\frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}\exp\left[-\Delta k^2\frac{m}{2n}\frac{m}{(m-1)}\right] = = 2^{rn-l} \qquad (4)$$

Определим теперь точки пересечения двух графиков как отклонение от экстремума $\frac{n}{m}$, то есть рассмотрим случай взаимного расположения графиков на плоскости при достаточно большом, но не асимптотическом n.

Разделим гипотетическое равенство (4) на m^n и экспоненту и прологарифмируем полученное соотношение. Тогда:

$$\ln \frac{m}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}} = \Delta k^2 \frac{m}{2n} \frac{m}{(m-1)} - l \ln 2$$

Отсюда:

$$\Delta k^2 = \frac{2n\,(m-1)}{m^2} \ln \frac{2^l m}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}$$

Решениями же общего уравнения будут являться точки:

$$k = \frac{n}{m} \pm \sqrt{\frac{2n\,(m-1)}{m^2} \ln \frac{2^l m}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}} \qquad (5)$$

Иными словами, в диапазоне изменения аргумента в пределах

$$\frac{n}{m} - \Delta k \le k \le \frac{n}{m} + \Delta k \qquad (6)$$

использование линейной свертки предпочтительнее метода СВС. Для всех остальных вероятностей статистический метод точнее. Заметим, однако, что в (5) и (6) должно выполняться неравенство вида $\Delta k < \frac{n}{m}$, в противном случае графики функций имеют только одну общую точку.

Преобразуем левую часть равенства (4) и определим значение функции в точке $k_0 - \Delta k = 0$. Подставляя значение $\Delta k = \frac{n}{m}$, получаем:

$$\frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}} \exp\left[-\frac{n}{2\,(m-1)}\right] = 2^{rn-l}$$

При $k = k_0 + \Delta k = \frac{2n}{m}$ значение в левой части соотношения имеет вид:

$$\frac{m^{n+1}}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}} \exp\left[-\frac{2n}{m-1}\right] = 2^{rn-l}$$

Иными словами, при данном уровне аппроксимации график биномиального распределения в диапазоне изменения аргумента $0 \le k \le 2k_0$ несимметричен относительно точки математического ожидания.

Общий случай для Δk в соотношении (5) может быть использован в качестве базы для анализа полученных результатов с точки зрения суммарного числа реализаций в классах перестановок, формируемых в различных поддиапазонах аргумента k.

Теорема. При биномиальном распределении последовательностей для

$$n \ge \frac{2\pi\,(m-1)}{r^2 m^2} e^9, r \le 4 \qquad (7)$$

суммарная вероятность пропуска ошибки в пределах интервала значений (6) больше, чем сумма вероятностей, определенных за пределами указанного отрезка аргументов.

Для доказательства теоремы обозначим сумму всех значений функции, принадлежащих диапазону $\frac{n}{2} \pm k$ в (7) через S. Соответственно сумма — реализаций выборки, принадлежащих вероятностям за пределами указанного интервала, будет равна $m^n - S$.

Для оценки отношения C/S используем формулу среднеквадратического отклонения вида:

$$\sigma_K = \sqrt{np_0\,(x_\omega)\,q_0\,(x_\omega)} = \sqrt{n}\sqrt{\frac{1}{m}\left(1 - \frac{1}{m}\right)}$$

При этом с учетом соотношения (5) имеем:

$$\sqrt{\frac{2\,(m-1)}{m^2} \ln \frac{2^l m}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}}} \ge 3\sqrt{\frac{1}{m}\left(1 - \frac{1}{m}\right)}$$

Отсюда следует:

$$2 \ln \frac{2^l m}{\sqrt{2\pi n\,(m-1)}} \ge 9,$$

При $n = \frac{2^l}{r}$, $l = \log_2 rn$, имеем результат, приведенный в теореме.

В частном случае, если $m = 2$, из (7) имеем $n > 0,5\pi e^9 \approx 12\,728$. Иными словами, при данной длине выборки отклонение от k_0 в (6) оказывается большим интервала $3\sigma_K$ со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Таким образом, уровень отношения C/S зависит от длины выборки и $C/S < 1$, при указанном в теореме значении n.

Что касается больших значений разрядности процесса r, то для всех $r \ge 5$ прямая вероятности пропуска ошибки (2) проходит выше уровня функции (1), определяемого границами среднеквадратического отклонения. Соответственно и преимущества сигнатурного интегрирования при этом сводятся к минимуму.

Итак, полученный результат показывает, что вероятность пропуска ошибки, соответствующая методу наблюдения заданного вектора в достаточно большой, но не асимптотической выборке при $r \le 4$ определяет преимущество линейного сверточного кодирования перед статистической методологией. Однако для $r \ge 5$, а также с точки зрения поддиапазона аргументов $2k_0 \le k \le n$ преимущество метода СВС в области больших значений статистики возрастает весьма существенно.

1. Кобяк И.П. // Электрон. моделирование. 1996, т.18. №3. С.58-62.
2. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. Москва, 1986.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ

Дунаев А. А.
Кафедра ИТАС, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: alexd.by@gmail.com

В работе представлен оригинальный подход к решению задачи определения изоморфизма графов, используемый в системе распознавания лиц. Оригинальность предлагаемого в статье подхода базируется на хешировании структуры графа, используя в качестве инвариантной характеристики графа кратчайшие расстояний между всеми вершинами.

В теории графов изоморфизмом графов называется биекция множества вершин графа G на множество вершин графа H, сохраняющая отношение смежности. Другими словами, для любых вершин u и v графа G их образы и смежны в H тогда и только тогда, когда u и v смежны в G. Отношение изоморфизма графов является эквивалентностью, т.е. оно симметрично, транзитивно и рефлексивно. Следовательно, множество всех графов разбивается на классы так, что графы из одного класса изоморфны, а графы из разных классов не изоморфны. Из определения следует, что изоморфные графы могут различаться лишь обозначениями вершин и ребер, так как у них должно быть равное число вершин и ребер, соответствующие друг другу вершины обязаны иметь одинаковые степени и полустепени, и, разумеется, совершенно все равно, какую геометрическую реализацию графа выбирать для его изображения.

Анализ подходов

В настоящее время существует большое количество подходов в вопросе решения задачи изоморфизма графов. Часть из них основано на доказательстве одинаковости структуры графов путем их параллельного обхода. Но использование этих методов требует больших временных затрат, особенно если речь идет о проверке структуры больших графов, состоящие из десятков вершин. Другая часть подходов основывается на сравнении инвариантных характеристик графа, не зависящих от порядка нумерации вершин и ребер. Например, степени вершин графа. Однако, как показывает практика, данная характеристика является не достаточной, чтобы утверждать, что графы изоморфны.

I. Области применения задачи изоморфизма графов

На практике необходимость проверки изоморфизма графов возникает при решении задач химической информатики, математической химии, автоматизации проектирования электронных схем, оптимизация программ, но наибольший интерес представляют задачи распознавания образов. Распознавание образов — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных. На основании информации о классе, может быть создан эталонный граф, с которым в последствии будет сравниваться исходный граф, используя метод решения задачи изоморфизма графов.

II. Описание алгоритма считывания изображения лица в графы

Основные этапы алгоритма считывания изображения лица в графы:

- считывается изображение, на котором присутствует изображение лица;
- используя метод признаков Хаара, на изображении ищется изображение лица;
- из большого изображения вырезается изображение лица, дальнейшая обработка будет происходить с ним;
- размеры изображения лица изменяется на «квадратные», например, 100x100 точек, что поможет в случае, если изображение лица было растянуто, сжато или наклонено;
- используя метод признаков Хаара, на изображении лица ищутся угловые точки глаз, губ, носа, бровей;
- используя SURF-дескриптор, в каждой из этих точек вычисляется значение дескриптора, который является вектором дробных чисел;
- строится граф с количеством вершин равным количеству найденных на предыдущих шагах точек с весами равными среднему арифметическому из предыдущего шага;
- все вершины соединяются ребрами;
- каждому ребру задается вес равный среднем арифметическому весов смежных вершин.

Построенный нечеткий граф описывает считанное изображение лица. Для сравнения изображений лиц достаточно проверить изоморфизм соответствующих им графов.

III. Описание алгоритма решения задачи изоморфизма графов

Рассматриваемый алгоритм основан на сравнении результатов хеширования графов. Рассмотрим основные этапы алгоритма решения задачи изоморфизма графов:

- по графу составляется матрица смежностей, состоящая из дробных чисел;
- выбирается число N уровней, например, 5;
- диапазон чисел в матрице смежностей делится на N частей, так чтобы их граничные значения были целыми или кратными 0,5;
- из имеющейся матрицы смежностей с дробными числами строится N-1 целочисленных матриц смежностей используя следующее правило, если значение в исходной матрице меньше соответствующего граничного значения, то в целочисленной матрице в соответствующей ячейке пишется 0, иначе 1;
- для каждой целочисленной матрице смежностей строится матрица кратчайших расстояний между любыми двумя вершинами, получается симметричная матрица, на главной диагонали которой 0;
- по каждой строке матриц кратчайших расстояний вычисляется среднее арифметическое и для каждой матрицы составляется последовательность из средних кратчайших расстояний;
- полученные последовательности дробных чисел упорядочиваются по возрастанию элементов.

Полученные последовательности дробных чисел вместе с соответствующими уровнями являются «хеш-кодом» структуры рассматриваемого нечеткого графа. Чтобы определить являются ли графы изоморфными достаточно сравнить их «хеш-коды».

IV. Экспериментальная проверка метода

Таблица 1 – Результаты экспериментов с изображения после применения различных искажений.

Примененное искажение	Общее количество экспериментов	Количество верных результатов сравнения
Уменьшение размера изображения на 50%	100	97
Изменение цветов на ч/б	100	100
Изменение яркости	100	100
Применение размытости	100	100
Поворот изображения лица	100	100

Для проверки надежности данного метода была разработана программа, реализующая данный метод, позволяющая считывать фотографии, находить изображения лиц, генерировать графы и проверять их на изоморфизм. Проведены эксперименты с различными фотографиями лиц: мужские и женские, разные цвета кожи. Однако данные метод не способен различать изображения лиц при значительном передвижении объекта съемки, например, повороте головы, изменения прически или наличия очков.

V. Заключение

Предложенный метод может прямо использоваться в различных интеллектуальных системах. Например, можно использовать описанный подход для идентификации лиц на фотографиях. Однако в отношении идентификации лиц дело упирается в способ проецирования оригинала. Метод изоморфизма графов не может быть применен в этом случае непосредственно. Разработанная программа позволила получить результаты практического применения метода. Также большим плюсов в данном подходе является возможность хранения графов в базе, сохраняя только «хеш-коды», состоящие из десятичных чисел. Составив таким образом базу образов, например, базу лиц. Поиск по десятичным числам проходит мгновенно. Таким образом данный подход может быть успешно использован для решения некоторых задач распознавания лиц и образов.

VI. Список литературы

1. Luks E.M. Isomorphism of graphs of bounded valence can be found in polynomial time //Journal of Computational Sciences. № 25(vol.1), 1982, p.p.42-65.
2. Bahram Javidi Image Recognition and Classification: Algorithms, Systems, and Applications // CRC Press, 2002
3. Boguslaw Cyganek Object Detection and Recognition in Digital Images: Theory and Practice // Wiley, 2013
4. Lowe D. G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision. 2004. 60. № 2, P. 91–110.
5. Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Gool L. V. SURF: Speeded Up Robust Features // Computer Vision and Image Understanding (CVIU). 2008. 110. №3. P. 346–359.
6. Torres-Méndez L.A., Ruiz-Suárez J. C., Sucar L. E., Gómez G. Translation, Rotation, and Scale-Invariant Object Recognition // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 2000. 30, № 1. P. 125–130.
7. Stan Z. Li, Anil Jain Handbook of Face Recognition // Springer Science and Business Media, 2011
8. Asit Kumar Datta,Madhura Datta,Pradipta Kumar Banerjee Face Detection and Recognition: Theory and Practice // Chapman and Hall, 2015

МЕТОДЫ УМНОЖЕНИЯ ТОЧКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ НА ЧИСЛО

Короткевич А. В.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ankor91@mail.ru

Выделены основные математические операции, используемые в эллиптической криптографии. Рассмотрены методы оптимизации выполнения умножения точки эллиптической кривой на число, дан теоретический анализ производительности данных методов. Выполнены практические исследования производительности разработанных методов.

Введение

Эллиптические криптосистемы являются на сегодняшний день одними из самых перспективных и востребованных. Объясняется это меньшим размером ключа при той же криптостойкости по сравнению с другими ассиметричными криптосистемами, что позволяет получить преимущество в производительности алгоритмов. Именно производительность является ключевой проблемой ассиметричных криптосистем. Рассмотрев метод шифрования Менезеса-Ванстоуна, можно выделить следующие основные математические операции при использовании эллиптической криптографии: умножение точки эллиптической кривой на число, мультипликативная инверсия числа по модулю, возведение числа в степень по модулю [1]. Операция умножения точки эллиптической кривой на число является ключевой в любых эллиптических криптосистемах. Методы ее оптимизации будут рассмотрены далее.

I. Бинарное представление множителя

Базовыми операциями над точкой эллиптической кривой являются операции сложения точек и удвоения точки. Потому для умножения точки эллиптической кривой P на целое число k необходимо оптимальным образом сочетать данные операции. Т.к. операция удвоения точки позволяет гораздо быстрее, чем сложение, приближать точку к требуемому значению kP, то необходимо использовать максимально возможное число таких операций.

Возможным решением поставленной задачи является следующий алгоритм, использующий бинарное представление множителя в виде массива бит длиной t: $k = (k_{t-1}, ..., k_1, k_0)_2$. На начальном шаге итоговому результату присваивается значение нулевой точки. Затем при проходе бинарного массива, начиная со старшего индекса, на каждом шаге результирующее значение удваивается, а после этого, если текущий бит равен 1, дополнительно увеличивается на P. В результате итоговое значение будет содержать сумму произведений точки P на числа, являющиеся степенью числа 2 и в сумме дающие k, что эквивалентно искомому произведению kP. Среднее число единиц в бинарном представлении числа k равно $t/2$, потому сложность данного алгоритма можно представить как $\frac{tA}{2} + tD$, где A и D – сложности операций сложения и умножения соответственно.

II. Использование $NAF(k)$

Как известно, если точка P эллиптической кривой имеет координаты (x, y), то точка $-P$ – координаты $(x, -y)$, а это означает, что операция вычитания точек фактически является операцией сложения и имеет эквивалентную сложность. Таким образом, при умножении точки эллиптической кривой на произвольное натуральное число k можно пользоваться также операциями вычитания точек, что позволяет снизить сложность алгоритма, воспользовавшись представлением числа с помощью NAF (англ. non-adjacent form). $NAF(k)$ называется такое представление положительного числа k, при котором $k = \sum_{i=0}^{l-1} k_i 2^i$, где $k_i \in \{0, \pm 1\}, k_{l-1} \neq 0$ и не существует никаких двух последовательных ненулевых значений k_i [2]. Длина такого представления равняется l.

Пусть k – натуральное число. Тогда $NAF(k)$ этого числа обладает следующими свойствами:

1. $NAF(k)$ является уникальным для любого k.
2. $NAF(k)$ содержит минимально возможное количество ненулевых чисел в своем представлении.
3. Длина $NAF(k)$ в худшем случае на 1 больше бинарного представления числа k.
4. Если длину $NAF(k)$ обозначить как l, то $2^l/3 < k < 2^{l+1}/3$.
5. Среднее количество ненулевых цифр среди всех NAF длины l составляет приблизительно $l/3$.

$NAF(k)$ может быть эффективно вычислено по алгоритму, схожему по сложности с бинарным разложением числа, потому практически не

требует никаких дополнительных затрат. Алгоритм умножения точки эллиптической кривой на число при помощи $NAF(k)$ аналогичен рассмотренному ранее бинарному за исключением замены некоторых операций сложений на операции вычитания, т.е. сложения с противоположной точкой.

Как следует из свойств $NAF(k)$, вычислительная сложность данного алгоритма составляет приблизительно $\frac{tA}{3} + tD$, где t – длина бинарного представления числа k, A и D – сложности операций сложения и умножения соответственно. Следовательно, данный алгоритм требует на $t/6$ меньше операций сложения, чем алгоритм, рассмотренный первым, однако, требует предварительного вычисления $NAF(k)$. А раз алгоритм вычисления $NAF(k)$ обладает логарифмической сложностью относительно k, что незначительно по сравнению с операцией сложения точек эллиптической кривой, то в целом алгоритм на основе $NAF(k)$ оказывается эффективнее.

III. Использование $NAF_w(k)$

Выполнение предыдущего алгоритма может быть ускорено с использованием дополнительной памяти при помощи оконного метода, который обрабатывает w цифр числа k за один такт.

Пусть $w \geq 2$ – целое положительное число (назовем его шириной). $NAF_w(k)$ положительного числа k выражается как $k = \sum_{i=0}^{l-1} k_i 2^i$, где каждое ненулевое значение k_i нечетно, $\mid k_i \mid < 2^{w-1}, k_{l-1} \neq 0$ и по крайней мере одно из подряд идущих w чисел k_i является ненулевым [3]. l является длиной $NAF_w(k)$.

$NAF_w(k)$ обладает следующими свойствами:

1. $NAF_w(k)$ является уникальным для любого k.
2. $NAF_2(k) = NAF(k)$.
3. Длина $NAF_w(k)$ по крайней мере на единицу больше длины бинарного представления k.
4. Средняя плотность ненулевых чисел среди всех NAF_w с длиной l составляет приблизительно $l/(w+1)$.

При выполнении умножения точки с использованием $NAF_w(k)$ требуется предварительное вычисление результатов умножения точки P на степени числа 2. Потому при некоторой ширине w сложность предварительных вычислений сделает данный метод неэффективным. Оптимальное значение ширины w можно получить на основании практических исследований производительности.

IV. Практический анализ алгоритмов

Для практического анализа разработанных методов были выбраны рекомендованные NIST (Национальным институтом стандартов и технологий) кривые P-192, P-224, P-256, P-384, P-521 (цифра определяет размер модуля эллиптического поля в битах). Результаты исследования оптимальной ширины w для умножения с использованием $NAF_w(k)$ представлены на рисунке 1 (на оси абсцисс расположены значения ширины w, на оси ординат – относительное время выполнения умножения).

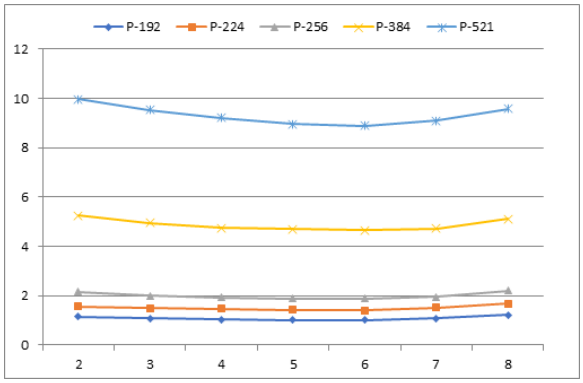


Рис. 1 – Умножение точки на число с использованием $NAF_w(k)$

По результатам практических испытаний можно заключить, что для данного набора кривых наилучшие результаты будут достигаться при $w = 5$.

На рисунке 2 представлен практический анализ выполнения умножения при помощи всех рассмотренных алгоритмов.

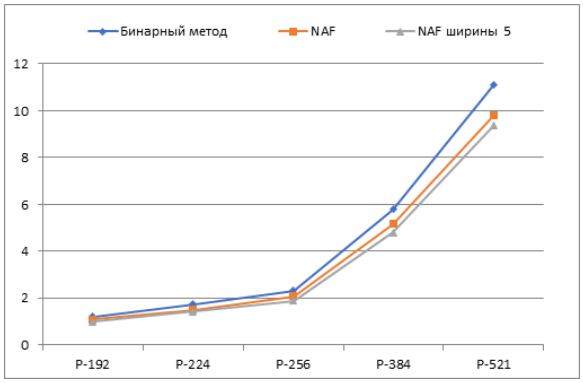


Рис. 2 – Сравнение методов умножения точки на число

Практические исследования показывают наилучшую производительность для метода на основе $NAF_w(k)$ с предварительно вычисленной оптимальной шириной $w = 5$ и наихудшую для бинарного метода, что совпадает с теоретическими оценками. В планы дальнейших исследований входит разработка и анализ более совершенных методов оптимизации умножения точки эллиптической кривой на число.

1. Hankerson, D. Guide to elliptic curve cryptography / D. Hankerson, A. Menezes, S. Vanstone – Springer-Verlag, New York, Inc, 2004 – P. 188-196.
2. Menezes, A. Handbook of applied cryptography / A. Menezes, P. Van Oorschot, S. Vanstone – CRC Press, 1997. – 810 с.
3. Schneier, B. Applied Cryptography. Protocols, algorithms and source code in C / B. Schneier – John Wiley & Sons, Inc., 1996. – 784 с.

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ К ОРИЕНТАЦИИ ЦЕЛИ В ПРОСТРАНСТВЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Свинарский М. В., Ярмолик С. Н., Зайко Е. В.
Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройсв, Военная академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: mechislav1993@gmail.com, yarmsergei@yandex.ru, zayko.eugene@mail.ru

В статье представлен способ оценки пространственной ориентации летательного аппарата. Показана возможность использования формируемых оценок в интересах адаптации эталонных радиолокационных портретов к условиям наблюдения цели. Эффективность предложенной методики подтверждена методом математического моделирования.

Введение и постановка задачи

На сегодняшний день элементы теории радиолокационного распознавания широко используются как в гражданской, так и в военной сферах деятельности. Результаты распознавания применяются при решении широкого круга задач: целераспределения, целеуказания, селекции целей, в медицинской и технической диагностике и т.п. Однако, несмотря на столь широкий интерес к задаче классификации объектов, существует ряд проблем, снижающих эффективность практического использования распознающих систем. Весьма важным является вопрос преодоления априорной неопределенности относительно параметров полезных сигналов и помех.

При решении задачи распознавания в радиолокационных системах в качестве классификационных признаков, как правило, используют радиолокационные портреты (РЛП) объектов наблюдения. Под РЛП понимают совокупность комплексных амплитуд отраженного сигнала, распределение квадратов модулей которых по анализируемой координате соответствует распределению мощности отраженного сигнала [1].

Процесс принятия решения о классе наблюдаемого объекта предполагает сопоставление реализации наблюдаемого РЛП с имеющимися эталонными портретами. Эффективность принимаемого решения во многом зависит от оптимальности процедуры обработки выделенного РЛП и степени соответствия портрета эталону. В [1] приведены результаты исследований характеристик распознавания при наличии рассогласования по ракурсу между наблюдаемым и эталонными портретами радиолокационного объекта. В ходе исследований наблюдалось уменьшение вероятности правильного распознавания в среднем до 30 процентов, что обуславливает необходимость процедуры адаптации эталонных портретов к условиям наблюдения.

В процессе пространственного перемещения летательный аппарат (ЛА) постоянно изменяет свою пространственную ориентацию относительно радиолокатора (см. рис. 2). В связи с этим при формировании совокупности эталонных портретов наблюдаемого объекта применительно к анализируемым условиям наблюдения возникает задача оценивания и учета пространственной ориентации объекта, наблюдаемого в системе координат (СК), связанной с линией визирования (ЛВ) цели.

Основная часть

Радиолокатор оценивает координаты объекта в земной СК, ось OX_g которой, направлена на север, ось OZ_g – на восток, ось OY_g ориентирована таким образом, чтобы образовалась правая тройка векторов. Пространственная ориентация объекта в связанной СК, ось OX которой совпадает с вектором скорости объекта, как правило, определяется с помощью углов Эйлера: углов рысканья, тангажа и крена [2]. Под углом рысканья (курса) ψ принято понимать угол между направлением оси OX_g и проекцией связанной оси OX на горизонтальную плоскость (см. рисунок 1.а) [2]. Угол тангажа ϑ – угол между горизонтальной плоскостью X_gOZ_g и направлением связанной оси OX (см. рисунок 1.б) [2]. Под углом крена γ понимают угол между вертикальной плоскостью, содержащей ось OX и вертикальной плоскостью симметрии летательного аппарата (см. рисунок 1.в) [2].

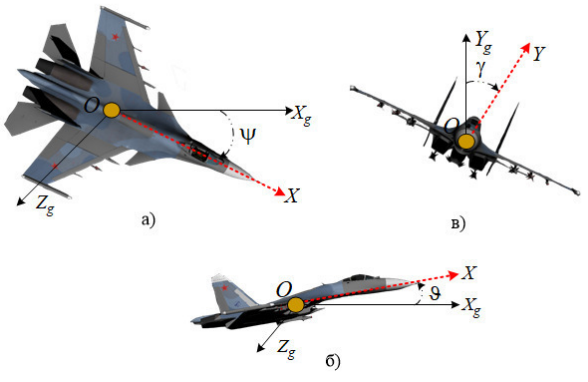


Рис. 1 – Опрделение угла: а – курса; б – тангажа; в – крена

РЛП наблюдаемого объекта, как правило, формируется относительно линии визирования. Следовательно, формирование эталонных РЛП

необходимо осуществлять применительно к текущей пространственной ориентации объекта. При этом процесс адаптации эталонных РЛП предполагает оценивание и учет углов, характеризующих пространственное положение ЛА в СК, связанной с линией визирования объекта.

Проведенные исследования позволили сформулировать методику оценивания углов, характеризующих пространственную ориентацию объекта в СК линии визирования. Данная методика предполагает следующие операции:

1. Расчет углов курса, тангажа, крена ЛА в земной СК.
2. Переход от связанной СК к земной СК (определяется положение связанной СК в земной).
3. Переход от земной СК к СК ЛВ (определяется положение земной СК в СК ЛВ).
4. Расчет углов курса и тангажа в СК ЛВ.
5. Переход от СК ЛВ к связанной СК (осуществляется коррекция углов курса и тангажа, обеспечивающая оценивание угла крена в СК ЛВ).
6. Расчет угла крена в связанной СК ЛВ.

Исходными данными для нахождения углов характеризующих пространственное положение цели относительно СК линии визирования являются измеренные прямоугольные координаты ЛА. С целью подтверждения работоспособности предложенной методики производилось математическое моделирование процесса оценивания пространственной ориентации ЛА при его полете по прямолинейной траектории с постоянной высотой (см. рис. 2).

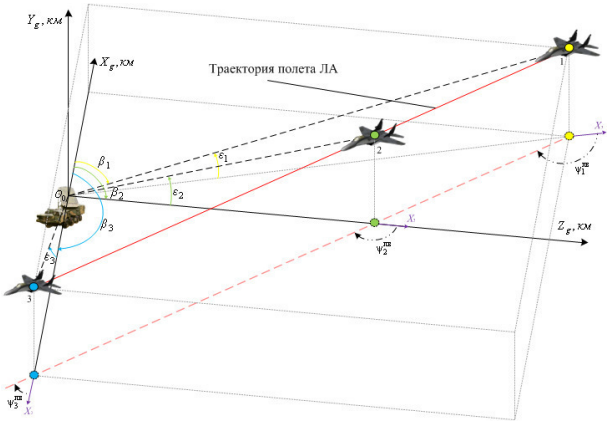


Рис. 2 – Траектория полета ЛА

Исходные данные для моделирования: начальная дальность полета ЛА 70 (км); начальный азимут полета ЛА 60 (град); начальная высота полета ЛА 10 (км); начальный курс полета ЛА 200 (град); период обзора РЛС 5 (с).

На рисунке 3 представлен результат расчета углов курса, тангажа, крена в СК ЛВ, проводимый по разовым оценкам прямоугольных координат, а также истинные значения углов.

Приведенные результаты показывают, что оценки углов ориентации объекта, формируемые по разовым оценкам прямоугольных координат, характеризуются большим разбросом значений, что не позволит использовать их в процессе адаптации РЛП к условиям наблюдения. С целью повышения точности измерения истинных углов необходимо использовать не разовые оценки прямоугольных координат объекта, а их фильтрованные значения [3].

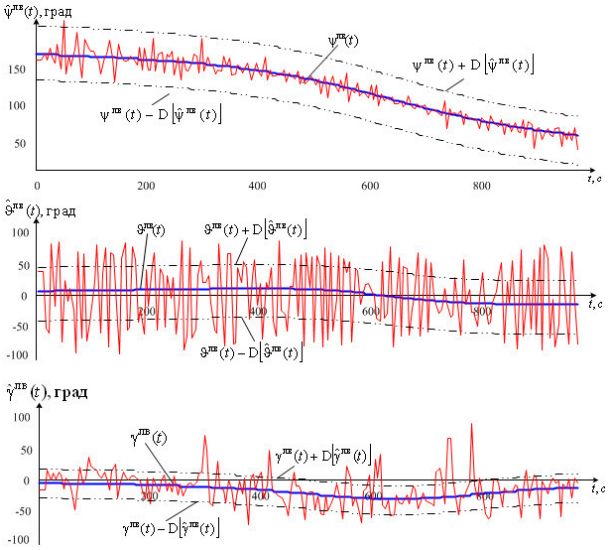


Рис. 3 – Измеренные значения углов курса, тангажа, крена по разовым оценкам прямоугольных координат в СК ЛВ

На рисунке 4 представлены измеренные значения угла курса, формируемые на основе фильтрованных значений прямоугольных координат радиолокационного объекта.

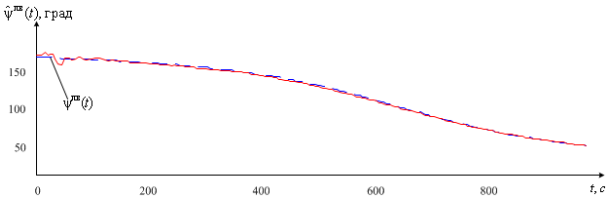


Рис. 4 – Измеренные значения угла курса по фильтрованным оценкам прямоугольных координат в СК ЛВ

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности предложенной методики, подтверждая возможность решения задачи адаптации эталонных РЛП наблюдаемого объекта к текущим условиям его наблюдения.

1. Свинарский, М. В. Влияние ракурса наблюдения на эффективность классификации радиолокационных объектов / М. В. Свинарский, С. Н. Ярмолик, А. С. Храменков. // Доклады БГУИР, 2017 г. – №2. С. 31–38.
2. Колесников, А. А. Новые нелинейные методы управления полетом / А. А. Колесников. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. –196 с.
3. Фарина, А. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей / А. Фарина, Ф. Студер. — М.: Радио и связь, 1993. –320 с.

МЕТОДЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Дрозд П. С., Адуцкевич И. А.
Факультет радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {drozdps, dutsik}@gmail.com

В работе приведен способ решения задачи сегментации рынка, основанный на применении самоорганизующихся карт Кохонена и иерархического кластерного анализа. Для предварительной обработки данных были использованы методы Z-оценки и главных компонент. Были получены хорошие результаты в ходе проверки рассматриваемого подхода на реальных данных. Данный подход устраняет необходимость изменения архитектуры искусственной нейронной сети при изменении числа кластеров, что положительно сказывается на скорости работы при разведочном анализе данных в рамках определения маркетинговой стратегии предприятия. На языке R был реализован инструментарий, позволяющий нетехническим специалистам проводить кластеризацию данных клиентов, а также имеющий возможность интеграции с CRM-системами.

Введение

В рамках экономической теории выделяют понятия целевого рынка и целевого сегмента. Целевой рынок – это определённая группа потребителей, на которую таргетируется предложение товара или услуги. Целевой сегмент – это однородная группа потребителей целевого рынка предприятия. Под сегментированием рынка будем понимать выделение определённых групп потребителей, для каждой из которых могут потребоваться различные подходы в маркетинговой стратегии предприятия. Решать задачу сегментирования рынка будем с помощью кластеризации потребительских данных. На сегодняшний день существует тенденция того, что компании размещают свою ИТ-инфраструктуру в облачных системах (например, CRM Salesforce, Demandware). Поэтому выбираемый алгоритм должен быть масштабируемым и как можно более эффективно использовать возможность параллельных вычислений. Этому условию удовлетворяют самоорганизующиеся карты Кохонена. Тем не менее, карты Кохонена обладают рядом недостатков (необходимость перепроектирования архитектуры при изменении числа кластеров, возможность работы только с вещественными значениями и т.д.) [1], которые могут быть устранены с помощью описанного в работе метода.

Архитектура самоорганизующейся карты Кохонена состоит из двух слоёв – распределительного входного и выходного слоя Кохонена. Нейроны находятся в узлах двумерной сетки. Спецификой применения данного подхода является упорядоченность нейронов в этой сетки. Это свойство позволит поддерживать топологическое распределение объектов входного множества по группам. В связи с этим, использование карты Кохонена позволяет одновременно с кластеризацией данных решить задачу визуализации.

I. Анализируемый набор данных

Были выделены следующие этапы решения поставленной задачи интеллектуального анализа данных:

1. Предварительная визуализация и исследование данных с помощью гистограмм, диаграмм рассеяния;
2. создание новых переменных (feature creation) и очистка данных (data clean);
3. снижение размерности (метод главных компонент);
4. проектирование архитектуры карты Кохонена;
5. кластеризация главных компонент картой Кохонена, получение векторов весов нейронов;
6. кластеризация весов нейронов иерархическим способом
7. анализ полученных результатов.

Метод был апробирован на наборе данных «Ta-Feng», который выложен в свободный доступ компанией ACM RecSys. Он содержит информацию о покупках различных товаров, совершённых более чем 32 тысячами уникальных клиентов. Всего в наборе содержится 817741 запись, каждая из которых описывает совершённую покупателем транзакцию с помощью 9 характеристик (дата проведения платежа, тип товара, сумма транзакции и т.д.).

II. Предварительная обработка данных

Так как решалась задача кластеризации покупателей, была необходима структура данных в виде матрицы размера n на c, где n – количество покупателей, c – число характеристик [2]. «Ta-Feng» содержит данные о 32366 уникальных пользователей, однако впоследствии это значение оказалось несколько меньше. Это связано с удалением данных, содержащих сильные выбросы. На этапе создания новых переменных было

получено 29-мерное пространство признаков (см. рис. 1).

```
> str(features)
Classes 'data.table' and 'data.frame':  32266 obs. of  29 variables:
 $ customer_id              : int  1069 1113 1250 1359 1823 2189 3667 4282 4381 4947 ...
 $ age_group                : num  11 11 4 11 11 11 11 10 4 11 ...
 $ address                  : num  1 2 3 7 3 5 7 1 7 3 ...
 $ transactionNumber        : num  11 18 14 3 14 62 13 9 11 36 ...
 $ itemNumber               : int  16 23 18 4 25 141 26 9 13 40 ...
 $ totalSpend               : int  1944 2230 1583 364 2607 14056 11509 967 701 3363 ...
 $ productNumber            : num  10 17 14 3 13 58 10 9 11 35 ...
 $ basketNumber             : num  11 18 14 3 14 62 13 9 11 36 ...
 $ subclassNumber           : num  9 15 9 3 9 42 9 8 10 33 ...
 $ maxItemNumberPerDay      : int  9 9 13 4 16 89 11 7 13 24 ...
 $ meadianItemNumberPerDay  : num  2.5 5.5 9 4 6 70.5 6 4.5 13 20 ...
 $ minItemNumberPerDay      : int  2 3 5 4 3 52 3 2 13 16 ...
 $ maxTotalSpendPerDay      : int  971 628 849 364 1256 9078 8960 796 701 1875 ...
 $ medianTotalSpendPerDay   : num  393 591 792 364 918 ...
 $ minTotalSpendPerDay      : int  187 420 734 364 433 4978 329 171 701 1488 ...
 $ maxSubclassNumberPerDay  : num  5 6 6 3 6 30 6 6 10 20 ...
 $ medianSubclassNumberPerDay: num  2 4.5 4.5 3 3 23 2.5 4 10 17 ...
 $ minSubclassNumberPerDay  : num  1 2 3 3 1 16 1 2 10 14 ...
 $ subsclassPopularityA     : num  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
 $ subsclassPopularityB     : num  0 0 0 0 0.0714 ...
 $ subsclassPopularityC     : num  0 0 0.143 0 0 ...
 $ subsclassPopularityD     : num  0 0.111 0.143 0 0.143 ...
 $ subsclassPopularityE     : num  1 0.889 0.714 1 0.786 ...
 $ meanItemCost             : num  121.5 97 87.9 91 104.3 ...
 $ maxItemCost              : num  425 268 395 119 245 399 2590 155 115 269 ...
 $ totalProfit              : int  15 241 354 104 498 3289 1107 179 165 479 ...
 $ profitMargin             : num  0.772 10.807 22.363 28.571 19.102 ...
 $ profitPerBasket          : num  3.75 60.25 177 104 166 ...
 $ weekendPercent           : num  0.75 0.75 1 0 0 0.5 0 0.5 1 1 ...
 - attr(*, "sorted")= chr "customer_id"
 - attr(*, ".internal.selfref")=<externalptr>
```

Рис. 1 – Характеристики, полученные на этапе «feature creation»

Метод Z-оценки позволил удалить сильные выбросы в исходных данных. Эта оценка рассчитывается следующим образом:

$$z = \frac{x - \mu}{SE} = \frac{x - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

где x – значение случайной величины, μ – математическое ожидание, SE – стандартная ошибка, σ – среднеквадратичное отклонение генеральной совокупности, n – объём выборки [2]. При выборе максимального стандартного отклонения $\delta_{max} = 6$ было потеряно всего 3.9% исходных данных - около 30 тысяч записей.

Для уменьшения размерности пространства признаков нами был применён метод главных компонент (PCA)[3], который с помощью линейного преобразования, задаваемого матрицей $\mathbf{A}$, представляет исходные данные (матрица $\mathbf{X}$) в виде нового набора $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, ..., Zp)$. Столбцы $Z_1, Z_2, ..., Zp$ называются главными компонентами, причем можно выделить $m \ll p$ первых главных компонент, которые обеспечивают требуемую долю дисперсии γ. В результате применения метода было получено 8 первых главных компонент, которые вносят 93.4% дисперсии в исходные данные, что можно считать хорошим результатом. Таким образом, размерность данных была снижена с 29 до 8.

III. Проектирование и обучение карты Кохонена

В качестве архитектуры карты Кохонена была выбрана сетка размером 20 на 20 нейронов с шестиугольной формой ячеек. В результате обучения были получены весовые векторы всех 20x20=400 нейронов карты. Далее мы выполнили иерархическую кластеризацию полученных весовых векторов нейронов, а предполагаемое количество кластеров выбрали равным 6. Существенным достоинством такого подхода является то, что при изменении количества кластеров не требуется повторение этапов проектирования и обучения карты Кохонена. Для этого нужно только выбрать определённый уровень на дендрограмме, полученной на этапе иерархической кластеризации.

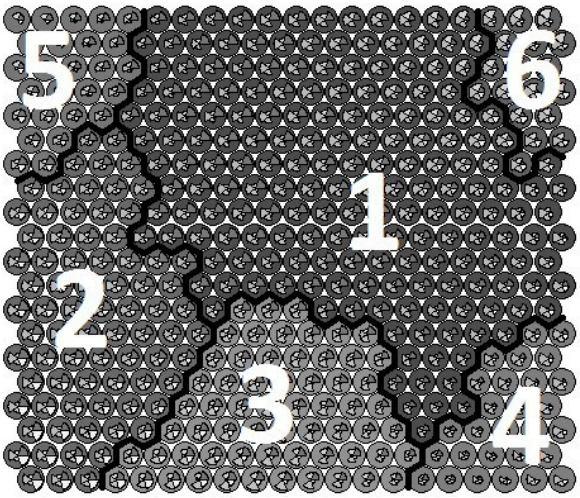


Рис. 2 – Результат кластеризации 32 тысяч клиентов из набора данных «Ta-Feng»

Приведём пример использования полученной информации маркетинговыми стратегами предприятия. В кластер 6 (см. рис. 2) попали преимущественно VIP-покупатели, которые совершают мало очень дорогих покупок, причем выручка компании от этого кластера минимальна. В свою очередь, большой доход приносят покупатели из кластера 5, который составляют преимущественно пожилые люди. Рост заинтересованности в товарах верхней ценовой категории для таких людей наблюдается по выходным дням. Следовательно, бизнесу стоит задуматься о расширении маркетинговой деятельности среди пожилых людей и распродажах по выходным дням.

Заключение

Описанный подход показал хорошие результаты на реальных данных. Методы Z-оценки и главных компонент делают возможным автоматизировать процесс подготовки информации и выбора значимых характеристик. Иерархический кластерный анализ в сочетании с картой Кохонена позволяют изменять число кластеров без необходимости повторять этапы проектирования и обучения модели, что хорошо сказывается на общем времени решения задачи интеллектуального анализа данных. На практике этот подход будет применяться при разработке модуля анализа данных для платформы Salesforce с возможностью его использования нетехническими специалистами.

1. Kohonen, T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition) / T. Kohonen // New York – 2001.-502 p.
2. Kaufman, L. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis / L. Kaufman, P. J. Rousseeuw // John Wiley Sons, Inc – 2005.-342 p.
3. Яцков, Н. Н. Интеллектуальныи анализ данных: метод. указания к лабораторным работам / Н. Н. Яцков, И. П. Шингарев // Минск:БГУ. – 2012.-51 с.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ G-СЕТИ С НЕСКОЛЬКИМИ ТИПАМИ ЗАЯВОК И ЕЕ ПРИМЕНЕНИИ

Науменко В. В.
Кафедра стохастического анализа и эконометрического моделирования,
Гродненский государственный университет им. Я. Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: victornn86@gmail.com

В данной работе рассматривается вопрос о перезапуске в сценарии, когда перезапуск применяется многими пользователями в сети, который может быть смоделирована как G-сеть. Отрицательные заявки моделируют аварийное завершение работы сценария и повторную отправку запроса. Объектом исследования является открытая марковская сеть массового обслуживания (СеМО) с несколькими типами положительных заявок с фазовым типом распределения их времени обслуживания и одним типом отрицательных заявок. Под отрицательными заявками понимаются сигналы, воздействие которых заключается в перезапуске одной заявки в очереди. Целью исследования является анализ такой сети в переходном (нестационарном) режиме, нахождение вероятностей состояний сети, зависящих от времени и средних характеристик.

Введение

Перезапуск — это общая методика для улучшения времени отклика в сложных системах, где причины задержек не могут быть обнаружены, распознаны или устранены пользователем. При перезапуске пользователь отменяет текущее задание, превышающее установленный срок, и немедленно передает его в систему. Во многих распространенных сценариях такой подход может сократить время реагирования, которое испытывает пользователь.

Механизм перезапуска известен большинству людей, поскольку в повседневной жизни существует много ситуаций, когда нетерпеливый клиент после некоторого времени ожидания отказывается дольше ждать завершения своей работы, отменяет задание и перезапускает его. Загрузка через Интернет – это наиболее широко известная ситуация, при которой выгоден перезапуск. Также существует много других случаев. Хотя перезапуск часто является изящным и простым решением, он может также негативно сказаться на системе, к которой он применяется, поскольку перезапуск может фактически означать увеличение нагрузки на систему, тем самым усугубляя проблему, которую она должна решать. Поэтому часто необходим тщательный выбор интервала перезапуска.

I. Практические области применения. Этапы исследования

В последние годы были изучены некоторые аспекты проблемы перезапуска. В [1] предложена стохастическая модель перезапуска для минимизации времени завершения работы. Вероятность завершения задания при перезапуске была максимизирована в [2]. В этих работах авторы рассматривали индивидуального пользователя, выдавшего независимые задания, которые были завершены в соответствии с некоторым распределением времени завершения.

В этой работе рассмотрим случай, когда перезапуск применяется несколькими пользователями в одном или нескольких совместно используемых ресурсах. В качестве модели будем использовать G-сети с сигналами. Сигналы в нашей модели перезапускаются, поскольку они удаляют случайное задание в очереди. Перезапущенное задание возвращается в очередь системы сети в виде заявок другого типа, что позволяет смоделировать другую интенсивность обработки при перезапуске. В нашей модели будем использовать распределения фазового типа (PH) для распределения времени обслуживания [3], чтобы иметь возможность отражать характеристики реальных систем. Такое распределение являются более общими, чем экспоненциальное распределение.

Теория очередей с сигналами получила значительное внимание со времени оригинальной статьи о положительных и отрицательных заявках [4], опубликованной Е. Геленбе 26 лет назад. Заявки перемещаются с сервера на сервер, они ожидают обслуживания, но не взаимодействуют между собой. Для изменения этих правил использовались сигналы. В G-сети с сигналами заявкам разрешается изменять сигналы по завершении их обслуживания и сигналы взаимодействуют при их прибытии в очередь с заявками, уже присутствующими в очереди. Кроме того, сигналы никогда не ставятся в очередь. Они пытаются взаимодействовать с клиентами и немедленно исчезают.

Впервые в [5] сигналы были введены как отрицательная заявка. Отрицательная заявка удаляет положительную по ее прибытию в очередь. Отрицательная заявка никогда не ставится в очередь. Положительные заявки – обычные заявки, которые поставлены в очередь и получают обслу-

живание или удаляются отрицательными заявками. При типичных предположениях для марковских СеМО (входящий пуассоновский поток для обоих типов заявок, экспоненциальное время обслуживания для положительных заявок, марковская маршрутизация заявок, открытая топология, независимость) Е. Геленбе доказал, что такая сеть имеет мультипликативную форму решения для ее устойчивого распределения [6].

В настоящее время описание, предложенное Чао и его соавторами в [7], выглядит достаточным для изучения СеМО с сигналами. Совсем другой подход, основанный на алгебре стохастических процессов, был предложен Харрисоном [8, 9]. Эти методы были использованы для изучения многих новых сигналов: триггеры, которые перенаправляют заявки из очередей, катастрофы, которые выгружают все заявки из очереди [10, 11], сбрасывают [12], синхронизируют входящие потоки в набор очередей [13], сигналы, изменяющие тип заявки на обслуживании [14].

Здесь представляется новый результат для G-сетей, где влияние сигнала – перезапустить обслуживание заявок. Время обслуживания соответствует распределениям PH, которые зависят от типа заявки.

II. Основной результат

В работе проведено исследование в нестационарном режиме G-сети с несколькими типами положительных заявок с фазовым типом распределения их времени обслуживания и одним типом отрицательных заявок. Причем, под отрицательными заявками подразумевались сигналы, воздействие которых заключается в перезапуске одной заявки в очереди.

Для нестационарных вероятностей состояний сети выведена система разностно-дифференциальных уравнений (РДУ) Колмогорова. Предложена методика для нахождения вероятностей состояний. Она основана на использовании модифицированного метода последовательных приближений, совмещённого с методом рядов. Любое последовательное приближение представимо в виде сходящегося степенного ряда с бесконечным радиусом сходимости, коэффициенты которого удовлетворяют рекуррентным соотношениям, что является удобным при расчётах на компьютерах.

Чтобы получить среднюю задержку в очередях, можно применять закон Литтла. Сигналы могут увеличить размер очереди. В общем случае необходимо учитывать все эти увеличения размера очереди при вычислении интенсивности поступления в очередь. В нашей ситуации сигналы не увеличивают число заявок. Таким образом, интенсивность поступления в законе Литтла – это как раз поступление реальных заявок.

Полученные результаты, могут использоваться для оценки эффектов перезапуска в сервис-ориентированных системах. Они могут применяться как разработчиком или оператором таких систем, так и пользователем услуг. Например, разработчику или оператору системы может быть интересно, будет ли система стабильной при перезапуске и для какого диапазона стабильности интервалов перезапуска сохраняется.

III. Список литературы

1. Moorsel, P. A. Analysis of restart mechanisms in software systems / P.A. Moorsel, K. Wolter // IEEE Transactions on Software Engineering. – 2006. – Vol. 2, № 8. – P. 547–558.
2. Moorsel, P. A. Optimal restart times for moments of completion time / P.A. Moorsel, K. Wolter // IEE Proceedings Software. – 2004. – Vol. 151. – № 2. – P. 219–223.
3. Neuts, F. Matrix-Geometric Solutions in Stochastic Models: An Algorithmic Approach / F. Neuts // The Johns Hopkins University Press. – 1981.
4. Gelenbe, E. Product-form queuing networks with negative and positive customers / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1991. – Vol. 28. – P. 656—663.
5. Gelenbe, E. G-networks with triggered customer movement / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1993. – Vol. 30. – P. 742—748.
6. Gelenbe E. Stability of G-networks / E. Gelenbe, R. Schassberger // Probability in the Engineering and Informational Sciences. – 1992. Vol. 6. – P. 271–276.
7. Chao, X. Queueing Networks Customers, Signals and Product Form solutions / X. Chao, M. Miyazawa, M. Pinedo // John Wiley and Sons. – 1999.
8. Harrison, P.G. Compositional reversed Markov processes, with applications to G-networks / P. G. Harrison // Perform. Eval. – 2004. – Vol. 57. – №3. – P. 379–408.
9. Harrison, P.G. Turning back time in Markovian process algebra / P. G. Harrison // Theoretical Computer Science. – 2003. – Vol. 290. – №3. – P. 1947—1986.
10. Gelenbe, E. G-networks with instantaneous customer movement / E. Gelenbe // Journal of Applied Probability. – 1993. – Vol. 30. – №3. – P. 742—748.
11. Gelenbe, E. G-networks with signals and batch removal / E. Gelenbe // Probability in the Engineering and Informatonal Sciences. – 1993. – Vol. 7. – P. 335—342.
12. Gelenbe, E. G-networks with resets / E. Gelenbe, J.-M. Fourneau // Perform. Eval. – 2002. – Vol. 49. – №1–4. – P. 179—191.
13. Thu-Ha Dao-Thi G-networks with synchronised arrivals / Thu-Ha Dao-Thi, J.-M. Fourneau, Minh-Anh Tran // Perform. Eval. – 2011. – Vol. 68. – №4. – P. 309—319.
14. Thu-Ha Dao Thi Networks of symmetric multi-class queues with signals changing classes / Thu-Ha Dao Thi, J.-M. Fourneau, Minh-Anh Tran. // Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications. – 17th International Conference. – 2010. – Vol. 6148. –P. 72–86.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА АТРИБУТОВ ЭКЗОНОВ ГЕНОВ

Волков А. В.[1], Яцков Н. Н.[1], Гринев В. В.[2]
[1]Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, [2]кафедра генетики, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: andrei@cybergizer.com, yatskou@bsu.by, grinev_vv@bsu.by

В работе предложен алгоритм для генерации многомерных наборов данных, учитывающий информативность подгрупп признаков. Проведено исследование алгоритмов отбора признаков на смоделированных данных. Представлены результаты исследования точности классификации экзонов генов в зависимости от числа отобранных признаков.

Введение

Онкологические болезни определяются наличием экспрессированых онкогенов. Гены состоят из экзонов и энтронов. Особый интерес представляют экзоны. Из экзонов формируются транскрипты РНК. На основе транскриптов РНК происходит синтез белка в клетке. В качестве признаков экзонов могут выступать как свойства нуклеотидных последовательностей, так и свойства экзонов измеренные экспериментальным путем. Каждый экзон характеризуется большим количеством признаков. Для увеличения точности анализа экзонов (например, для решения задач классификации и кластеризации) следует оставить только информативные признаки. Выбор наиболее значимых признаков экзонов гена, в том числе и онкогена, является малоисследованной задачей.

Вычислительные возможности современной техники позволили разработать большую базу алгоритмов отбора признаков объектов данных [1]. Однако выбор оптимального алгоритма анализа не является тривиальной задачей и часто делается интуитивно, что, в свою очередь, приводит к ошибкам интерпретации результатов анализа. Задачу выбора оптимального алгоритма можно упростить, используя имитационное моделирование и синтетические данные. Существующие имитационные модели генерации кластеров многомерных данных имеют ряд ограничений [2], среди которых наиболее существенным является невозможность явной задачи степени информативности признака или подгрупп признаков.

Цель работы – разработка имитационной модели учитывающей информативности признаков объектов данных и исследование алгоритмов автоматического выбора атрибутов экзонов генов человека.

I. Методология

Входные параметры имитационной модели: число кластеров в генерируемом наборе данных; число и размеры подгрупп признаков с заданной степенью разделимости между кластером и ближайшими к нему кластерами; число шумовых признаков; число выбросов в данных; размеры кластеров; параметр формы кластеров (эллиптическая и сферическая формы). Блок схема алгоритма имитационного моделирования представлена на рис. 1.

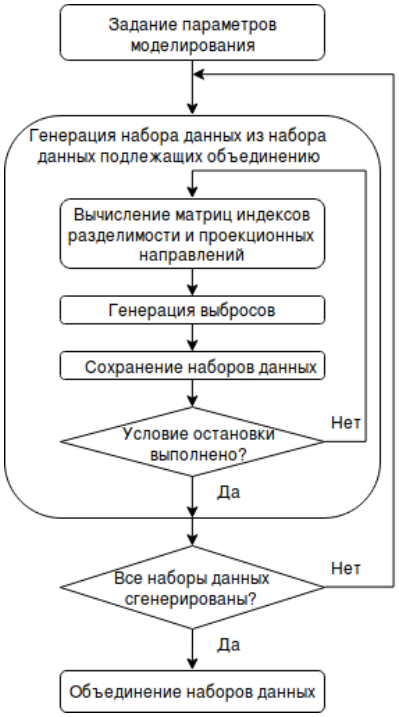


Рис. 1 – Блок схема алгоритма имитационного моделирования

Среди алгоритмов отбора признаков широкое рапространение получили методы-фильтры [1], что обусловлено легкостью их проектирования и простой структурой. В настоящей работе были выбраны популярные и универсальные методы-фильтры: алгоритм счёта Фишера [1], алгоритм Relief-F [2] и алгоритм минимальная избыточность-максимальная релевантность [3].

Оценка эффективности алгоритмов отбора признаков выполена по методу к-ближайших соседей [4].

Экспериментальные данные взяты из базы данных Ensembl [5] и содержат 1762 уникальных экзона. Каждый экзон характеризуется 178 численными признаками. Для каждого из экзонов указана принадлежность к модельному гену человека. Совокупное число генов — 14. Разработанные алгоритмы реализованы на языках программирования R и Python.

II. Результаты

Исследована эффективность алгоритмов отбора признаков на смоделированных данных в условиях большого числа шумовых признаков, для различного числа кластеров данных и различной разделимости между кластерами. Все исследуемые алгоритмы отбора признаков продемонстрировали способность выделять значимые признаки на фоне шумовых признаков. Некоторые результаты представлены на рис. 2 и рис. 3.

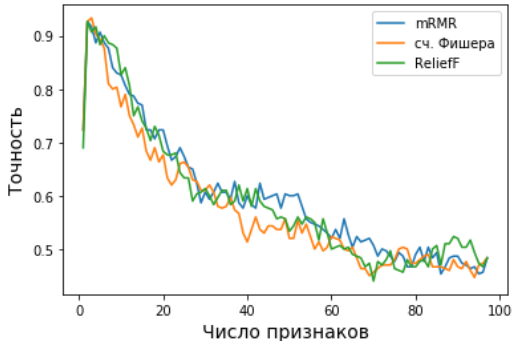


Рис. 2 – Зависимость точности классификации объектов от количества признаков для 3 классов в условиях плохой разделимости

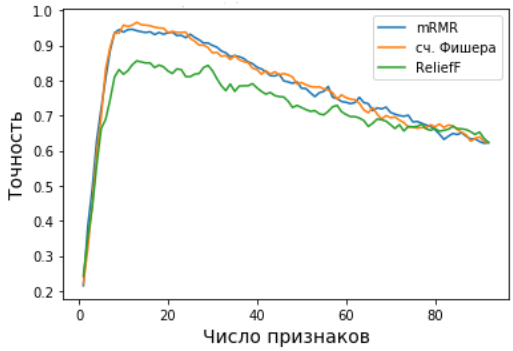


Рис. 3 – Зависимость точности классификации объектов от количества признаков для 10 классов в условиях хорошей разделимости

Исследована эффективность алгоритмов отбора признаков на примерах классификации экзонов генов человека. Установлен факт значимой разделимости между экзонами принадлежащими различным генам. Наилучшая точность классификации достигается при классификации наборов, состоящих из двух генов и принимает значение 0.95. Некоторые результаты представлены на рис. 4 и рис. 5.

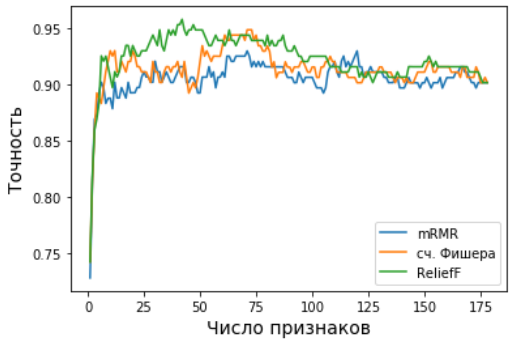


Рис. 4 – Зависимость точности классификации экзонов от количества признаков для 2 генов

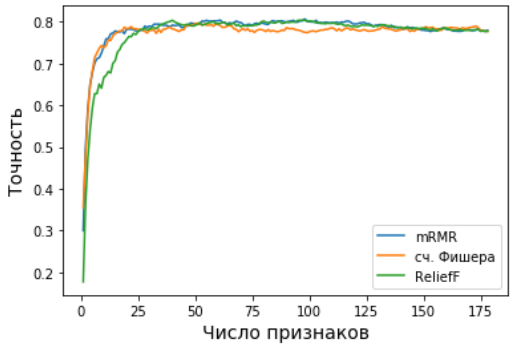


Рис. 5 – Зависимость точности классификации экзонов от количества признаков для 14 генов

III. Выводы

В работе реализован алгоритм имитационного моделирования многомерных наборов данных с учетом информативности признаков объектов. Алгоритм позволяет осуществлять оптимальный выбор наиболее эффективных алгоритмов отбора признаков для решения задач классификации различной сложности.

Разработанные алгоритмы позволяют классифицировать экзоны 14 генов на небольшом наборе наиболее информативных признаков с точностью 0.78.

IV. Список литературы

1. Feature Selection: A Data Perspective [Electronic resource] / J. Li, K. Cheng, S. Wang, F. Morstatter, R. Trevino, J. Tang, H. Liu, 2016. – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1601.07996. – Date of access: 3.09.2017.
2. Qiu, W.L. Generation of Random Clusters with Specified Degree of Separaion / W.L. Qiu, H. Joe // Journal of Classification. – Vol. 23(2). – 2005. – P. 315–334.
3. Peng H. C. Feature selection based on mutual information: criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy. / H. C. Peng, F. Long, C. Ding // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2005. – Vol. 27, № 8. – P. 1226–1238.
4. Novaković, J. Toward optimal feature selection using ranking methods and classification algorithms / J. Novaković // Yugoslav Journal of Operations Research. – 2016. – Vol. 21, № 1. – P. 132.
5. Aken, B. L. The Ensembl gene annotation system. B.L. Aken, S. Ayling, D. Barrell, L. Clarke, V. Curwen, S. Fairley, J. Fernandez Banet, K. Billis, C. Garcia Giron, T. Hourlier, et al. (2016) Database (Oxford), doi: 10.1093/database/baw093

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ СИГНАЛА

Мелещеня Д. В., Бранцевич П. Ю.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: meleshchenya@gmail.com, branc@bsuir.edu.by

Преобразование Гильберта-Хуанга используется для исследования нестационарных и нелинейных систем. Ключевой частью этого метода анализа данных является декомпозиция исходного сигнала на внутренние эмпирические моды. В классическом методе, предложенном Хуангом для построения мод, используется интерполяция кубическими сплайнами кривых, полученных выделением максимумов и минимумов исходного сигнала. Данная процедура является достаточно трудоемкой, поэтому в данной работе предлагается использовать неоднородную вычислительную систему для сокращения времени вычислений.

Введение

Анализ данных нашел свое применение как в теоретических исследованиях, так и на практике, помогая выявить ключевые характеристики сигналов, полученных в результате измерения физических величин или численного моделирования. Проблема заключается в том, что зачастую эти данные нестационарные или отражают нелинейные процессы. Для исследования сигналов такого рода отлично подходит преобразование Гильберта-Хуанга. Это возможно благодаря ключевой особенности данного метода анализа – отсутствие предварительно заданного базиса разложения. Вид базисных функций в данном случае определяется непосредственно характеристиками исходного сигнала.

I. Эмпирическая модовая декомпозиция

Преобразование Гильберта-Хуанга производится в два основных этапа. На первом этапе производится эмпирическая модовая декомпозиция (empirical mode decomposition, EMD) исходного сигнала. Второй этап – преобразование Гильберта, выполняемое над результатами декомпозиции для вычисления мгновенных фазы и частоты (Hilbert spectral analysis, HSA).

Декомпозиция на модовые функции – итеративная процедура, ставящая в соответствие исходному сигналу набор эмпирических мод (intrinsic mode functions, IMF). В классическом определении данном Хуангом IMF представляет функцию, удовлетворяющую следующим двум условиям: на всем наборе данных количество пересечений оси абсцисс и экстремумов должно быть равно или отличаться на единицу; в любой точке среднее значение огибающих определяемых максимумами и минимумами должно быть равным нулю. Этим обеспечивается корректность, с физической точки зрения, результатов преобразования Гильберта.

Фактически алгоритм модовой декомпозиции, или просеивания, сводится к следующему. Строятся верхняя и нижняя огибающие, для нахождения которых выделяются локальные максимумы (для верхней) и минимумы (для нижней) на которых строятся интерполяционные сплайны, представляющие собой искомую функцию. Следующим этапом является нахождение разности между средним значением огибающих и исходным сигналом. Далее, если остаток удовлетворяет критерию остановки, он считается очередной модовой функцией, в противном случае разность принимают за исходный сигнал и алгоритм повторяется. В простейшем случае в качестве критерия остановки может выступать выполнение фиксированного количества итераций. После нахождения IMF, ее вычитают из исходного сигнала и, если разность не является монотонной функцией, то алгоритм просеивания повторяется [3]. На рисунке 1 изображен исходный сигнал (Source) и результат его разложение на модовые функции (IMF1-3).

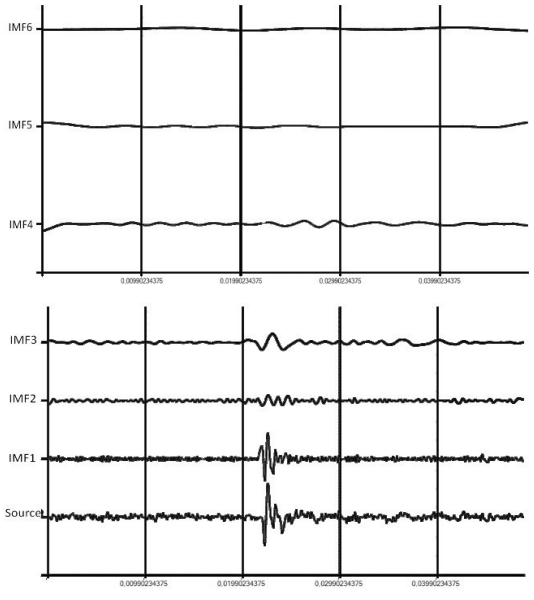


Рис. 1 – Пример разложения исходного сигнала на эмпирические модовые функции (IMF)

II. Декомпозиция сигнала с использованием графического процессора

Ощутимую часть времени в приведенном алгоритме занимает построение огибающих. Поэтому ускорение этого этапа обеспечивает сокращение времени выполнения модовой декомпозиции в целом. Следует отметить, что сигнал в общем случае представляет собой достаточно длинную последовательность точек, так что устранение зависимости между ними в процессе расчета и их параллельная обработка позволяет добиться прироста производительности. Для достижения высокой степени параллелизма предлагается использовать гетерогенную вычислительную систему, состоящую из процессора общего назначения (central processing unit, CPU) и графического процессора (graphics processing unit, GPU). Такой выбор обусловлен тем, что в силу своих архитектурных особенностей, GPU обеспечивает одновременный запуск большого числа потоков, выполняющих вычисления. CPU в данной связке служит для координации работы системы в целом. В качестве платформы реализации был выбран фреймворк OpenCL, предназначенный для написания и запуска вычислений на различных аппаратных платформах [1].

Для построения огибающей используется сплайн Катмула-Рома [2]. Суть метода заключается в том, что для каждого интервала исходной функции находится свой полином, описывающий кривую на данном участке. При этом значение в некоторой точке произвольного интервала определяется по формуле 1. В этой формуле

$$t = (x - x_k) / \left(x_{(k+1)} - x_k\right),$$

$$m_n = \left(p_{(n+1)} - p_{(n-1)}\right) / \left(t_{(n+1)} - t_{(n-1)}\right),$$

$h_{00}, h_{01}, h_{01}, h_{11}$ – базисные функции Эрмита.

Поскольку вычисление значений на каждом интервале не зависит от значений на других интервалах, расчет для каждого отрезка выполняется в отдельном потоке на отдельном вычислительном ядре GPU. Таким образом, с учетом программной модели OpenCL, итерация алгоритма модовой декомпозиции состоит из следующих этапов:

1. определение максимумов и минимумов исходного сигнала;
2. копирование исходного сигнала и массивов экстремумов в память устройства (GPU);
3. построение сплайнов огибающих;
4. вычисление среднего и разности между средним и исходным сигналом;
5. вычисление критерия остановки (в простейшем случае увеличение счетчика на единицу);
6. если критерий достигнут – эмпирическая мода найдена – скопировать моду в память хоста;
7. если критерий не достигнут – скопировать разность в участок памяти с исходным сигналом и повторить этапы 3-5.

Заключение

В результате разработано программное средство, позволявшее производить декомпозицию сигнала на внутренние модовые функции с использованием графического процессора. Для построения огибающих использованы сплайны Катмула-Рома. На рисунке 2 отображены результаты экспериментов на графическом адаптере AMD Radeon HD 6470M и Intel Core i7-4790. Из представленных графиков видно, что данная реализация эффективна для анализа последовательностей размер которых превышает $8*10^4$ точек. В противном случае затраты на копирование данных из памяти доступной центральному процессору в память вычислительного устройства составляют существенную часть времени, что делает неэффективным применение GPU.

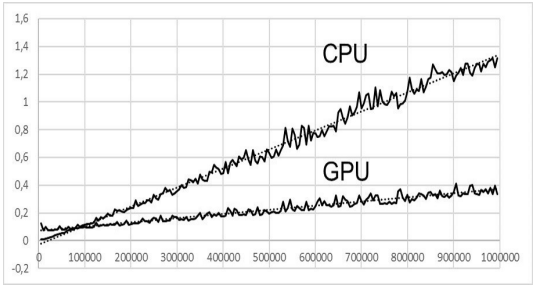


Рис. 2 – Сравнение зависимости времени декомпозиции сигнала от его длины при запуске на гарфическом и центральном процессорах

1. Munshi, A. The OpenCL Specification / A. Munshi // Khronos OpenCL Working Group. – March 2014.
2. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
3. Huang, N. E. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis / N. E. Huang, Z. Shen [and other]. – Proc. R. Soc. Lond. A., 1998. – T.454. – P. 903-995.

$$p(x) = h_{00}(t)\, p_k + h_{01}(t)\, p\,(x_{k+1} - x_k)\, m_k + h_{01}(t)\, p_{k+1} + h_{11}(t)\,(x_{k+1} - x_k)\, m_{k+1}, \qquad (1)$$

БЕЗОПАСНОСТЬ СЕГМЕНТОВ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Кульгавик С. Г., Буй П. М.
Кафедра «Системы передачи информации», Белорусский государственный университет транспорта
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kalashnikovn27.sk@gmail.com, pashabuoy@rambler.ru

В статье описано моделирование сегмента корпоративной сети Белорусской железной дороги в среде Cisco Packet Tracer при наличии внутреннего источника угроз. Представлена в первом приближении модель внутреннего нарушителя информационной безопасности корпоративной сети. Тезисно описана реализация одного из исследуемых методов нарушения информационной безопасности.

Введение

С внедрением и активным использованием автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на таком территориально разнесенном объекте, как Белорусская железная дорога, ее корпоративная сеть связи совместно с прочими объектами информатизации приобретает ключевое значение в процессе обеспечения безопасности грузо- и пассажироперевозок. Опираясь на требования нормативно-правовой и методической базы в области защиты информации для таких объектов организуется система комплексной защиты информации, соответствующая политике безопасности предприятия. Некоторые объекты информатизации относят к категории критически важных (КВОИ), что обуславливает предъявление к ним повышенных требования по информационной безопасности в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Следует отметить, что необходимость системного подхода к вопросам обеспечения информационной безопасности объектов информатизации не находит должного понимания у их пользователей, а зачастую и у администраторов. Отсутствие системного подхода при обеспечении информационной безопасности может привести к тому, что не будут учтены возможности сотрудников Белорусской железной дороги по реализации несанкционированного доступа к информации, передаваемой в ее корпоративной сети. Не смотря на то, что в последние годы в статистике нарушений информационной безопасности зафиксирован резкий сдвиг от внешних к внутренним угрозам при реализации системы защиты внутренним нарушителям может уделяться гораздо меньше внимания [1]. Зачастую деятельность сотрудников в рамках мероприятий по защите информации регламентируется организационными мероприятиями. Примерно две трети от общего числа всех наиболее серьезных инцидентов, связанных с безопасностью, составляют нарушения или ошибки легальных пользователей сетей [1]. Причем больший интерес для исследования представляют преднамеренные действия внутренних нарушителей. Для защиты от преднамеренных внутренних угроз необходимо применять комплексную защиту, направленную против интеллекта нарушителя («защита от умного»), в то время как защита от непреднамеренных угроз предполагает мероприятия, в целом сводящиеся к классической «защите от дурака». С использованием среды моделирования Cisco Packet Tracer был реализован небольшой типовой сегмент корпоративной сети Белорусской железной дороги, включающий компьютеры пользователей и несколько коммутаторов второго уровня, которые объединяют компьютеры пользователей в сеть (рисунок 1). В реализованной подсети были произведены исследования возможности перехвата одним из пользователей не предназначенного ему трафика при наличии ряда уязвимостей организации и администрирования сети.

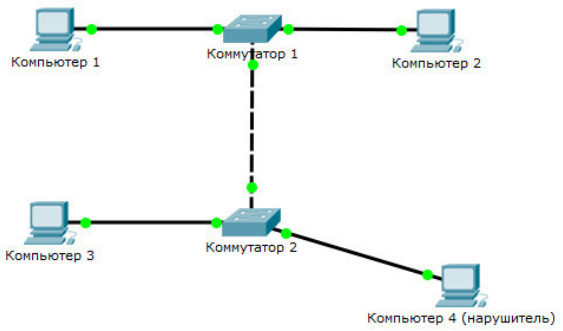


Рис. 1 – Небольшой типовой сегмент корпоративной сети

I. Модель нарушителя

В качестве нарушителя был выбран законный пользователь одного из компьютеров, подключенных к сети. Для него была составлена неформальная модель нарушителя информационной безопасности:

- нарушитель имеет точку доступа к сети и собственное помещение или закрытое пространство общего помещения, позволяющее ему скрытно подключать собственное сетевое оборудование;
- нарушитель обладает достаточно неплохими знаниями в сфере IT, в частности вклю-

чающими знания о работе протоколов IP, TCP, UDP, SNMP, TFTP, стандарта IEEE 802.1Q для VLAN, навыками конфигурирования сетевого оборудования;
- нарушитель своей целью ставит доступ к трафику других пользователей сети;
- причинами, побуждающими внутреннего нарушителя к неправомерным действиям, могут быть: демонстрация своего превосходства (самоутверждение), «борьба с системой», корыстные интересы;
- характер действий нарушителя – скрытый;
- финансовые возможности нарушителя достаточны для приобретения в собственность необходимого сетевого оборудования.

Представленная модель является демонстрационной, поэтому она далеко не полная и весьма субъективная. Максимально объективно разработанная модель нарушителя является гарантией построения адекватной системы обеспечения информационной безопасности [2].

II. Реализация сетевой атаки

Одной из субъективных уязвимостей такого объекта информатизации, как сетевое оборудование, являются навыки, опыт, а иногда и самоуверенность, сетевого администратора, который это оборудование конфигурирует и выполняет мероприятия по защите информации в рамках политики безопасности предприятия в целом. Например, системные администраторы или не знают, или забывают о существовании протокола SNMP и соответствующей службы, в которой используется крайне ненадежный механизм обеспечения информационной безопасности. В результате SNMP достаточно часто становится целью нарушителей информационной безопасности. Известно, что по умолчанию информация SNMP защищается простыми паролями, имеющими известные значения, и распространяющимися по сети в открытом виде. После взлома SNMP представляется возможность переконфигурации сетевого оборудования за счет организации ложного TFTP-сервера. Получив возможность переконфигурировать коммутаторы, нарушитель организует на первом коммутаторе (рисунок 2) две виртуальные сети по одной для каждого из пользователей (например, VLAN 11 и VLAN 12), чей трафик он собирается перехватывать. Для сохранения передачи данных между этими пользователя необходимо передавать трафик с VLAN 11 на VLAN 12 и обратно. Для этого нарушитель подключает свой собственный коммутатор (коммутатор нарушителя на рисунке 2) настроенный таким образом, что канал между ним и коммутатором 2 является транкинговым (общим для VLAN 11 на VLAN 12), один из свободных портов, например, FastEthernet 0/2 закреплен за VLAN 11, другой, например, FastEthernet 0/3 – за VLAN 12. Канал между коммутатором 1 и коммутатором 2 также является транкинговым.

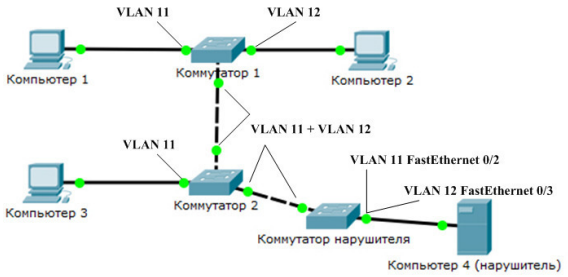


Рис. 2 – Реализация перехвата внутренним нарушителем трафика в сети

При такой конфигурации весь сетевой трафик из компьютера 1, адресованный компьютеру 2 будет проходить следующий путь: компьютер 1 – коммутатор 1 – коммутатор 2 – коммутатор нарушителя – FastEthernet 0/2 коммутатора нарушителя – устройство нарушителя (Компьютер 4 на рисунке) – FastEthernet 0/3 коммутатора нарушителя – коммутатор нарушителя – коммутатор 2 – коммутатор 1 – компьютер 1. От компьютера 2 к компьютеру 1 трафик будет проходить по этому же маршруту в обратном направлении. Таким образом, до первого обнаружения неправильной конфигурации коммутаторов администраторами весь нужный нарушителю трафик будет проходить через его устройство.

Представленная выше одна из исследованных в среде моделирования Cisco Packet Tracer внутренняя преднамеренная угроза информационной безопасности сегмента корпоративной сети Белорусской железной дороги, исходящая от ее законного пользователя, обладающего минимумом необходимых знаний и средств, наглядно демонстрирует необходимость объективного подхода к защите от внутренних источников угроз. Помимо организационных мероприятий необходимо использовать специализированные программные средства для мониторинга действий пользователей сети, оценивать и повышать квалификацию системных администраторов для устранения уязвимостей корпоративной сети, а также повышать мотивацию сотрудников не совершать преднамеренных угроз информационной безопасности.

1. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер // Учебник для ВУЗов. 5-е изд. – СПб. : Питер, 2016. – 992 с.
2. Бочков, К. А. Модель внутреннего нарушителя информационной безопасности сети дистанции сигнализации и связи / К. А. Бочков, П. М. Буй, М. В. Лукашеня // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы III Международной науч.-практ. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во трансп. И коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2013. – с. 109 – 110;

TRAFFIC AND TELECOMMUNICATION NETWORKS MODELING USING ATEB-TRANSFORM

Dronyuk I. M., Fedevych O. Yu., Polziukov V. Ye.
Automated Control Systems Department, Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
E-mail: {ivanna.droniuk, olhafedevych, pozyakrusher}@gmail.com

In this work the problem of traffic flows study is described. The concept of T-classes of systems for modeling of signals with time dependent parameters was produced. The expediency of using algebraic interpretation of the idea of T-classes with respect to Ateb-functions as elements of the bases of the spaces of signals for specific communication tasks was shown. Based on the proposed model, a software was developed for the analysis and forecasting of traffic flow in a computer network, which was tested on the real data of the network.

Related works and problem formulation

The problem of the traffic study is relevant because computer networks are increasingly used in human activity [1]. The problem of forecasting traffic remains a bottleneck in the establishment of computer network management systems. Introduction of information systems analysis and forecasting of traffic has proven to be effective, but computer network improvement requires the development of new approaches to modeling, analysis and prediction of the traffic.

At present building of new methods for mathematical modeling of traffic and telecommunication networks is practically important task. Another major challenge for the effective operation of communication networks is the adaptation of nodal equipment for the needs of the real traffic network in any time [2], so the project includes: development a mathematical model of the behavior of traffic in computer networks based on differential equations of oscillatory processes; development a method of solution of the corresponding system of differential equations using asymptotic method and on this basis to implement an information technology simulation, analysis and forecasting of traffic of computer networks; development an optimization algorithm of computer networks on the basis improved redistribution of the load device.

In the last century, there were created mathematical models of communication based on the use of harmonic functions , as an orthonormal system [3]. Along with the continued search for signals in the other orthogonal functions. Multi-channel communication systems based on the Hoare – Walsh system of functions was built and operated successfully in several countries [4] It was shown that this basis has an important advantage – the possibility of constructing a theory of filters for which there is no need to use inductance, as in the case of conventional frequency filters. These communication systems were used for special purposes. Further generalizations lead to a well-known concept of the generalized shift operator, which generic well-known T-classes [5]. The investigation discusses the properties of this operator from the point of view of applications in telecommunication networks modeling for communication theory. The concept of T-classes of systems and signals for analysis and modeling of signals with time dependent parameters and nonstationary random processes was produced. As a practical implementation of the models of T-classes for telecommunication modeling was described the application of the theory of Ateb-functions. The expediency of using algebraic interpretation of the idea of T-classes with respect to Ateb-functions as elements of the bases of the spaces of signals for specific communication tasks, in particular task of information protection in communication channels was shown. In the article implemented the deepening of research means based on the fact that the application of Ateb-functions can be expanded to all areas where there are the usual trigonometric functions. Ateb-functions were decomposed into the series, as a special type of Fourier series. Ateb-transforms algebra was built. Algebra contains "addition"and "multiplication"operations. The addition is the usual addition of functions (correctness follows from the additivity of the addition), and multiplication is a convolution.

System analysis as a powerful tool of scientific research has allowed to identify a new approach to the study of generalized non-harmonic signals and on this basis to use the theory of generalized shift operators [6]. An important direction for future research for modeling telecommunication networks is the study of properties of the decompositions based on Ateb-functions, which are derived from the introduced formal apparatus and to apply them to special problems of communication.

One of the important points in the development of network traffic models is an analysis of the relevance of these models behavior to experimental data. To do this, a second line of our study was developed. Another part of investigation is the analysis of the result of a mathematical model of traffic for self-similarity. For this the Hurst coefficient value for the data

of mathematical modeling of traffic by several methods was calculated:

1. Method of cumulative difference;
2. R / S plot method;
3. Absolute moments method;
4. Method of residuals difference.

The comparison of data based on mathematical modeling and data of real network traffic of the ACS NULP department is given is shown in fig.1.

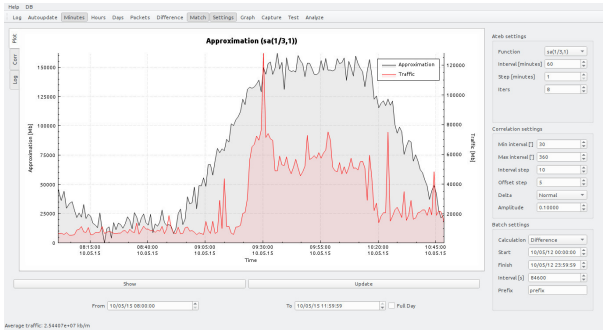


Рис. 1 – The comparison of real network traffic data and predicted traffic data

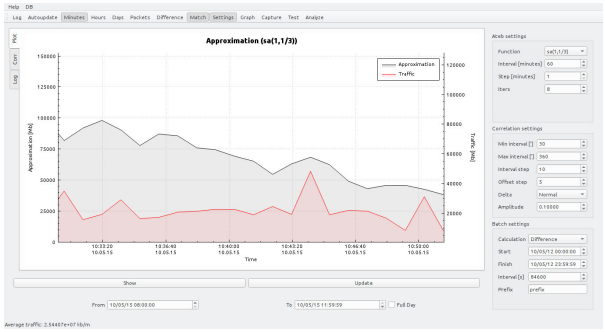


Рис. 2 – The detailed comparison of real network traffic data and predicted traffic data

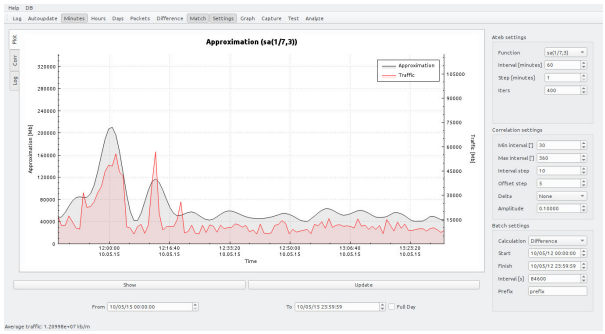


Рис. 3 – The detailed comparison of real network traffic data and predicted traffic data

The traffic and telecommunication networks modeling methods based on the differential equations is quite effective. Based on the proposed model, a software was developed for the analysis and forecasting of traffic flow in a computer network, which is tested on the real data of the network. The criterion of adequacy selected for the model was maximum correlation. In general, the software shows the positive results of the prediction method in the node of computer network. The next stage of the study is an investigation of traffic for self-similarity. This research proofs the correctness of used mathematical methods. Therefore proposed mathematical approaches are effective for traffic and telecommunication networks modeling.

Acknowledgement

Authors acknowledges the support by the Ukrainian Ministry of Science and Education under the joint Ukraine-Austria R&D project 0111U001612 “Traffic and telecommunication networks modelling”.

References

1. Cisco Visual Networking Index Predicts IP Traffic to Triple from 2014-2019. – Mode of access: http://newsroom.cisco.com – Date of access: 09.09.2017.
2. Dronyuk, I.,Fedevych, O. Traffic flows ateb-prediction method with fluctuation modeling using Dirac functions /I.Dronyuk, O.Fedevych // Communications in Computer and Information Science. – 2017. – №718. – P. 3–13.
3. Модели сигналов в линейных системах / Я. П. Драган. – К.: Наук. Думка, 1972. – 303 с.
4. Передача информации ортогональными функциями / Х. Ф. Хармут. – М.: Связь, 1975. – 268 с.
5. Hypergroups and Hypergroup Algeb-ras / G. L.Litvinov. – arXiv:1109.6596 [math.RT], 2011. – 52 p.
6. Dragan Ya.P., Droniuk I.M. System Analysis of Non-harmonic Signals and Systems and Ateb-function /Ya.P. Dragan, I.M. Droniuk // Naukovyy visnyk NLTU. – 2017. – Vol.26.8. – P. 316-326.

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ, ИНСТРУМЕНТАРИЙ ТЕСТИРОВЩИКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Таранчук В. Б.
Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: taranchuk@bsu.by

Обсуждаются вопросы проектирования, разработки, инструментальноого наполнения, использования интегрированного программного комплекса тестировщика цифровых геологических и геоэкологических моделей. Отмечены преимущества предложенной технологии сборки компонент комплекса путем синтеза программных модулей систем компьютерной алгебры и географических информационных систем. Излагаются методические и технические решения задач обработки исходной информации, построения, анализа эталонных и аппроксимирующих реальные объекты цифровых полей распределений параметров, характеризующих геологические тела, с возможностями имитации типичных элементов и особенностей таких распределений. Иллюстрируются несколько вариантов одномерной, двумерной и трехмерной интерактивной визуализации изучаемых моделей, сопоставления результатов и оценки точности.

Введение

Построение цифровых геологических, геоэкологических моделей стало в настоящее время обязательной составляющей экспертных заключений в ряде сфер деятельности, в частности, при ведении государственного мониторинга состояния окружающей среды, недр, в задачах рационального использования минерально-сырьевой базы, в проектах защитных мероприятий, связанных с описанием рельефа и инженерно-геологического строения местности, при планировании подземных хранилищ газа. Особую роль геологические модели имеют при обосновании проектов разработки месторождений углеводородов. Современная геологическая модель содержит обобщенное описание состава, структуры, формы изучаемых объектов, состояния изучаемого фрагмента земной коры на разных стадиях. Она включает не только описание, рисунок геологического строения, но и цифровые характеристики, обеспечивающие получение с необходимой точностью и графическую визуализацию объемного распределения в пространстве структурно-вещественных комплексов модели. Геологическое моделирование является самостоятельным направлением, которое предполагает развитие математических методов и алгоритмов; разработку компьютерных программ, обеспечивающих цикл построения моделей, наполнения и сопровождения баз данных. Соответствующее программное обеспечение включает загрузку из разных источников и предобработку данных, корреляцию, формирование цифровых кубов фильтрационно-емкостных свойств, интерактивный анализ данных, визуализацию с применением графики любого типа, картопостроение. Построение цифровых геологических моделей является в странах СНГ относительно молодым направлением, оно активно развивается, но пока крупные государственные и частные компании потребители соответствующих программных комплексов предпочитают разработки мировых лидеров. Актуальной является задача разработки и внедрения альтернативных компьютерных геологических моделей. Одной из важнейших составляющих при этом является задача оценки адекватности и точности предлагаемых цифровых моделей, ключевыми являются вопросы автоматизации настройки, адаптации моделей с учетом постоянно поступающих дополнительных данных, а также ревизии результатов обработки исходной информации с использованием новых методов интерпретации.

Программирование, реализация алгоритмов построения и адаптации геологических моделей трудоемко, предполагает использование уникальных математических методов. Представляется, что в настоящее время при создании геологических моделей эффективным, относительно быстрым по времени будет подход, основанный на сочетании и интеграции в единый программный комплекс модулей современных версий систем компьютерной алгебры (СКА) и географических информационных систем (ГИС). При этом следует понимать, что для решения задач обработки исходных данных, в частности, результатов дистанционного зондирования, сейсмо- и магниторазведки, моделирования, никакая конкретная ГИС не является полным набором пространственно-аналитических методов и средств анализа. Во многих случаях приходится комбинировать инструменты ГИС с программами статистического анализа данных, средствами для математически сложных вычислений, включающих реализации современных методов, алгоритмов анализа и интерпретации пространственных данных.

Следует констатировать, что до настоящего времени обсуждаются разные концепции, алгоритмы обработки и интерпретации данных, методы создания и адаптации компьютерных геологических моделей.

I. Основные положения

Предлагаемые и реализованные методические и технические решения, программные компоненты, которые включены в интегрированный компьютерный комплекс «Генератор геологической модели залежи» (ГГМЗ) изложены в [1]. Назначение комплекса – создание и оценки точности настраиваемых геологических моделей на основе применения СКА, ГИС, «умных» методов адаптации моделей в процессе их эксплуатации, «самонастройки» моделей с учётом дополняемых данных фактического развития процессов. Платформа разработки комплекса – система компьютерной алгебры *Mathematica* [2], язык Wolfram Language [2, 3], геоинформационная система Golden Software Surfer [4]. При программировании на языке Wolfram Language реализованы технические решения, описанные в [5 - 8], причем программный комплекс в конкретной конфигурации может эксплуатироваться после сборки и сохранения в формате вычисляемых документов CDF [9]. Расчеты, работа пользователя с CDF версией приложения возможна на любом персональном компьютере. При работе с CDF версией, размещенной на вебсервере, программа просмотра и взаимодействия с пользователем автоматически подгружается в виде плагина браузера. Автономная работа с ГГМЗ на персональном компьютере возможна после инсталляции свободно распространяемого CDF Player. Варианты дополнительных настроек, обеспечивающих интерактивность CDF версии, изложены в [10, 6].

II. Компоненты компьютерного комплекса ГГМЗ

В программном комплексе ГГМЗ реализованы следующие компоненты и средства:

- инструменты и шаблоны для подготовки эталонной модели цифрового поля, отвечающего оговоренным свойствам;
- средства и несколько вариантов модулей «искажения» эталонной модели;
- инструменты имитации «съема» данных, которые используются в практике;
- модули расчета, визуализации, сопоставления аппроксимирующих цифровых полей несколькими разными методами;
- инструменты и модули адаптации («доводки») формируемой цифровой модели.

Этапы подготовки типовой эталонной модели, инструменты визуализации моделей, инструменты имитации сбора данных и картопостроения, результаты работы предложенного и запрограммированного алгоритма адресного уплотнения сейсмических профилей описаны в [1].

Заключение

В докладе будут изложены и проиллюстрированы примерами инструменты автоматизированного рабочего места специалиста, который в вычислительных экспериментах может выполнять анализ и адаптацию цифровых полей применительно к задачам формирования геологических моделей. Разработанный многофункциональный интегрированный компьютерный комплекс дает возможности манипулирования исходными данными, сопоставления цифровых геологических моделей, формирования эталонов, подготовки наборов данных для возможных интерпретаций экспертов, анализа получаемых разными способами результатов.

III. Список литературы

1. Таранчук, В. Б. Программный комплекс адаптации геологических моделей. Концепция, решения, примеры реализации / В. Б. Таранчук // Проблемы физики, математики и техники. –2017. –№ 3 (32). –С. 81–90.
2. Wolfram *MATHEMATICA*. Наиболее полная система для современных технических вычислений в мире [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://www.wolfram.com/mathematica. – Дата доступа: 9.09.2017.
3. Таранчук, В. Б. Основы программирования на языке Wolfram : учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики спец. 1-31 03 04 «Информатика» / В. Б. Таранчук // Минск: БГУ, 2015. – 49 с.
4. SURFER [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://www.goldensoftware.com/products/surfer. – Дата доступа: 9.09.2017.
5. Таранчук, В. Б. Возможности и средства Wolfram Mathematica для разработки интеллектуальных обучающих систем / В. Б. Таранчук // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика: –2015. –№ 1 (198) том 33. –С. 102–110.
6. Таранчук, В. Б. Особенности функционального программирования интерактивных графических приложений / В. Б. Таранчук // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия, раздел Математика: –2015. –№ 6 (128). –С. 178–189.
7. Таранчук, В. Б. О подготовке и распространении на базе системы Mathematica интерактивных графических приложений / В. Б. Таранчук, В. А. Кулинкович // Информатизация образования: –2015. –№ 1 (75). –С. 3–13.
8. Taranchuk, V. B. Development of interactive teaching materials for computer mechanics / V. B. Taranchuk, M. A. Zhuravkov // Vestnik BGU. Ser. 1, Fiz. Mat. Inform. –2016. –№ 3. –С. 97–107 (in Engl.).
9. CDF. Формат вычисляемых документов – Документы оживают благодаря возможностям вычислений [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://www.wolfram.com/cdf. – Дата доступа: 9.09.2017.
10. Таранчук, В. Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В. Б. Таранчук // Информатизация образования. –2014. –№ 1 (73). –С. 78–89.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК

Костюк Д. А., Латий О. О., Шамонин В. П.
Кафедра электронных вычислительных машин и систем,
Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь
E-mail: dmitriykostiuk@gmail.com

В работе рассматривается микропроцессорное устройство для биометрического мониторинга и контроля физического состояния пользователя ПК во время его работы с различными программными продуктами и периферийными устройствами. Оценка состояния пользователя выполняется путем парных биометрических измерений. К числу поддерживаемых параметров относятся электропроводность кожи, сердечного ритм и мышечная активность. Рассматривается архитектура устройства и методика измерений.

Введение

Измерение физиологического состояния пользователя ПК позволяет достаточно быстро определить слабые стороны разрабатываемого продукта. В отличие от подхода, предусматривающего участие эксперта по эргономике интерфейса, опрос пользователей, выполнение тестовых заданий и др., биометрические данные, полученные в ходе эксперимента, в большей степени подходят для автоматической интерпретации, позволяющей оценить физическую и когнитивную нагрузку пользователя в процессе работы. К числу таких параметров организма можно отнести сердечный ритм, кровяное давление, электропроводность кожи, электрическую активность мышц и головного мозга. При этом для достоверной оценки состояния пользователя целесообразны комплексные измерения с установлением корреляции между несколькими параметрами [1, 2]. В настоящей работе представлена разработка устройства, предназначенного для таких измерений, и выполняющего мониторинг частоты сердечных сокращений (ЧСС), кожно-гальванической реакции (КГР) и, опционально, электромиографической активности (ЭМГ).

I. Общая архитектура системы

Разработанная система схематично представлена на рисунке 1.

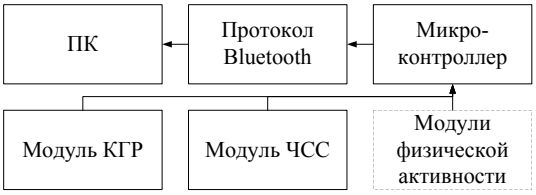


Рис. 1 – Структура системы

Измерительные модули, расположенные в нижней части схемы, представляют собой аппаратные части, выполняющие помимо измерения также фильтрацию и усиление соответствующих электрических сигналов. Работу системы обеспечивает микроконтроллер ATmega328. Связь с ПК может осуществляться по шине USB либо по протоколу Bluetooth, что позволяет использовать модификацию устройства в носимом исполнении. Для беспроводной передачи данных выбран модуль HC-10, использующий микросхему Texas Instruments CC2541. В числе прочего данный модуль поддерживает работу в режиме Bluetooth Low Energy, т. е. выполняет передачу данных короткими пакетами с периодическим выключением передатчика.

Программное обеспечение на стороне микроконтроллера осуществляет сбор показаний с датчиков, подсчитывает значения показателей по представленному ниже алгоритму и передает информацию на ПК. Программное обеспечение на ПК осуществляет первичную обработку, визуализацию и журналирование данных.

II. Особенности измерений ЧСС

Модуль измерения ЧСС использует принцип фотоплетизмографии (ФПГ), основанный на отслеживании интервалов изменения оптической плотности тканей с помощью источника света и фотодетектора (фактически детектируется изменение объема крови в тканях, которое синхронно с биением сердца и потому может использоваться для расчета ЧСС). Вид ФПГ-сигнала представлен на рисунке 2.

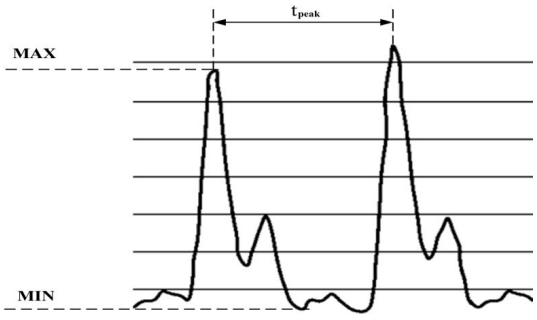


Рис. 2 – Вид фотоплетизмографического сигнала

В общем случае формула для нахождения ЧСС может быть представлена в виде:

$$p = \frac{60000}{t_{peak}}, \quad (1)$$

где 60000 — количество миллисекунд в одной минуте, t_{peak} — время между ударами пульса, мс.

Для экономии вычислительных ресурсов микропроцессора, отвечающего за одновременную обработку данных со всех измерительных каналов, для вычисления частоты был применен алгоритм, оперирующий следующими переменными: значением базовой линии BL, опорного уровня REF, а также минимальным и максимальным значениями ФПГ-сигнала в пределах одного удара MIN и MAX. По умолчанию BL приравнивается к текущему значению ФПГ-сигнала с добавкой, равной максимально возможному значению ФПГ-сигнала (которое пропорционально разрядности АЦП микроконтроллера), деленному на 10. Значения опорного REF, MIN и MAX в начальный момент времени приравниваются BL и сбрасывается флаг, соответствующий наличию детектированного удара.

На каждой итерации осуществляется поиск реальных значений MIN и MAX, при условии выполнения следующего неравенства:

$$t_{min} < t_{prev} < t_{max}, \quad (2)$$

где t_{min} — минимально возможный временный интервал между пиками пульса, t_{prev} — значение временного интервала с последнего обнаруженного удара пульса, t_{max} — максимально возможный временной интервал между пиками пульса.

Выбор t_{min} и t_{max} на начальном уровне обуславливается физиологическими показателями человека. Если текущий уровень ФПГ-сигнала $CUR < REF$ и $CUR < MIN$, а также выполняется условие (2), к CUR приравнивается значение MIN, а если $CUR > REF$ и $CUR > MAX$, к нему приравнивается значение MAX. Если $CUR > REF$, выполняется условие (2), а флаг удара пульса не установлен, детектируется удар, и рассчитывается значение ЧСС по формуле (1).

Далее проверяются следующие два условия. Если $CUR < REF$ и установлен флаг удара, рассчитывается полная амплитуда импульса $A = MAX - MIN$, опорный уровень $(A/2 + MIN)$, а MAX и MIN приравниваются к REF. Если время с последнего удара больше t_{max}, значения REF, MIN и MAX приравниваются к значению BL. На каждой итерации рассчитывается BL, а также t_{prev} (текущее время – время крайнего удара).

III. Измерение КГР и ЭМГ

Электропроводность кожи, точнее КГР, рассматривается как компонент оборонительных, эмоциональных и др. реакций организма, и представляет собой результат активности потовых желез [3]. По этой причине КГР часто используется как дополнительный показатель психологического или физиологического возбуждения, измеряемый в паре с другим параметром физической нагрузки (например, ЧСС) [4].

В составе КГР-сигнала выделяют две компоненты: высокочастотную фазическую и низкочастотную тоническую. Фазическая КГР имеет вид кратковременных импульсов малой длительности, возникающих в ответ на внешние стимулы, тревогу, напряжение, мыслительную деятельность. Тоническая КГР служит показателем функционального состояния человека; это медленно изменяющаяся составляющая, а ее учет требует калибровки для каждого пользователя [4]. Поэтому данные с датчиков электропроводности проходят через частотный фильтр для выделения фазической составляющей, после чего выполняется подсчет количества пиков в минуту.

ЭМГ позволяет регистрировать с помощью накожных датчиков электрические потенциалы, возникающие при возбуждении мышечных волокон. В зависимости от расположения датчиков, ЭМГ-сигнал позволяет оценивать активность различных групп мышц, а также, при использовании программного классификатора, распознавать движение конечностей и отдельных пальцев руки человека. Для задач настоящего исследования представляет интерес в первую очередь оценка нагрузки на запястья и регистрация движений пальцев, что предполагает закрепление электродов в зоне предплечья [5].

Модули, измеряющие физическую активность, являются опциональными, т. к. возвращают в ПК необработанные ЭМГ-сигналы для их использования с классификатором, предварительно обученным регистрировать активность заданных групп мышц (в идеале, откалиброванным под конкретного пользователя).

IV. Список литературы

1. Латий, О.О. Программно-аппаратная система для сравнительных исследований эргономики программного обеспечения /В.И. Журавский, Д.А. Костюк, О.О. Латий, А.А. Маркина // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы международной научной конференции. Минск, БГУИР, 29 октября 2015 г. – С. 252–253.
2. Schall, A. (2015). The Future of UX Research: Uncovering the True Emotions of Our Users / A. Shall // User Experience Magazine. – 2015. – Vol. 15(2). – Mode of access: http://uxpamagazine.org/the-future-of-ux-research/. – Date of access: 30.06.2017.
3. Martini, F. Essentials of Anatomy & Physiology / F. Martini, E. Bartholomew // San Francisco: Benjamin Cummings, 2003. – P. 267.
4. Латий, О.О. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя / Д.А. Костюк, О.О. Латий, А.А. Маркина // Вестник БрГТУ: физика, математика, информатика, №5 (101), 2016. – Брест, 2016. – С. 46–49.
5. Шамонін, В.П. Сістэма вымярэння і аналізу электраміаграфічных сігналаў чалавека на базе платформы Arduino / В.П. Шамонин // Сьома науково-практична конференція FOSS Lviv 2017: Збірник наукових праць. Львів, 27–30 квітня 2017 р. – С. 80–82.

КОДЫ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ В КОДИРОВАНИИ ГЕОМЕТРИИ СЕТОК 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ

Самусь Н. С.
Кафедра телевидения и радиовещания, Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова
Одесса, Украина
E-mail: natalia_samus@ukr.net

Работа посвящена поиску оптимального метода кодирования данных геометрии 3D сеточных моделей, используемых для представления трехмерного мультимедийного контента, теми кодами, которые еще не нашли применение в этой области науки. Рассчитывается средняя скорость цифрового потока кодирования вершин сетки, которая позволила оценить эффективность использования выбранных методов.

Введение

3D обьекты с высоким разрешением в необработанных форматах занимают огромное количество места для хранения. В связи с чем сокращение места для хранения, пропускной способности, затрат на рендеринг 3D данных остается актуальной темой исследований уже более 15 лет. Благодаря быстрому развитию 3D технологий кодирование трехмерных моделей является существенным для передачи по сетям с ограниченной пропускной способностью, особенно это касается больших сеток[1]. В работе рассмотрено и сравнено некоторые энтропийные методы сжатия, среди которых Гамма-код Элиаса, код Ивэн-Роде, код Райса, код Грея, ряд Фибоначчи.

I. О кодах переменной длины, выбранных для кодирования геометрии сеточных моделей

Гамма-код Элиаса – это универсальный двоичный префиксный код для представления натуральных чисел. Он предполагает, что меньшие целые значения более вероятны. То есть, значения, которые используют n бит, должны быть в 2 раза вероятнее значений, используемых n+1 бит[2]. Достоинство этого кода – возможность напрямую декодировать без каких-либо таблиц или сложных операций. Как только будет найден первый однобитовый бит, длина кодового слова мгновенно становится известной. А биты, следующие за нулевыми битами, являются непосредственно закодированным значением. Недостаток – нельзя представить ноль.

Код Ивэн-Роде – это код, состоящий из последовательности групп длинной $L_1, L_2, L_3, ..., L_m$ бит, начинающихся с бита 1. Конец последовательности задается битом 0. Длина каждой следующей (n+1)-й группы задается значением битов предыдущей n-й группы. Значение битов последней группы является итоговым значением всего кода, то есть всей последовательности групп[3].

Код Райса – это семейство двоичных префиксных кодов, которые различаются одним параметром k. Кодируемое число в двоичном представлении разбивается на 2 части: k самых младших разрядов и все остальные от k-го и старше. Старшая часть кодируется унарным кодом, а младшая – это значение остатка с использованием двоичного кода.

Код Грея – это одношаговый код, то есть при переходе от одного числа к другому всегда меняется лишь один из всех бит информации. Достоинство заключается в том, что выдача совершенно неверного значения полностью исключается.

Ряд Фибоначчи – это числовой ряд, в котором каждое последующее число, начиная с третьего, равно сумме двух предыдущих чисел. Следовательно, любое натуральное число однозначно представимо в виде суммы чисел Фибоначчи. Так как ноль представить в данном случае невозможно, ряд Фибоначчи был модифицирован.

II. Результаты сравнения кодирования геометрии сеточных моделей различными кодами

Ранее уже проанализировано эффективность выбора системы остаточных классов для преобработки геометрии сеточных моделей [4]. Следовательно, ставится задача выбора оптимального кода для кодирования чисел от 0 до 12. Поэтому была составлена таблица 2, которая позволила сравнить коды для конкретного случая и высчитать полученные при этом скорости цифрового потока. В ней представлены через косую черту полученные закодированные последовательности определенного метода кодирования для каждого числа и количество бит, потраченых на нее, соответственно.

Для определения скорости цифрового потока была высчитана вероятность появления разных комбинаций чисел от 0 до 12 (см. табл. 1).

Таблица 1 – Вероятность появления чисел от 0 до 12

Числа	Вероятность
0...6	0.104
7...10	0.056
11...12	0.026

Полученные скорости цифрового потока были сведены в гистограмму (см. рис. 1). Синим цветом выделенные данные при общем расчете, зеленым – при использовании параллельной обработки кодирования данных о геометрии сетки, описанной в [4]. Как видно, наилучшую скорость дает использование кода Райса для кодирования топологии сетки после преобразования СОК (системы остаточных классов). Его особенность как раз в том, что он подходит для ситуаций, в которых возникновение малых значений во входном потоке преобладает.

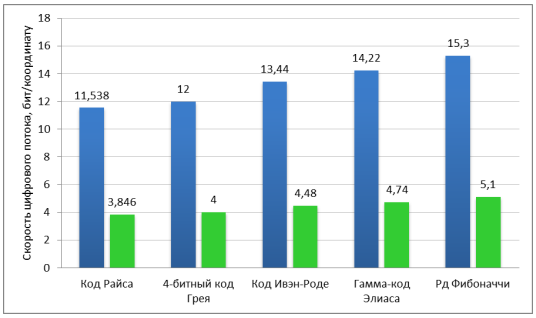


Рис. 1 – Гистограмма скорости цифрового потока рассматриваемых кодов

Также стоит обратить внимание на особенности других кодов: гамма-код Элиаса чаще всего используется при кодировании целых чисел, когда верхний предел заранее определить невозможно; код Ивэн-Роде имеет возможность разделения символов переменной длины в строке, 4-битный код Грея обладает возможностью упрощения выявления и исправления ошибок, а для модифицированного ряда Фибоначчи характерны высокая помехоустойчивость и однозначное определение окончания кодирования каждого числа, что очень важно при передаче больших обьемов данных.

Выводы

Использование кодов переменной длины является эффективным методом для кодирования геометрии сеточных 3D моделей и ничем не уступает уже существующим (к примеру, скорость цифрового потока при использовании кодера Диринга дает 16 бит/координату, VRML – 10 бит/координату). А следовательно, могут быть использованы в разработке и внедрении систем обьектно-ориентированного телевидения.

1. Peng J. Feature oriented progressive lossless mesh coding / J. Peng, Y. Huang, C.-C. Jay Kuo, I. Eckstein, M. Gopi // Computer Graphics Forum. – 2010. – Vol. 29, № 7. – P. 2029–2038.
2. Pasi 'Albert' Ojala, Compression Basics [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.cs.tut.fi/ albert/.
3. Ватолин, Д. Методы сжатия даных / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: Диалог-Мифи, 2003. – 384 с.
4. Самусь, Н. С., Ошаровська О. В. Використання системи залишкових класів при кодуванні геометрії сіткових 3D об'єктів / ВОТТП: МНТЖ. – Хмельницький національний університет, 2015. – №2. – С. 117-120.

Таблица 2 – Закодированные последовательности чисел выбраными кодами переменной длины, необходимые для кодирования геометрии сеток 3D обьектов

Число	Гамма-код Элиаса	Код Ивэн-Роде	Код Райса	4-битный код Грея	Модифицированный ряд Фибоначчи
0(1)*	1/1	000/3	000/3	0000/4	11/2
1(2)	01 0/3	001/3	001/3	0001/4	011/3
2(3)	01 1/3	010/3	010/3	0011/4	0011/4
3(4)	001 00/5	011/3	011/3	0010/4	00011/5
4(5)	001 01/5	100 0/4	1000/4	0110/4	01011/5
5(6)	001 10/5	101 0/4	1001/4	0111/4	000011/6
6(7)	001 11/5	110 0/4	1010/4	0101/4	010011/6
7(8)	0001 000/7	111 0/4	1011/4	0100/4	001011/6
8(9)	0001 001/7	100 1000 0/8	11 000/5	1100/4	0000011/7
9(10)	0001 010/7	100 1001 0/8	11 001/5	1101/4	0100011/7
10(11)	0001 011/7	100 1010 0/8	11 010/5	1111/4	0010011/7
11(12)	0001 100/7	100 1011 0/8	11 011/5	1110/4	0001011/7
12(13)	0001 101/7	100 1100 0/8	11 1000/6	1010/4	0101011/7

* – так как представление нуля не возможно в Гамма-коде Элиаса, используется его модификация (biased Elias).

СТРАТЕГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Скобелева С. Н., Дорогой Л. С.
Кафедра «Информационный и электронный сервис», Поволжский государственный университет сервиса
Тольятти, Российская Федерация
E-mail: skobeleva-sn@yandex.ru

Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой стратегии информационной безопасности предприятия

Введение

В современном мире предприятия все чаще сталкиваются с необходимостью уделять особое внимание обеспечению информационной безопасности и инвестировать в неё средства. Риски, возникающие в процессе ведения бизнеса, окружают компании со всех сторон. Широкое распространение ИТ технологий, социальных сетей, персональных мобильных устройств, способствовало появлению качественно нового уровня угроз. Компании могут просто принять этот факт и продолжать работать в надежде, что угрозы их не затронут. Они также могут попробовать внедрить ряд ответных мер, пытаясь снизить эти риски или нанять специализированную компанию, которая будет заниматься обеспечением информационной безопасности. Можно вообще избежать всех рисков, просто закрыв предприятие и прекратив бизнес активность. Информационная безопасность базируется на трех основных принципах: доступности, целостности и конфиденциальности. Существует множество стандартов и лучших практик по информационной безопасности, среди которых ISO27000, COBIT 5, NIST SP 800, COSO и др. Однако, в каждой отрасли есть свои особенности, которые необходимо учитывать, внедряя тот или иной стандарт.

I. Исходные данные

При разработке стратегии информационной безопасности необходимо, опираясь на поддержку высшего руководства компании, разработать политики и процедуры с учетом организационных особенностей, проводить обучающие мероприятия сотрудников компании, идентифицировать и управлять рисками, быть уверенными в соответствии требованиям регуляторов, а также своевременно обнаруживать и предотвращать инциденты. Вся информация в компании должна быть классифицирована по типам: для публичного доступа, для частного доступа (политики, внутренние документы) и конфиденциальная (финансовые отчеты, ноу-хау, разработки, данные о клиентах). Важную роль в разработке стратегии информационной безопасности играет политика информационной безопасности. Высшее руководство компании определяет политику информационной безопасности, соотнеся ее со стратегическими целями компании. Политика информационной безопасности должна учитывать существующее законодательство, предписания регулирующих органов (например, обеспечение защиты персональных данных). Политика информационной безопасности определяет видение и стратегию обеспечения непрерывности бизнес процессов компании. Политика информационной безопасности должна опираться на стандарты и процедуры, разработанные в компании. Также она определяет степень терпимости высшего менеджмента к различного рода рискам. Политику информационной безопасности, основанную на бизнес целях, необходимо разработать, напечатать и донести до всех сотрудников компании. Если сотрудники не подписывают документы с требованиями, это значит, что они не обязаны следовать политике информационной безопасности. Следовательно, компания не может требовать от них ее исполнения. Политика должна регулярно обновляться с учетом потребностей компании

II. Разработка стратегии информационной безопасности

Стратегия информационной безопасности компании должна предусматривать разработку и внедрение контрольных процедур (механизмов контроля). Они подразделяются на три типа: Административные – Процедуры, политики, нормативные документы, которые подписывают сотрудники перед исполнением служебных обязанностей в компании, обычно в первый день приема на работу. Здесь может быть сказано, что нельзя пересылать личные сообщения через рабочую электронную почту, использовать корпоративный мобильный телефон для личных звонков, а также пользоваться Интернетом только в служебных целях. Работодатель будет иметь право отслеживать активность пользователя, который с этим соглашается. Если пользователь не подписал такое соглашение, то компания юридически не в праве требовать соблюдения этих требований. Технические (логические) – Логические механизмы контроля могут быть реализованы на базе оборудования, систем обнаружения угроз, правил на маршрутизато-

рах и коммуникационном оборудовании, прокси серверах, а также на уровне операционных систем Windows, Linux – путем разграничения прав доступа определенных категорий пользователей. Технические механизмы контроля должны опираться на административные, чтобы работать корректно. Например, финансовый директор подписывает заявку на матрицу доступа для сотрудников финансового департамента, на тип доступа к определенным папкам и документам. Затем, сотрудник департамента ИТ на основании заявки выполняет необходимое разграничение прав доступа учетных записей пользователей в Active Directory. Физические механизмы контроля – Огороженная территория, охрана, замки, системы контроля доступа, магнитные карты, биометрические сканеры, датчики движения, серверные комнаты со специализированным оборудованием, детекторы дыма, системы автоматического пожаротушения. Комбинации таких механизмов контроля позволяет создавать эффективную защиту от ошибок и неправомерных действий. Кроме того, контрольные процедуры делятся на превентивные, обнаруживающие и корректирующие, примеры которых показаны ниже. Перед тем как совершить транзакцию на сумму от 10 000 долларов сотрудник банка должен получить согласование менеджера (административные меры контроля), поскольку программное обеспечение не позволяет ему самостоятельно осуществить такую транзакцию (элемент логического контроля по разделению прав доступа). Транзакцию можно осуществить только с рабочего места пользователя, находящегося в бизнес центре под охраной (элемент физического контроля). Это механизм превентивного контроля. В качестве обнаруживающих контрольных процедур на административном уровне используется периодический ИТ аудит, на техническом уровне - системы контроля вторжений (IDS) или специальные серверы, отслеживающие вторжения в сеть предприятия (Honeypot). На физическом уровне такими мерами могут служить датчики движения, датчики температуры и влажности в серверных помещениях. Механизм корректирующего контроля можно проиллюстрировать на примере. На рабочем месте пользователя с помощью антивирусного ПО был обнаружен компьютерный вирус, сотрудник уведомляет об инциденте непосредственного руководителя и департамент ИТ. Компьютер изолируется (физически отключается от компьютерной сети или по питанию) и с ним производятся действия по восстановлению. В каждой отрасли промышленности есть свои стандарты, требования и регулирующие документы. Например, для банков и платежных систем существует Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS), а для медицинских учреждений – закон по защите персональных данных пациентов. Если предприятия не соблюдают эти требования, то это может иметь серьезные негативные последствия для их бизнеса. Предприятия подвергаются целому ряду угроз, в связи с попытками злоумышленников получения несанкционированного доступа к информационным активам. Широкое распространение получили Dos-атаки на серверы и сетевое оборудование компании, спам, изменение e-mail сообщений, фарминг-атаки, анализ трафика, сканирование Wi-Fi сетей, прослушивание телефонных переговоров, вирусные атаки, вызов удаленных процедур и др. По типу воздействия это могут быть хакеры, текущие и бывшие сотрудники компании, персонал службы ИТ, подрядчики и временные сотрудники по контракту. Согласно исследованию компании “Infowatch”, более 70% сотрудников ИТ-служб и более 85% сотрудников ИБ-служб не уверены, что системы обеспечения информационной безопасности в их компаниях защищают их от внутренних угроз. Аудиторы информационных систем особое внимание обращают на риски, связанные с разделением обязанностей (SoD) в компании. В частности, нельзя зависеть только от одного ключевого сотрудника, все функции рекомендуется дублировать, а если это не представляется возможным, то обеспечить меры компенсационного контроля. При разработке стратегии информационной безопасности предприятия необходимо уделить внимание резервному копированию данных и иметь план ликвидации последствий возможных непредвиденных действий и катастроф. Землетрясения, наводнения, военные действия, ураганы, пожары в один момент могут уничтожить критически важную информацию. В связи с этим центры обработки данных, согласно лучшим практикам, должны находиться в географически удаленных объектах, странах, что существенно повышает вероятность сохранения критически важных данных для компании.

Заключение

В современных условиях обеспечение информационной безопасности требует комплексного подхода, учета, казалось бы, не относящихся к ИТ факторов и рисков. По мере развития информационных технологий риски, связанные с их применением, тоже будут возрастать, и высшее руководство компаний должно быть к этому готово, уделяя особое внимание разработке стратегии информационной безопасности.

1. Shon Harris, Fernando Maymi CISSP® All-in-one Exam Guide, Seventh Edition. – McGraw-Hill Education, USA. – 2016. – 1341 p, ISBN 978-0-07-184961-6.
2. Аналитический Центр InfoWatch Безопасность информации в корпоративных информационных системах. Внутренние угрозы. – URL: https://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytics/russ/InfoWatch Report 2013 ugroz.pdf (дата обращения: 30.03.2017).

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БИНАРНЫХ ОПЦИОНОВ НА ОСНОВЕ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА АРИФМЕТИЧЕСКОГО БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Андрончик И. А., Жук Е. Е.
Кафедра математического моделирования и анализа данных, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: vanya.andronchik@gmail.com, zhukee@mail.ru

В данной работе излагаются особенности бинарного опциона, его определение и правила игры, выявляются стратегии игры на бинарных опционах. Авторами предложена модель прогнозирования бинарных опционов на основе случайного процесса арифметического броуновсого движения, а также рассмотрены реальные данные и приведены примеры реализации стратегий игры на бинарных опционах.

Введение

Бинарный опцион — опцион, который в зависимости от выполнения оговоренного условия в оговоренное время либо обеспечивает фиксированный размер дохода, либо не приносит ничего. Обычно речь идёт о том, будет ли биржевая цена на базовый актив выше или ниже определённого уровня. Фиксированная выплата производится в случае выигрыша опциона, независимо от степени изменения цены, то есть, если за выбранный промежуток времени прогноз оказывается успешным и цена на актив будет на оговоренном уровне или лучше его, трейдер получает фиксированную прибыль. В отличии от обычного опциона, бинарный опцион не предполагает покупки или продажи актива. Время, на которое ставиться прогноз, является временем исполнения бинарного опциона. Опцион считается реализованным, когда к моменту времени его исполнения появляется официальная информация о состоянии того или иного актива, на котором сделана ставка. В зависимости от текущей рыночной ситуации цена покупки/продажи бинарного опциона может меняться в широких пределах. Стоимость бинарного опциона определяется исходя из спроса и предложения. Сейчас появляется большее число брокеров, которые предлагают торговлю бинарными опционами по несколько иной схеме, то есть все зависит от контракта, который вам предлагают. Так, например, прогноз может определяться на то, что цена на актив достигнет определенного уровня или интервала за данный промежуток времени хотя бы один раз [1, 2].

I. Стратегии игры на бинарных опционах

Пусть случайный процесс $W(t)$ – стандартный винеровский процесс, тогда для фиксированных моментов времени t и τ величину $\Delta W(t) = W(t) - W(\tau)$ назовем приращением стандартного винеровского процесса $W(t)$.

Модель арифметического броуновского движения имеет вид:

$$\Delta X(t) = \mu \Delta t + \sigma \Delta W(t), \qquad (1)$$

где μ и σ – две константы. Тогда говорят, что процесс $X(t)$ следует арифметическому броуновскому движению с матиматическим ожиданием (дрейфом) μ и дисперсией σ^2 [4].

Для построения оценок математического ожидания μ и дисперсии σ^2 воспользуемся функцией максимального правдоподобия. Так как

$$\Delta X(t_j) = X(t_j) - X(t_{j-1}) \sim N_1(\mu \Delta t_j, \sigma^2 \Delta t_j),$$
$$\Delta t_j = t_j - t_{j-1},\ j = \overline{1,n},$$

то плотности имеют вид:

$$p_j(\Delta X(t_j)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\sqrt{\Delta t_j}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(\Delta X(t_j) - \mu \Delta t_j)^2}{\sigma^2 \Delta t_j}}.$$

Запишем логарифмическую функцию правдоподобия и исследуем на максимум относительно μ и σ^2:

$$l(\mu, \sigma^2) = \ln \prod_{j=1}^{n} (p_j(\Delta X(t_j))) \to \max_{\mu, \sigma^2}.$$

Оценки максимального правдоподобия (ОМП) параметров μ и σ^2 имеют вид:

$$\hat{\mu} = \frac{X(t_n) - X(t_0)}{t_n - t_0}, \qquad (2)$$
$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{(\Delta X(t_j))^2}{\Delta t_j} - 2\Delta X(t_j)\hat{\mu} + \hat{\mu}^2 \Delta t_j \right).$$

При этом оценка $\hat{\mu}$ является несмещенной $E[\hat{\mu}] = \mu$, $D[\hat{\mu}] = \frac{\sigma^2}{t_n - t_0}$, а $\hat{\sigma}^2$ – асимптотически несмещенной : $E[\hat{\sigma}^2] = \frac{\sigma^2(n+1)}{n} \underset{n \to +\infty}{\longrightarrow} \sigma^2$ [5].

Пусть мы имеем реализацию временного ряда $\{X(t_i)\}_{i=0}^n$, которая определяет цену какого-либо актива на рынке в моменты времени $\{t_i\}_{i=0}^n$. Построим нормированные величины следующим образом ($i = \overline{1,n}$):

$$\Delta Y(t_i) = \frac{X(t_i) - X(t_{i-1}) - \hat{\mu}(t_i - t_{i-1})}{\hat{\sigma}\sqrt{t_i - t_{i-1}}}, \qquad (3)$$

где в качестве оценок параметров μ и σ используются их ОМП $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}^2}$ из (2).

Далее проверяем гипотезу о согласии со стандартным нормальным распределением вероятностей для построенной выборки (3). Если гипотеза о согласии не отклоняется, то можно считать, что исходный процесс $X(t)$ может быть

описан моделью арифметического броуновского движения (1).

Воспользуемся ОМП (2) и подстановочным принципом в (1) :

$$\Delta\hat{X}(t) = \hat{\mu}\Delta t + \hat{\sigma}\Delta W(t).$$

Оценим вероятность процесса $X(t)$ оказаться выше уровня x через промежуток времени T:

$$\alpha = P\{X(t_n + T) > x\} = \quad (4)$$
$$P\left\{\frac{X(t_n+T) - X(t_n) - \hat{\mu}T}{\hat{\sigma}\sqrt{T}} > \frac{x - X(t_n) - \hat{\mu}T}{\hat{\sigma}\sqrt{T}}\right\}.$$

Оценим вероятность процесса $X(t)$ оказаться ниже уровня x через промежуток времени T:

$$\alpha = P\{X(t_n + T) < x\} = \quad (5)$$
$$P\left\{\frac{X(t_n) - X(t_n+T) + \hat{\mu}T}{\hat{\sigma}\sqrt{T}} > \frac{X(t_n) - x + \hat{\mu}T}{\hat{\sigma}\sqrt{T}}\right\}.$$

Для игры на бинарных опционах предлагается установить вероятность α и фиксированное время исполнения T, при которой будет достигнут уровень x или результат лучше уровня x.

Так как величина $\frac{X(t_n+T)-X(t_n)-\hat{\mu}T}{\hat{\sigma}\sqrt{T}}$ имеет в асиптотике $T \to +\infty$ стандартное нормальное распределение, то для случая (4) $x = X(t_n) + \hat{\mu}T + \Phi^{-1}(1-\alpha)\hat{\sigma}\sqrt{T}$ и для случая (5) $x = X(t_n) + \hat{\mu}T - \Phi^{-1}(1-\alpha)\hat{\sigma}\sqrt{T}$, где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int\limits_{-\infty}^{z} e^{\frac{-y^2}{2}}dy$ – функция распределения стандартного нормального закона.

Таким образом, для игры на бинарных опционах необходимо определить вероятность, на которую согласен трейдер для достижения уровня, и время, которое трейдер готов ожидать, тем самым определяется уровень, который достигнет процесс или улучшит его.

II. Применение стратегий игры на бинарных опционах

В качестве примера применим вторую стратегию игры на бинарных опционах. Рассмотрим бинарный опцион на фондовый индекс CBOE Volatility Index (VIX), предлагаемый Чикагской фондовой биржей. Данные рассматриваются в период с 10.04.2017 по 12.05.2017 с интервалом в один день [3]. Данные представляют собой коэффициент стоимости одного опциона. Чтобы получить стоимость опциона, необходимо коэффициент стоимости умножить на 100$, при этом максимальная стоимость этого бинарного опциона равна 100$.

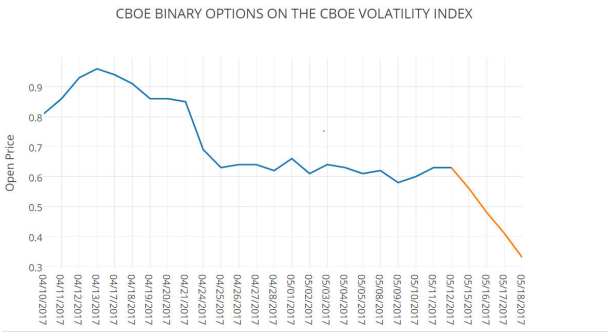


Рис. 1 – Показатель индекса CBOE Binary Options On The CBOE Volatility Index (VIX) с 10.04.2017 по 12.05.2017 и его прогноз на 18.05.2017

Оценка дрейфа: $\hat{\mu} = -0.0075$, оценка волатильности: $\hat{\sigma} = 0.045$. Составим прогноз на $T = 4$ дня: $\hat{X}(t_n + T) = 0.33$

Так как оценка дрейфа отрицательная, то есть тренд убывающий, то имеет смысл продать бинарный опцион, чтобы минимизировать потери.

Заключение

В этой работе изучен бинарный опцион, его суть, правила игры на бирже, предложены стратегии получения прибыли на бинарных опционах, которые будут изучаться в дальнейшем. Рассмотрено арифметическое броуновское движение как модель для прогнозирования поведения цены бинарного опциона. В работе изучено применение модели арифметического броуновского движения для одного фондового индекса, однако планируется рассмотреть применение модели ко множеству видов активов и поставить вопрос о применении некоторых иных моделей для прогнозирования бинарных опционов.

1. Cory Mitchell. A Guide To Binary Options In The U.S. [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.investopedia.com/articles/active-trading/061114/guide-trading-binary-options-us.asp. – Date of access: 16.05.2017
2. Maverick, J. B. What is the history of binary options? [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.investopedia.com/ask/answers/040715/what-history-binary-options.asp. – Date of access: 16.05.2017
3. CBOE Binary Options On The Volatility Index (VIX) data. [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.cboe.com/delayedquote/quote-table?ticker=BVZ. – Date of access: 16.05.2017
4. Матылицкий, М. А. Вероятность и случайные процессы: теория, примеры, задачи / М. А. Матылицкий. –Гродно: ГрГУ, 2006. –588с.
5. Жук Е. Е. Статистический анализ случайных процессов броуновского движения, возвращающихся на фиксированный уровень // Весці НАН Беларусі. – мат. навук. – 2009. – № 3 . – С. 4–9.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СБОРКИ ТРАНСКРИПТОМА ЧЕЛОВЕКА

Артанова Д. П., Яцков Н. Н., Гринев В. В.
Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, кафедра генетики, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {yatskou, grinev_vv}@bsu.by, darya.artanova@gmail.com

В данной работе изучена и выполнена сборка транскриптома против референса. Предложены рекомендации для оптимальной программной реализации сборки транскриптома против референсной последовательности.

Введение

Оптимальное применение существующих алгоритмов и программных средств для сборки секвенированных последовательностей ДНК и РНК является одной из важнейших задач биоинформатики [1]. Выделяют два принципиально различных подхода к сборке: с использованием референсной последовательности – уже собранного транскриптома или генома данного организма, или организма, родственного исследуемому, и сборка de novo.

Целью данной работы является изучение наиболее популярных программных средств для сборки данных секвенирования против референсной последовательности, исследование особенностей их работы на примерах смоделированных наборов данных и в процессе сборки прочтений транскриптома человека, полученных в результате секвенирования, а также разработка программной реализации оптимального способа сборки в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

I. Моделирование прочтений

Моделирование данных секвенирования представляет собой программную генерацию прочтений существующей (также смоделированной или полученной экспериментально) последовательности нуклеотидов. Необходимость в моделировании прочтений возникает, когда нужно проверить правильность работы тех или иных инструментов для обработки прочтений, а сделать это на экспериментально полученных прочтениях невозможно, так как их характеристики обычно неизвестны.

В процессе моделирования данных секвенирования можно выделить 2 этапа:

- фрагментация;
- секвенирование.

На этапе фрагментации последовательность, с которой будут моделироваться прочтения, разбивается на участки, длины которых распределены по определенному закону. На этапе секвенирования с фрагментов последовательности считываются прочтения.

Для моделирования прочтений использовался программный пакет Polyester, который создает прочтения, максимально похожие на получаемые с помощью технологии секвенирования Illumina, для чего использует программную имитацию этой технологии, генерируя и комплементарные последовательности.

II. Сборка с выравниванием на референс

Основная идея в сборке последовательностей с выравниванием на референс состоит в том, чтобы найти в референсной последовательности участки, максимально похожие на экспериментально полученные прочтения, – картировать прочтения – тем самым определив исходный порядок их следования [2]. В связи с тем, что геном человека состоит из 3 253 848 404 пар нуклеотидов, эта задача имеет большую вычислительную сложность.

Процесс сборки с выравниванием на референс можно разделить на следующие этапы:

- индексирование референсной последовательности;
- картирование прочтений;
- поиск вариантов и сборка.

Сборка транскриптома производилась на компьютере с процессором Intel Core i5-4210U @1.70 ГГц x4 и 8 ГБ оперативной памяти.

Для картирования экспериментальных прочтений в формате FASTQ на референсную последовательность использовались программные пакеты Bowtie 2 [3] и BWA [4]. В их основе лежит алгоритм, использующий преобразование Барроуза–Уилера и FM-индекс [5,6]. В качестве референсной последовательности рассмотрен геном человека hg38 в формате FASTA. Для обработки результатов выравнивания использовались программные пакеты SAMtools и BCFtools.

III. Результаты

В пакете Polyester смоделированы наборы прочтений с различающимися характеристиками, такими как длина и вероятность ошибочного нуклеотида. На смоделированных данных протестирована работа инструментов картирования BWA и Bowtie 2.

На наборе данных с прочтениями, длиной около 15 пар оснований, с задачей картирования не справился ни BWA, ни Bowtie 2; на наборе данных с прочтениями, длиной больше 250 пар оснований, удалось выровнять на референс абсолютно все прочтения с помощью обоих программных пакетов. BWA и Bowtie 2 одинаково хорошо справились с обработкой данных, содержащих большое количество ошибок: на наборе данных, содержащем 5% ошибочных нуклеотидов, 99,7% прочтений были успешно картированы, при использовании как BWA, так и Bowtie 2. При этом эти программные пакеты не рекомендуются для обработки данных, содержащих более, чем 2% ошибок, ввиду того, что нецелесообразно использование метода секвенирования, создающего настолько неточные наборы данных.

Из полученных результатов картирования можно сделать вывод, что BWA и Bowtie 2 справились с задачей картирования на одном уровне, причем существует явная зависимость качества выравнивания прочтений от их длины и процентного содержания в них ошибочных нуклеотидов.

Экспериментальный набор содержал 101 948 412 парных прочтения, и в результате работы BWA 80 354 002 из них (78,8%) выровнялись на референс попарно, в результате работы Bowtie 2 попарно выровнялись 78 527 108 (78%) прочтений; около 1% прочтений не выровнялось вообще, что является приемлемым результатом картирования транскриптома человека; остальные прочтения выровнялись на референсную последовательность по отдельности в ходе работы каждого из инструментов. Такой результат картирования прочтений транскриптома человека можно считать успешным.

При сборке в условиях ограниченных вычислительных ресурсов большую роль играют встроенные средства оптимизации вычислений программных пакетов, определяющих и время работы, и потребление ресурсов. В таблице 1 представлены оценки характеристик вычислительных ресурсов, используемых в процессе сборки (через дробь указаны значения для смоделированных и экспериментальных прочтений).

Таблица 1 – Сравнительный анализ потребляемых вычислительных ресурсов

Этап	Программа	Память, ГБ	Параллельные вычисления	Время, мин
Картирование	Bowtie 2	<1/4,1	да	~11/570
Картирование	BWA	<1/5,3	нет	~11/590
Сборка	SAMtools	~3	нет	3/30
Сборка	BCFtools	~3	нет	20/180

Кроме проанализированных в таблице вычислительных ресурсов, необходимо учитывать емкость накопителя, используемого для хранения информации. Суммарный размер всех файлов, необходимых для сборки и создаваемыми в ее процессе, составляет около 80 ГБ.

Заключение

В данной работе реализована имитационная модель секвенирования транскриптома и исследованы программные пакеты сборки транскриптома против референсной последовательности; предложен эффективный программный способ сборки транскриптома, включающий индексирование референсной последовательности и выравнивание на нее прочтений с помощью преобразования Барроуза–Уилера. С использованием предложенного программного способа сборки выполнен анализ смоделированных данных и сборка экспериментальных прочтений транскриптома человека и проведен анализ необходимых для этого вычислительных ресурсов. По результатам этого анализа можно сделать следующие выводы:

- минимальное необходимое количество оперативной памяти для сборки транскриптома человека – 6 ГБ;
- примерное необходимое количество времени для сборки полного транскриптома человека – 23 ч;
- время сборки напрямую зависит от вычислительной мощности процессора и от количества процессорных единиц, так как в некоторых программных пакетах существует возможность распараллеливать вычисления;
- при использовании предложенного программного способа, сборка транскриптома человека с выравниванием на референс выполнима в условиях ограниченных вычислительных ресурсов, например, на ПК.

1. Henson, J., Tischler, G., Nin, Z. Next-generation sequencing and large genome assemblies. // PMC. / J. Henson, G. Tischler // – Cambridge, 2012.
2. Tamazian, G. Chromosomer: a reference-based genome arrangement tool for producing draft chromosome sequences / G. Tamazian // – BioMed Central, 2012.
3. Langmead, B. Fast gapped-read alignment with Bowtie 2 /B. Langmead // – NCBI, 2012
4. Li, H., Durbin R. Fast and accurate short read alignment with Burrows–Wheeler transform / H. Li, R. Durbin // – NCBI, 2009
5. Burrows, M., Weeler D. J. A Block-sorting Lossless Data Compression Algorithm / M. Burrows, D. J. Weeler // – Palo Alto : Systems Research Center, 1994.
6. Ferragina, P., Venturini, R. FM-Index Version 2 /P. Ferragina, R. Venturini // – University of Pisa, 2000

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ, РАЗМЫТОМУ ДВИЖЕНИЕМ

Будилов В. Н., Ермолов А. Г.
Поволжский государственный университет сервиса
Тольятти, Российская Федерация
E-mail: neuropower@yandex.ru, red_druid@mail.ru

Предложен способ определения траектории движения объекта по кадру, размытому движением. Способ реализуется при помощи размещения на объекте контрастной метки в виде двумерного сложного сигнала и согласованной фильтрации снятого изображения. Показана низкая чувствительность результата обработки к аддитивному нормальному шуму в кадре.

Введение

В настоящее время продолжается расширение сферы применения цифровой обработки видеоинформации на все новые области. К их числу относятся, например, системы контроля колебаний различных объектов [1, 2, 3]. В ряде таких случаев существенным мешающим фактором является размытие (смазывание) изображения движением объекта. Поэтому остается актуальным поиск способов максимально полного извлечения информации о движении, в том числе из смазанных кадров.

Получение изображения траектории объекта при движении по кадру за время экспозиции проще всего осуществить, если объект точечный и самосветящийся на темном фоне. Например, таковы будут изображения движения звезд на ночном небе при их съемке неподвижной камерой с длительной выдержкой. В этом случае достаточно просто улучшить контраст, чтобы ясно увидеть траекторию.

Целью настоящей работы была разработка способа получения изображения траектории, пригодного для тех случаев, когда объект протяженный и не самосветящийся, но к нему возможен доступ.

I. Способ определения траектории движения объекта

Предлагаемый способ состоит в том, что:

- до съемки на объекте нужно разместить (накрасить или прикрепить) контрастную метку, которая будет служить двумерным опорным сигналом [4];
- после съемки кадра его следует обработать методом согласованной линейной фильтрации;
- затем для отделения траектории от шумового фона может быть достаточно простой нелинейной обработки типа сравнения с порогом.

Далее изображение может быть дополнительно улучшено, например, методами морфологической обработки, выделяющими линию траектории. На последнем этапе возможна его векторизация. Эти возможности нами пока не исследовались.

Нахождение наиболее подходящей метки представляет собой отдельную сложную проблему. Требуемые методы вычислений выходят за рамки данного исследования. Поэтому мы выбрали эмпирически метку, представленную на рис. 1. Ее изображение напоминает зонную пластину Френеля. Такая метка обладает свойствами, важными для обсуждаемой задачи:

- круговая симметрия упрощает ее применение для объектов, осуществляющих не только поступательные движения, но и повороты;
- абсолютная величина боковых экстремумов автокорреляционной функции по отношению к ее центральному максимуму (так называемый уровень боковых лепестков) не превышает 6%.

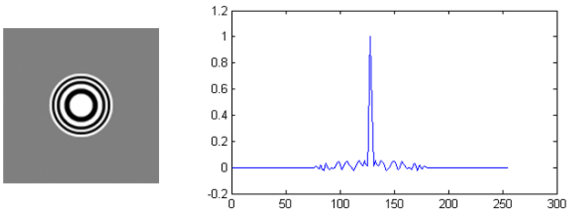


Рис. 1 – Метка (слева) и центральное сечение ее нормированной автокорреляционной функции (справа)

Для подтверждения работоспособности рассмотренного способа мы провели его компьютерное моделирование.

II. Методика моделирования

Вся обработка изображений проводилась в среде MATLAB с тулбоксом Image Processing. Изображение метки подготавливалось с передискретизацией в сетке 512*512 для уменьшения эффектов муара. Затем проводилась имитация датчика изображения с помощью скользящего усреднения по 5*5 отсчетов сетки функцией imfilter и субдискретизации в размер 128*128 функцией imresize.

Размытие движением вдоль прямолинейного отрезка моделировалось применением imfilter

с параметром функции рассеяния точки motion. Моделировались также непрямолинейные ломаные траектории, состоящие из нескольких прямых отрезков. В этом случае смазанное изображение представляло собой сумму нескольких изображений, подготовленных с помощью imfilter.

Для наложения нормального белого шума, имитирующего шум датчика изображения, применялись функции randn и imadd. Согласованная фильтрация выполнялась с помощью функции xcorr2, которая вычисляет двумерную взаимную корреляционную функцию. Пороговая обработка проводилась путем преобразования изображения в двухградационное функцией im2bw с порогом, равным половине диапазона яркостей.

III. Результаты моделирования

Мы проверили способ на нескольких различных траекториях, включая прямые отрезки, движение по сторонам треугольника, квадрата и по произвольной ломаной линии. Некоторые примеры приведены ниже.

На рис. 2 показаны результаты для случая отсутствия аддитивного шума. На двухградационных выходных изображениях четко видна траектория движения. При траектории в виде ломаной (снизу) можно заметить точечный артефакт, который появился, возможно, вследствие неоптимальности метки.

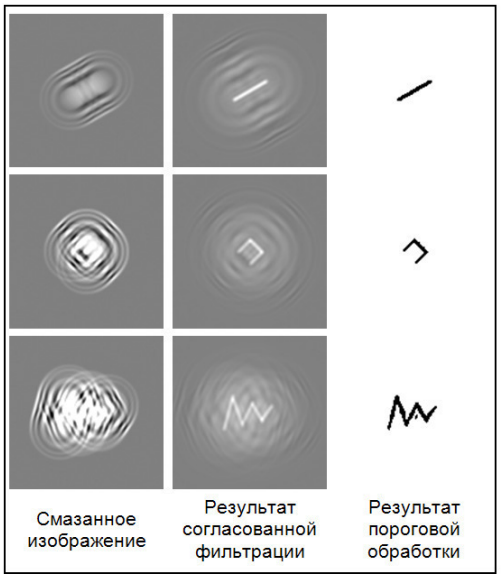


Рис. 2 – Смазанные изображения при различных траекториях движения и результаты их обработки

На рис. 3 иллюстрируется воздействие аддитивного шума. Указанный уровень представляет собой среднеквадратичное отклонение нормального белого шума относительно полного диапазона яркостей. Выходные изображения показывают, что обсуждаемый способ мало чувствителен к воздействию такого вида помех. Даже когда исходное смазанное изображение тонет в шуме, на выходе траектория уверенно прослеживается, хотя и несколько увеличивается количество точечных артефактов.

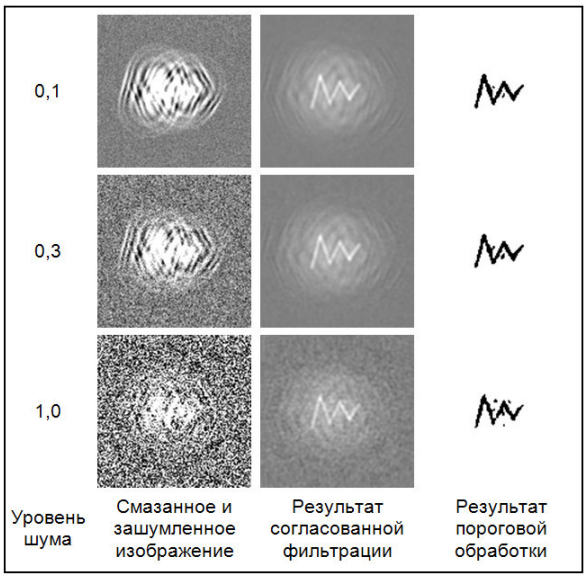


Рис. 3 – Сравнение влияния аддитивного шума различного уровня

Заключение

Таким образом, подтверждено, что с помощью согласованной фильтрации можно определить траекторию движения объекта по кадру, размытому движением, если на объекте размещена метка в виде двумерного сложного сигнала.

Показано, что предложенный способ обладает низкой чувствительностью к аддитивному нормальному шуму. В перспективе предполагается продолжение исследования дополнительных этапов обработки изображения с целью подавления точечных артефактов и векторизации траектории.

1. Kawai, H. Anti-sway system with image sensor for container cranes / H. Kawai, Y. B. Kim, Y. W. Choi // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2009. – V. 23. – N. 10. – P. 2757–2765.
2. Kim, S. W. Multi-point Displacement response measurement of civil infrastructures using digital image Processing / S. W. Kim, N. S. Kim // The Proceedings of the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction – EASEC12. – Procedia Engineering. – 2011. – V. 14. – P. 195–203.
3. Ye, X. W. A vision-based system for dynamic displacement measurement of long-span bridges: algorithm and verification / X. W. Ye, Y. Q. Ni, T. T. Wai, K. Y. Wong, X. M. Zhang, F. Xu // Smart Structures and Systems. – 2013. – V. 12. – N. 3–4. – P. 363–379.
4. Будилов, В. Н. Двумерные опорные сигналы для видеосистем контроля колебаний / В. Н. Будилов, А. Г. Ермолов // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы международной научной конференции. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 32–33.

ОБНАРУЖЕНИЕ МОМЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

Лобач В. И. Артем А. Ю.
Кафедра математического моделирования и анализа данных, Факультет прикладной математики и информатики, Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lobach@bsu.by, anastasia.artyomyandex.ru

Рассматривается задача обнаружения момента скачкообразного изменения математического ожидания случайной последовательности на основе критериальной статистики, построенной по коэффициентам вейвлет-преобразования исходного сигнала.

Теория вейвлетов дает удобный и эффективный инструмент для решения многих практических задач. Основная область применения вейвлет-преобразований – анализ и обработка сигналов, изображений, функций, нестационарных во времени или неоднородных в пространстве, когда результаты анализа должны содержать не только частотную характеристику сигнала (распределение энергии сигнала по частотным составляющим), но и сведения о локальных координатах, на которых проявляют себя те или иные группы частотных составляющих или на которых происходят быстрые изменения частотных составляющих сигнала. По сравнениям с расположением сигналов на ряды Фурье вевлеты способны с гораздо более высокой точностью представлять локальные особенности сигналов, вплоть до разрывов 1-го рода (скачков). В отличие от преобразования Фурье, вевлет-преобразование одномерных сигналов обеспечивает двумерную развертку, при этом частота и координаты рассматриваются как независимые переменные, что дает возможность анализа сигналов сразу в двух пространствах. Одна из главных и особенно плодотворных идей вейвлетного представления сигналов на различных уровнях декомпозиции заключается в разделении функций приближения к сигналу на две группы: аппроксимирующую – грубую, с достаточно медленной временной динамикой изменений, и детализирующую – с локальной и быстрой динамикой изменений на фоне плавной динамики, с последующим их дроблением и и детализацией на других уровнях декомпозиции сигналов. Скачкообразное изменение математического ожидания описывается разрывом 1-го рода непрерывной функции, поэтому вейвлет-коэффициенты разложения сигнала по вейвлет-базису в момент разладки имеют максимальные абсолютные значения. На этом свойстве вейвлет-коэффициентов строятся статистики критериев обнаружения моментов изменения свойств исследуемого сигнала.

I. Вейвлет-анализ временных рядов

Рассмотрим цифровой сигнал длительности $T = 2^M$.

$$x = (x_0, x_1, \ldots, x_{T-1}),\ x_t \in R. \qquad (1)$$

Будем рассматривать дискретное вейвлет-преобразование этого временного ряда (1). Оно заключается в вычислении коэффициентов

$$g_k = \sum_{t=0}^{T-1} x_t \psi_{jk}(t),\ j = \overline{1, M},\ k = \overline{0, 2^{M-j} - 1},$$

где $\{\psi_{jk}\}$ – семейство вейвлетов, полученное из материнского вейвлета по формуле

$$\psi_{jk}(t) = \sqrt{2^j}\psi(2^j t - k),\ j = \overline{1, M},\ k = \overline{0, 2^{M-j} - 1},$$

где j – параметр масштаба (так называемый уровень разрешения), k – параметр сдвига. Часто в качестве материнского вейвлета берут вейвлет Хаара:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t < \frac{1}{2}, \\ -1, & \frac{1}{2} \le t < 1, \\ 0, & t < 0 <, t \ge 1. \end{cases}$$

Для анализа сигналов произвольной длительности T (не обязательно степенью двойки $T = 2^M$) можно поступать следующим образом.
1. Использовать непрерывное вейвлет-преобразование, но тогда значительно возрастает вычислительная сложность алгоритма.
2. Использовать диадное вейвлет-преобразование в “в скользящем окне” длины степени двойки.
3. Дополнить временной ряд до длины, равной степени двойки, добавляя в конец ряда значения, полученные экстраполяцией исходного ряда.

Важным приложением вейвлет-анализа временных рядов является обнаружение моментов “разладки” сигналов.

II. Обнаружение “скачкообразных” изменений среднего значения сигнала

Обнаружение “скачкообразных“ изменений среднего значения сигнала, которые описывают процессы в экономике, технике и других приложениях, является актуальной прикладной зада-

чей. Предположим, что сигнал описывается следующей моделью:

$$x(t) = f(t)+\varepsilon(t),\ f(t) = \begin{cases} \mu, & 0 \le t \le t_0 - 1, \\ \mu + \tau, & t \ge t_0, \end{cases}$$

где $\varepsilon(t)$, $t = 0, \ldots, T-1$ – независимые одинаково распределенные случайные величины с нулевыми математическими ожиданиями и конечной дисперсией σ^2; t_0 – момент времени, в который происходит скачкообразное изменение математического ожидания (среднего) временного ряда, τ – величина скачка.

Определим нулевую гипотезу H_0, состоящую в том, что $\tau = 0$. т.е. анализируемый сигнал не имеет "скачкообразных" изменений среднего, и альтернативную гипотезу $H_1 = \bar{H}_0$, состоящую в том, что $\tau \neq 0$, т.е. в момент времени t_0 временной ряд имеет "скачкообразное" изменение.

III. Критерий, основанный на максимуме сумм вейвлет-коэффициентов

Определим следующую статистику:

$$V_j = \sqrt{2^M} \sum_{k=0}^{2^M - j} c_{jk}.$$

Так как вейвлет-коэффициенты c_{jk} на каждом уровне разрешения являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами. т.е. удовлетворяют условиям центральной предельной теоремы, то можно показать, что при выполнении нулевой гипотезы H_0 статистика $\dfrac{V_j}{\hat{\sigma}\sqrt{T}}$ имеет асимптотически стандартное нормальное распределение $N(0,1)$. Пусть

$$V = \max\{|V_0|, |V_1|, \ldots, |V_M|_1\}.$$

Квантиль уровня n функции распределения случайной величины V вычисляется по формуле

$$Q(n) = -\sqrt{n}\Phi^{-1}\left(\left(1 - n^{\frac{1}{M}}\right)/2\right),$$

поэтому критерий проверки нулевой гипотезы об отсутствии скачкообразных изменений среднего значения сигнала может быть записан в виде

$$d = \begin{cases} H_0, & V > -\sqrt{n}\Phi^{-1}\left(\dfrac{1-(1-\alpha)^{\frac{1}{M}}}{2}\right), \\ H_1, & \text{иначе.} \end{cases}$$

IV. Обнаружение разладок бинарных последовательностей

Рассмотрим частный случай задачи обнаружения момента изменения свойств цифрового сигнала, имеющий важное значение в криптографии, а именно задачу обнаружения момента разладки бинарной последовательности. Будем рассматривать сигнал x_t, $t = 0, 1, \ldots, T-1$, значения которого либо $+1$, либо -1, т.е. $x_t \in \{-1, 1\}$. Предположим, что этот сигнал имеет разладку в некоторый неизвестный момент времени τ, $\tau \in \{\tau_-, \tau_- + 1, \ldots, \tau_+\}$, где $0 < \tau_- < \tau_+ < T-1$, – некоторые априорно заданные граничные значения. Таким образом, последовательность $\{x_t\}$, $t = 0, 1, \ldots, T-1$, состоит из двух фрагментов бинарных последовательностей:

$$x_t = \begin{cases} x_{1t}, & 0 \le t \le \tau - 1, \\ x_{2t}, & \tau \le t \le T - 1, \end{cases}$$

причем $\mathrm{P}\{x_{1t} = 1\} = p_1$, $\mathrm{P}\{x_{2t} = 1\} = p_2$, $p, p_1 \in (0, 1)$.

Нулевая гипотеза состоит в том, что последовательность $\{x_t\}$, $t = 0, 1, \ldots, T-1$, не имеет разладки, альтернатива в том, что разладка произошла в некоторый неизвестный момент времени τ:

$$H_0 : \quad p_1 = P_2,$$

$$H_1, \quad p_1 \neq P_2.$$

Критерий обнаружения разладки, основанный на использовании порогового значения, состоит в следующем: последовательность $\{x_t\}$, $t = 0, 1, \ldots, T-1$ имеет разладку, если хотя бы на одном уровне размещения j выполняется условие

$$|c_{jk}| > \lambda,\ j = \overline{1, M},\ k = \overline{0, 2^{M-j} - 1}.$$

В качестве порогового значения будем использовать универсальное пороговое значение для всех уровней разрешения, предложенное в работе []:

$$\lambda = \sigma\sqrt{2\log_2 T},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение элементов анализируемой последовательности.

Если факт наличия разладки установлен, то оценка момента разладки вычисляется по формуле

$$\hat{\tau} = 2^{j*}(k* + 0.5),$$

где $(j*, k*) = \mathrm{argmax}|c_{jk}|$.

V. Компьютерные эксперименты

Для анализа эффективности описанного выше алгоритма обнаружения момента разладки разработана программа на языке $C\sharp$ в среде Microsoft Visual Studio 2010. Проводилась оценка вероятностей ошибок первого и второго рода. Число моделируемых последовательностей 100. Для оценки вероятностей ошибок первого рода моделировались бинарные последовательности длиной $T = 2^8, 2^{10}, 2^{12}$ с вероятностью $p_1 = 0.5$. Для оценки вероятностей ошибок второго рода моделировались последовательности длины $T = 2^{14}$ с разладками в моменты $\tau = 2^7, 2^9, 2^{11}$, $p_1 = 0.5$; $p_2 \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4\}$. Результаты проведенных экспериментов показали работоспособность и эффективность предложенного критерия обнаружения разладки бинарных последовательностей.

ПРИМЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Лобач С. В.
Кафедра математического моделирования и анализа данных,
Факультет прикладной математики и информатики,
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lobachЫ@bsu.by

Рассматривается задача непараметрического прогнозирования временных рядов на основе дискретного вейвлет-преобразования. Построены прогнозирующие статистики в виде разложения по вейвлет-базису.

Введение

Важной проблемой в теории временных рядов является задача прогнозирования будущих значений временного ряда по прошлым данным [1]. Пусть $X_T = \{x(t)\}$, $t=0,1,\ldots,T-1$, – наблюдаемый временной ряд, математическая модель которого соответствует некоторой заданной гипотетической модели. Требуется построить прогнозирующую статистику $g(X_T)$ для оценивания значения временного ряда в момент времени $t = T-1+\tau$, τ – горизонт прогнозирования. В зависимости от типа прогноза рассматривают точечный и интервальный прогноз. В случае точечного прогноза необходимо построить прогнозирующую статистику $g(X_T)$, т.е. $\hat{x}(T-1+\tau) = g(X_T)$, а в случае интервального прогноза – две прогнозирующих статистики $g_1(X_T)$ и $g_1(X) < g_2(X)$, таких, что с вероятностью $\gamma \in (0,1)$ значение $x_{T-1+\tau}$ попадает в интервал $(g_1(X_T), g_2(X_T))$. В зависимости от сделанных предположений относительно гипотетической модели различают праметрическое и непараметрическое прогнозирование. В случае параметрического моделирования постулируется некоторая гипотетическая модель временного ряда (например, регрессионная модель, модель авторегрессии, ARMA-модель, ARIMA-модель, ARCH-модель и т.д.), которая определена с точностью до параметров. По наблюдениям X_T строят оценки параметров модели. Построенная оценка подставляется в уравнения, задающие гипотетическую модель временного ряда. В случае непараметрического прогнозирования предполагается, что модель временного ряда задается в виде $x(t) = f(t) + \varepsilon_t$, где $\{\varepsilon_t\}$ – последовательность случайных величин, $f(x)$ – неизвестная функция. Проблема заключается в построении оценки этой функции. Обычно для построения оценки функции $f(t)$ используются ядерные оценки.

В данной работе рассматривается подход, основанный на использовании вейвлетов для оценки функции $f(t)$.

I. Вейвлеты для временных рядов

Пусть $f(t)$, $t \in [0,T]$, – некоторая функция, причем ее область определения может быть и конечным множеством $\{0,1,\ldots,T-1\}$. Под вейвлет-анализом понимается разложение функции в следующей форме [2].

$$f(t) = \sum_j \sum_k c_{jk}\psi_{jk}(t), \tag{1}$$

где

$$\psi_{jk}(t) = 2^{j/2}\psi\left(2^j t - k\right). \tag{2}$$

Функция $\psi(t)$ в (2) называется материнским вейвлетом. Часто в приложениях в качестве $\psi(t)$ берут функцию Хаара:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t < \dfrac{T}{2}, \\ -1, & \dfrac{T}{2} \le t < T. \end{cases}$$

В случае непрерывного времени и ортогональности свойства функций $\psi_{jk}(t)$ коэффициенты разложения (1) вычисляются по формулам

$$c_{jk} = \frac{\int\limits_0^T \psi_{jk}(t)f(t)dt}{\int\limits_0^T \psi_{jk}(t)^2 dt}. \tag{3}$$

Формула (3) отражает процедуру анализа функции, а формула (1) – процедуру синтеза функции.

Для непараметрической модели временного ряда

$$x(t) = f(t) + \varepsilon(t)$$

вейвлет-анализ заключается в построении оценок коэффициентов $\hat{c}_{jk}$ и в ограничении количества членов в разложении (1).

II. Статистические свойства конечного вейвлет-преобразования временного ряда

Рассмотрим последовательность $x(t)$, $t = 0,1,\ldots,T-1$, где $\{x(t), t \in Z\}$ является стационарным случайным процессом с нулевым математическим ожиданием ковариационной функции $\gamma(t)$, и $T = 2^M$. Для $j = 1,2,\ldots,M$

и $k = 0, 1, \ldots, \left(2^{(M-J)} - 1\right)$, определим конечное вейвлет-преобразование заданной последовательности наблюдений

$$d_{jk} = \sum_{t=0}^{T-1} x(t)\psi_{jk}(t).$$

Непосредственными вычислениями можно убедиться в том, что

$$E\{d_{jk}\} = 0,$$

$$\mathrm{Var}\{c_{jk}\} = \sum_{l=-(T-1)}^{T-1} \gamma(u) \sum_{t=0}^{T-1-|l|} \psi_{jk}\psi_{jk}(t + |l|).$$

Вейвлеты Хаара являются наиболее широко используемыми вейвлетами из-за простоты их компьютерной реализации. По сути применяются две операции: взятие среднегоарифметического значения и взятие полуразности между двумясоседними значениями функции. Проиллюстрируем это на примере. Пусть задана дискретная функция $f(x) = \{7\ 5\ 1\ 9\}$.

На уровне разрешения $j = 4$ имеем все значения дискретной функции. На уровне $j = 2$ значения 6 и 5 получаются как средние значений 7 и 5, 1 и 9; детализирующие коэффициенты -1 4 получаются следующим образом: $(5-7)/2$, $(9-1)/2$. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут уровень разрешения $j = 1$. Вейвлет-проеобразование Хаара функции имеет вид $H\{f(t)\} = \{5.5\ -0.5\ -1\ 4\}$, т.е.получается комбинациейобщего среднегозначения и детализирующих коэффициентов.

В случае вейвлета Хаара коэффициенты d_{jk} принимают вид

$$d_{jk} = 2^{-j/2}\left(\sum_{t=k2^j}^{2^j(k+0.5)} x(t) - \sum_{t=2^j(k+0.5)}^{2^j(k+1)} x(t)\right).$$

В качестве порогового значения будем использовать универсальное пороговое значение для всех уровней разложения j, предложенное в работе [3],

$$\lambda = \sigma \cdot \sqrt{2\log_2 T},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение последовательности $x(t)$. Таким образом, коэффициенты разложения (1) будут определяться по формулам

$$d^*_{jk} = \begin{cases} d_{jk}, & \text{если} \quad |d_{jk}| > \lambda, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

III. Компьютерные эксперименты

В качестве временного ряда использовались данные статистики торгов иностранными валютами за $T = 2^7 = 128$ торговых дней в период с 01.09.26 по 01.03.17. Получились следующие результаты: 1) доллар США – реальное значение 1.9002 на 01.03.17; спрогнозированное 1.9007; 2) евро – реальное значение 2.0003; спрогнозированное 1.9995. Результаты компьютерного моделирования показывают достаточно высокую эффективность использования вейвлетов в статистическом прогнозировании.

1. Харин, Ю. С. Оптимальность и робастность в статистическом прогнозировании / Ю. С. Харин. – Минск: БГУ, 2008. – 263 с.
2. Смоленцев, Н. К. Введение в теорию вейвлетов / Н. К. Смоленцев. – М.-Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2010. – 292 с.
3. Donoho, D. L. Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage / D. L. Donoho, I. M. Johnstone // Journal of the American Statistical Association. – 1995. – Vol. 90. – P. 1200–1221.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Обельовська К. М., Панова О. С.
Кафедра автоматизированных систем управления, Национальный университет «Львовская Политехника»
Львов, Украина
E-mail: obelyovska@gmail.com, olga.panova@ukr.net

Рассмотрена разработанная имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети, ориентированная на анализ, исследование и усовершенствование процессов происходящих на MAC-подуровне.

Введение

Современные телекоммуникационные сети принадлежат к сложным, динамическим и очень дорогим системам. Именно поэтому применение моделирования для исследования, анализа и совершенствования телекоммуникационных сетей является эффективным и актуальным. В качестве отдельных компонентов можно выделить моделирование процессов происходящих в реальных сетях на разных уровнях их архитектуры и моделирование трафика.

I. Постановка задачи

Современные телекоммуникационные сети строятся на основе архитектурного подхода, предусматривающего деление функций на уровни, которые в свою очередь реализуются с помощью различных протоколов.

В [1] проведен конструктивный анализ факторов, влияющих на эффективность компьютерных сетей на разных уровнях их архитектуры. Показано, что на эффективность обмена данными в сети существенное влияние оказывают процессы, происходящие на подуровне доступа к физической среде MAC (Media Access Control). Особенно эта закономерность проявляется в беспроводных компьютерных сетях, поскольку они используют общую разделяемую (shared) среду передачи.

Основными факторами, влияющими на эффективность MAC-подуровня беспроводных компьютерных сетей являются обязательное квитирование кадров, механизм предотвращения коллизий CSMA/CA (Carrier Sense Multiply Access/Collision Avoidance) и необходимость обслуживания разных классов трафика с требуемым для них качеством сервиса QoS (Quality of Services).

Учитывая тенденцию постоянного увеличения доли беспроводного доступа к сетям, требований к каачеству ее передачи, актуальной является задача усовершенствования подуровня доступа к физической среде MAC беспроводных компьютерных сетей, целесообразность применения для этой цели моделирования обоснована в ряде работ, в том числе и в [2].

II. Модель MAC-подуровня беспроводных компьютерных сетей

Для моделирования компьютерных беспроводных сетей наиболее часто используют аналитические и имитационные методы [3].

Среди преимуществ аналитического моделирования можно выделить большую степень усреднения, многократность использования; тем не менее наиболее полное исследование работы сети можно осуществить, если известны явные зависимости, связывающие искомые характеристики с начальными условиями, параметрами и переменными системы. Такие зависимости удается получить для довольно простых беспроводных сетей. Используя аналитическое моделирование, приходится существенно упрощать первичную модель сети, чтобы получить возможность изучить общие характеристики беспроводной сети.

Более сложные задачи можно решать с помощью имитационного моделирования. Имитационные модели дают возможность достаточно просто учесть случайные процессы влияния и другие факторы, создающие сложности при аналитическом моделировании. Имитационная модель воссоздает события и процессы, происходящие в реальной сети. К преимуществам имитационного моделирования можно отнести возможность описания элементов и процессов сети с высоким уровнем детализации; возможность исследования динамики взаимодействия элементов и процессов сети во времени и пространстве параметров сети; возможность существенно сократить время исследования сети в сравнении с исследованием реальной сети. На сегодняшний день существует достаточно много коммерческих и общедоступных симуляторов беспроводных сетей. Все они обладают рядом преимуществ и недостатков, областью применения и распространением среди инженеров и ученых. Среди общедоступных симуляторов беспроводных сетей наиболее популярными стали J-Sim, OMNeT++, NS-2 и ShoX.

В работах [4–6] показано, что имитационной модели, охватывающей все нюансы работы беспроводной сети, нет. Каждая из моделей имеет свои преимущества и недостатки. Детальное

исследование отдельных компонент, схем, изменение их с целью усовершенствования, внесения в них новых функций обычно требует разработки специализированных моделей узкого назначения. Нами разработана имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети ориентированная на исследование и усовершенствование существующих схем доступа MAC-подуровня. Объектом моделирования являются процессы происходящие на MAC-подуровне беспроводных локальных компьютерных сетей. Модель ориентирована на режим Infrastructure Mode, который позволяет моделировать и анализировать сети как с единственной точкой доступа (Access Point), так и разветвленные беспроводные сети, состоящие из набора сегментов, связанных между собой с помощью точек доступа.

В разработанной компьютерной модели реализована поддержка режимов работы согласно ряда спецификаций стандарта 802.11. Особое внимание уделено реализации механизма предотвращения коллизий CSMA/CA, распределенной функции координации DCF (Distributed Coordination Function) и расширенному распределенному доступу к каналу EDCA (Enhanced Distributed Channel Access), механизма резервирования среды RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send).

Концептуальная модель компьютерной имитационной модели построена с использованием диаграмм UML (Unified Modeling Language), программная реализация модели управления доступом к физической среде беспроводной сети разработана с помощью объектно-ориентированного языка программирования C++.

Примененный при разработке модели управления доступом к физической среде объектно-ориентированный подход программирования позволяет изменять или расширять реализованные по умолчанию особенности функционирования: методы доступа обеспечением качества обслуживания или их отсутствие, число категорий доступа, параметры MAC и физического уровней, состояние среды, интенсивность и закон распределения входных потоков кадров.

При разработке модели трафика сети учитывалось, что загруженность беспроводных сетей является переменной величиной, меняющейся со временем, реже – насыщенной, когда в очереди станции всегда находятся кадры для передачи. В имитационной модели предусмотрена возможность задания и изменения загруженности сети во время симуляции работы беспроводной сети. Учитывая, что в реальной сети интенсивность поступления кадров в сеть для одних станций может быть высокой, для других – низкой, в придачу она изменяется во времени, кроме равномерного распределения загрузки между станциями в модели трафика предложен механизм распределения сетевой загрузки между станциями согласно выбранному закону вероятностного распределения случайных величин. Таким образом, разработанная модель трафика позволяет регулировать изменение интенсивности каждой станции, как по величине интенсивности, так и во времени.

Верификация результатов работы разработанной модели управления доступом к физической среде при различных условиях функционирования проводилась в сравнении с результатами работ аналитических моделей, симулятора NS-2 и данных физических измерений. Анализ показал корректность и достаточную точность модели, для большинства проведенных экспериментов разница между сравниваемыми результатами не превышала 2-15 %.

Выводы

Разработана имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети, позволяющая изменять или расширять реализованные по умолчанию схемы доступа, адаптировать их к входным потокам и состоянию среды.

Доклад подготовлен по результатам выполнения совместного украинско-австрийского научно-исследовательского проекта 014 U 001612 «Моделирование трафика и телекоммуникационных сетей».

1. Ліскевич Р., Обельовська К., Сидоренко Р. Аналіз факторів впливу на ефективність комп'ютерних мереж з використанням архітектурного підходу. Матеріали IX-ої Українсько-польської науково-практичної конференції ЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЕлІТ-2017) 28-31 серпня 2017 р. Львів-Чинадієво, Україна, ст. 106–108.
2. Панова О. С. Методи та моделі управління доступом до фізичного середовища безпровідних комп'ютерних мереж : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : 05.13.06 / Ольга Сергіївна Панова ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2017. – 21 с. : іл., табл., граф., формули, схеми. – Бібліогр.: с. 20–21 (15 назв).
3. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
4. Di P. Towards Comparable Network Simulations / P. Di, Y. Houri, K. Kutzner, T. Fuhrmann // Technical Report 2008–9, ISSN 1432–7864, Dept. of Computer Science, Universität Karlsruhe (TH). – 2008.
5. Orfanus D. Performance of wireless network simulators: a case study / D. Orfanus, J. Lessmann, P. Janacik, L. Lachev // Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Performance Monitoring and Measurement of Heterogeneous Wireless and Wired Networks, PM2HW2N 2008, Vancouver, British Columbia, Canada, October 31, 2008. – P. 59–66.
6. Lessmann J. Comparative Study of Wireless Network Simulators / J. Lessmann, P. Janacik, L. Lachev, D. Orfanus // Proceedings of the Seventh International Conference on Networking, (April 13–18, 2008). IEEE Computer Society, Washington, DC. – P. 517–523.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫЧИСЛЯЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ В СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТАБЛИЧНЫХ ДОКУМЕНТАХ

Парамонов В. В., Шигаров А. О.
Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук
Иркутск, Российская Федерация
E-mail: {slv, shigarov}@icc.ru

В настоящее время большое внимание уделяется созданию инструментальных средств для управления базами данных, позволяющих интегрировать информацию принадлежащей одной предметной области, но получаемую из различных источников. Часто интегрируемые данные представлены в виде слабоструктурированных электронных таблиц с различной компоновкой. В ряде случаев данные формируются из открытых источников и не являются стандартизованными. Это приводит к тому, что над ними требуется проведение операций очистки. Один из аспектов очистки – идентификация вычисляемых значений, т.к. они являются избыточными при интеграции данных, а также могут содержать ошибки вычислений. В работе предлагаются подходы для поиска таких значений.

Введение

Для принятия обоснованных решений необходима надежная система данных. В связи с этим возрастает потребность в новых методах и технологиях для организации процессов интеграции данных [1]. Интегрированные данные имеют некий единый интерфейс, что упрощает доступ к ним. Благодаря большому объему и наличием расширенного числа показателей представляется возможность проведения их анализа с учетом множества критериев, что повышает ценность данных. Также интеграция предоставляет более широкие возможности для дальнейшего проведения совместных научных исследований. Ввиду того, что информация может быть получена из различных источников, данные могут значительно отличаться по формату своей организации и представлению. В первичных документах, являющихся основой для формирования массива данных, встречаются вычислимые данные. Как правило, они представляют собой различные агрегированные значения, полученные в результате математических операций (сумма, среднее значение, максимальное, минимальное значения, нарастающий итог и пр.) над каким-либо набором данных. Т.е. использованы функции обрабатывающие набор значений для подсчета и возвращающих одного значение.

В случае слияния данных, подобные значения являются избыточными, т.к. их всегда можно получить по имеющейся информации. К тому же вычисляемые значения, представленные в электронных таблицах, часто содержат ошибки [2], что в итоге отражается на качестве интегрированной информации. Таким образом, в рамках вопросов очистки интегрируемой информации представляется важным проведение работ по идентификация вычисляемых значений и их коррекции или экстрагирования для повышения качества данных.

В работе не рассмотрены вопросы извлечения слабоструктурированных данных из табличных документов [3]. В данном исследовании, считается, что структура и характеристики таблицы уже определены.

I. Представление данных

Данные, используемые для интеграции, как правило, представлены в виде таблиц, но в документах различных форматов и, соответственно, имеют отличную структуру. Связано это с тем, что источниками являются не только выполненные в строгом, определенном формате документы, сформированные, например, подразделениями службы Государственной статистики, различными министерствами и ведомствами, но и предоставленные заинтересованными в обмене, накоплении, обработке информации организациями и частными лицами. Иными словами, данные могут собираться по принципу краудсорсинга. В следствии этого интегрируемая информация представляются в форматах и структурах удобных именно владельцам данных. В следствии этого даже однотипные данные могут быть организованы совершенно по–разному. Как правило такие данные представлены в виде документов табличных процессоров (Excel, Calc), форматах CSV (Comma Separated Values), PDF (Portable Document Format). Не всегда из названия полей возможно узнать о наличии каких-либо агрегированных значений в ячейках таблицы. Подобное разноформатное представление приводит к сложности идентификации вычисляемых значений.

II. Идентификация искомых значений

Рассмотрим 3 основных случая представления вычислимых значений в документах:

– есть конкретная формула;

– есть ключевые слова, идентифицирующие вероятное вычислимое значение;
– требуется анализ близлежащих ячеек.

В некоторых случаях, например при обработке электронных таблицы, таких как Excel или Calc, возможно получить сведения как о структуре документа, опираясь на его объектную модель. Через объектную модель можно идентифицировать формулу, используемую для ячейки, если таковая существует. Извлеченную формулу следует сопоставить с остальным значениями ячеек исследуемой строки (столбца). Это позволяет проверить похожесть используемых формул с учетом смещения. Однако данный подход имеет достаточно ограниченную сферу применения, т.к. зависит от формата документов и использования в них формул. В ряде случаев формулы не используются или используются не корректно, например для одной ячейки применена функция «SUM», для другой – сложение значений из других ячеек или число. Поэтому представляет интерес анализ текстовых значений, описывающих структурные элементы таблицы - категории, метки, дочерние метки [4]. Пример возможной структуры таблицы приведен на рис. 1.

Категория	Метка	Метка
Метка	Вхождение	Вхождение
Дочерняя метка	Вхождение	Вхождение
Метка	Вхождение	Вхождение

Рис. 1 – Пример структуры таблицы

Анализируя структурные элементы таблицы выделяются диапазоны значений находящихся между словами соответствующим операциям агрегации: «минимум», «максимум», «среднее», «сумма», «нарастающий итог», «за период» и т.п. Список возможным операций агрегации и действия над предполагаемым набором данных содержится в специальном глоссарии. После вычисления значения выбранного множества данных проводится сверка со значением фактически содержащимся в ячейке. Если возможно экстрагировать формулу, то проверяется на сколько проводимые операции и набор данных соответствуют имеющейся формуле. В случае, если вычисленное и фактическое значения различаются, то проводится анализ других вычисляемых значений, относящихся к данной области, т.к. требуется установить является некорректным значение в ячейке или операция вычисления выполнена не корректно.

Наиболее сложным представляется способ идентификации вычисляемых данных, когда не доступна (или нет возможности однозначно её интерпретировать) информация, их характеризующая. В таком случае проводится анализ значений содержащихся в соседних ячейках. И, в случае определения, отклонения проводится перебор возможных формул для идентификации значений. При этом для анализируемых в области ячеек ведутся вычисления агрегированных значений, т.е. для каждой ячейки проверяется ряд гипотез. Число гипотез зависит от числа вхождений в глоссарий. Как только гипотеза подтвердилась, проводится её проверка для смежного строки (столбца). Если для соседнего набора данных гипотеза не подтверждается, то исследуемая область расширяется. Операция продолжается пока не будет гипотеза не подтверждена либо пока не достигнут конец данных по строке (столбцу).

III. Выводы

Поиск вычисляемых значений – одна из значимых задач по очистке данных, что в свою очередь является частью работ по интеграции данных.

Предложенные методы апробированы при интеграции данных в рамках информационного сервиса по слежению за природными очагами клещевых инфекций и гельминтозов в туристско-рекреационных зонах Республики Бурятия, а также для предварительной обработки данных используемых для поддержки управления социально-экономическим развитием территорий. В случае, когда нет информации описывающих данные в ячейки происходит полный перебор возможных возможных значений. Для больших таблиц это может привести к снижению быстродействия. Для повышения быстродействия и эффективности планируется применять методы машинного обучения для поиска вычисляемых значений.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ гранты № 16-57-44034, 16-07-00411, РФФИ и Правительства Республики Бурятия в рамках научного проекта № 15-47-04348, программы Президиума РАН № 27 «Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров».

1. Намиот Д. Е. [и др.] стандарты в области больших даных / Д. Е. Намиот, В. П. Куприяновский, Д. Е. Николаев, Е. В. Зубарева // International Journal of Open Information Technologies. Vol. 6. № 11 — 2016. — pp 12–17.
2. Raymond R. Panko. What We Know About Spreadsheet Errors // The Journal of End User Computing's Special issue on Scaling Up End User Development Vol. 10, No 2. Spring 1998, pp. 15–21
3. Шигаров А. О., Бычков И. В., Парамонов В. В., Белых П. В. Анализ и интерпретация произвольных таблиц на основе исполнения CRL правил // Вычислительные технологии. — 2015. — т. 20, № 6. — С. 87 – 112.
4. Alexey O. Shigarov, Viacheslav V. Paramonov, Polina V. Belykh, Alexander I. Bondarev. Rule-Based Canonicalization of Arbitrary Tables in Spreadsheets // Communications in Computer and Information Science. — 2016. — Vol. 639, — pp. 78-–91.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ЦИФРОВЫХ ФОТОГРАФИЙ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ И ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ

Кадан А. М., Каспер П. С., Лазарь А. И., Радевич Н. А., Сенько Д. Ю., Шишкин Е. А.
Кафедра системного программирования и компьютерной безопасности,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: {kadan, kasper_ps_14, lazar_ai_14, radevich_na_14, senko_dj_13, shishkin_en_14}@mf.grsu.by

Представлен метод подтверждения подлинности цифровых фотографий, основанный на учете особенностей реализации формата JPEG, определяемых программно-технической реализацией цифровых фотокамер различных брендов и моделей. Работа метода основана на применении алгоритмов машинного обучения и позволяет определить бренд и модель цифровой фотокамеры, которой была сделана цифровая фотография, или определить графический редактор, которым в изображение были внесены изменения.

Введение

Цифровые фотокамеры и полученные с их помощью фотографии зачастую являются носителями криминалистически значимой информации. В то же время, количество различных способов мошенничества в сфере ИТ постоянно растет. Поэтому актуальной, и не только для специалистов в области компьютерной технической экспертизы (КТЭ), является задача обеспечения возможности подтверждения подлинности цифровых изображений. Подобные задачи актуальны, к примеру, в финансовых сферах, страховом деле, информационной безопасности, защите информации и криминалистике.

Под «подтверждением подлинности» будем понимать возможность определения бренда цифровой камеры и ее модели либо определение класса программного средства, с помощью которого было изменено оригинальное изображение.

I. Методы подтверждения подлинности JPEG-изображений

Традиционно в качестве атрибутов JPEG-изображений выделяются:

1. метаданные EXIF;
2. таблица Хаффмана, заранее записанная в устройство. Определяется производителем на основании характеристик устройства;
3. таблицы квантования, которые также записаны в устройство заранее и определяются производителем;
4. размеры эскиза характерные для устройств определенной марки и модели. При этом эскиз также имеет характерные для используемого устройства эскизные таблицы Хаффмана и квантования;
5. размер итогового изображения.

Если нужно решить, является ли цифровая фотография подлинной, проводится исследование предоставленных цифровых фотографий. Традиционно, эксперты применяют такие методы как [1]:

- визуальный метод;
- анализ EXIF-данных;
- эффект двойного квантования (double quantization effect);
- анализ уровня ошибки (error level analysis);
- копирование-перемещение фона (copy-move forgery);
- определение сетки артефакта блока (block artifact grid detection);
- определение качества изображения (image quality detection);
- интерполяция матрицы фильтров цветов (color filter array interpolation);
- базовый метод [2].

II. Различия в структуре файлов JPEG-изображений

Алгоритм JPEG в наибольшей степени пригоден для сжатия фотографий и изображений, содержащих реалистичные сцены с плавными переходами яркости и цвета. Необходимость аппаратной реализации алгоритма JPEG в цифровых фотокамерах привели к тому, что практически все его реализации имеют различия у различных производителей цифровых фотокамер.

Согласно требованиям стандарта ISO/IEC 10918-1 [3], файл JPEG содержит последовательность маркеров, каждый из которых начинается с байта 0xFF, свидетельствующего о начале маркера, и байта — идентификатора. Некоторые маркеры состоят только из этой пары байтов, другие же содержат дополнительные данные, состоящие из двухбайтового поля с длиной информационной части маркера (включая длину этого поля, но за вычетом двух байтов начала маркера т.е. 0xFF и идентификатора) и собственно данных.

Среди маркеров выделяют группу основных маркеров, которые присутствуют в реали-

зации JPEG-формата практически у всех разработчиков, и целый ряд дополнительных (не обязательных) маркеров.

Также в структуре JPEG-формата у различных производителей отличается типы используемых маркеров, количество вхождений маркеров одного типа, длина блока кода, связанного с маркером, порядок появления маркеров в файле и другие характеристики, также связанные с маркерами.

Различия в использовании маркеров наблюдаются не только в файлах различных брэндов, но также и для различных моделей одного и того же производителя, а также и для одних и тех же моделей при выборе различных режимов (настроек) фотосъемки. Использование графического редактора также вносит изменения в структуру исходного JPEG-файла, что, возможно, позволит идентифицировать программное средство, с помощью которого была нарушена подлинность исходного цифрового изображения.

III. Подготовка обучающей выборки

База цифровых изображений была получена путем выгрузки изображений с сайта [4], на котором представлены различные бренды и модели фотоаппаратов вместе с примерами оригинальных фотографий.

Полученная с сайта база включала более 1500 различных примеров бренд-модель и более 25000 оригинальных цифровых фотографий. Для ее получения были разработаны специальные программные модули на языке Python, позволившие автоматизировать работу. Также были созданы таблицы брендов, моделей бренда, фотографий, связанных с моделью бренда.

На основании структуры JPEG-файлов этих цифровых фотографий были сформированы два множества признаков (data set'ов) для применения методов машинного обучения.

В первый data set на основании анализа каждой из фотографий были отобраны 12 признаков: (1-2) Название камеры (бренд), название модели; (3-4) количество всех маркеров, количество маркеров начала 0xFFD8; (5-6) длина и количество таблиц квантования 0xFFDB; (7-8) длина и количество начала кадра, базового метода 0xFFC0; (9-10) длина и количество таблиц кодов Хаффмана 0xFFC4; (11-12) длина и количество начала закодированного изображения 0xFFDA.

Во второй data set были включены данные о 54 признаках на основе основных и дополнительных маркеров.

IV. Обучение моделей

Для построения автоматизированной системы подтверждения подлинности изображений на основе построенных обучающих выборок (решения задачи классификации) были обучены модели методов машинного обучения, построенные на основе алгоритмов наивного байесовского классификатора; решающих деревьев; k-ближайших соседей; случайного леса.

Качестово обучения было протестировано методом кросс-валидации. Сами алгоритмы машинного обучения были заимствованы из библиотеки sklearn компании Google.

В результате было установлено, что наилучший уровень предсказания имеет модель, основанная на алгоритме случайного леса – 87%.

Такой результат позволяет найти практическое применение в области информационной безопасности и криминалистике. Однако исследования в этой области имеют дальнейшие пути развития. Например, пополнение базы данных оригинальных фотографий, расширение количества классов марок и моделей фотоаппаратов, поиск новых характеристик для классификации и дополнение базы изображениями, измененными в различных редакторах.

V. Сервис проверки подлинности изображений

Разработан и функционирует как клиент-серверное приложение прототип сервиса проверки подлинности цифровых изображений. Сервис является локальным на компьютере эксперта, так как передавать в локальную сеть, а тем более в Интернет, криминалистически значимую информацию недопустимо.

База признаков, используемых для прогнозирования результата, – для определения подлинности цифрового изображения путем подтверждения (или отрицанияния) наличия у него характеристик, присущих фотографиям, сделанных фотокамерой конкретных бренда и модели, – может пополняться экспертом самостоятельно. Особое внимание уделено фотографиям, сделанным камерами цифровых мобильных устройств, с учетом их очень широкого распространения и весьма большого разнообразия.

1. Как проверить фотографию на подлинность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.smtdp.com/ru/kak-proverit- fotografiyu-na- podlinnost/. – Дата доступа: 21.08.2017.
2. Метаданные в цифровой фотографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ixbt.com/digimage/metadxph.shtml. – Дата доступа: 20.02.2017.
3. ISO/IEC 10918-1: 1993(E). Information technology – digital compression and coding of continuous-tone still images – requirements and guidelines [Электронный ресурс]. – Метод доступа: https://www.w3.org/Graphics/JPEG/itu-t81.pdf. – Дата доступа: 22.08.2017.
4. Digital Camera Reviews, Canon Cameras, Nikon Cameras, DSLR and SLR Cameras - Steves Digicams [Электронный ресурс]. – Метод доступа: www.steves-dificams.com/camera-reviews/. – Дата доступа: 22.08.2017.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНЫХ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОМОМОРФНОЙ КРИПТОГРАФИИ НА ПЛАТФОРМЕ IOS

Кадан М. А.
Кафедра системного программирования и компьютерной безопсности,
Гродненский государственный университет им. Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: kadan.maria@gmail.com

В докладе представлена реализация программного модуля для безопасных облачных вычислений с использованием гомоморфной криптографии, встраиваемого в приложения на платформе iOS. Модуль, помимо функций шифрования и дешифрования, обеспечивает функцию генерации и распределения ключей. Использование модуля позволит защитить конфиденциальные данные как от злоумышленников, так и от сомнительных либо незаконных действий администраторов или владельцев облачного хранилища.

Введение

Хранение и обработка конфиденциальных данных в облачной инфраструктуре небезопасны. Согласно [1], основные угрозы нарушения конфиденциальности данных в облаке:

1. Доступ к данным со стороны провайдера
2. Публичное разглашение данных
3. Угроза выемки данных или носителей из датацентра провайдера
4. Ошибки изоляции среды
5. Неполное уничтожение данных при уходе клиента или стирании данных.

В то же время, распространенные криптографические алгоритмы не позволяют производить произвольные вычисления над зашифрованными данными, требуя их предварительного дешифрования, что существенно снижает уровень безопасности использования облачных ресурсов.

Возможность выполнять операции над зашифрованными данными обеспечивает полностью гомоморфное шифрование [2].

I. Гомоморфное шифрование

Гомоморфное шифрование – вид шифрования, позволяющий производить определённые математические действия с зашифрованным текстом и получать зашифрованный результат, который соответствует результату операций, выполняемых с открытым текстом [3].

Особый интерес представляет возможность построения полностью гомоморфного шифрования, т.е. шифрования, позволяющего проводить над шифртекстами любые необходимые вычисления [2].

К примеру, если данные являются элементами кольца Z_n, то можно построить такую криптосистему, которая была бы гомоморфна одновременно и по операции сложения, и по операции умножения:

$$D(E(m_1,k)\ op_1\ E(m_2,k),k)\ =\ m_1 \cdot m_2$$

$$D(E(m_1,k)\ op_2\ E(m_2,k),k)\ =\ m_1\ +\ m_2$$

Здесь m_1 и m_2 – открытые тексты, k – ключ шифрования, E и D – функции шифрования и дешифрования, op_1 и op_2 – операции над шифртекстами, соответствующие операциям $\cdot$ и $+$ над открытыми текстами.

Если криптосистема с такими свойствами сможет надежно зашифровать два бита, то поскольку над битами операции сложения и умножения формируют полный базис, становится возможным вычислить любую булеву (а следовательно, и вообще любую вычислимую) функцию.

В этом случае окажется возможным проводить вычисления над данными непосредственно в зашифрованном виде на стороне сервера. При этом шифрование данных будет проводиться на стороне клиента.

II. Требования к облачному сервису

Существующие облачные сервисы в лучшем случае обеспечивают возможность лишь зашифровать данные на стороне облака. При этом данные шифруются ключом, который хранится в том же самом облаке.

Автору не известны реализации гомоморфного шифрования, пригодные для внедрения в реальные программные системы. В то же время, не составляет труда сформулировать, что такая реализация должна удовлетворять, как минимум, следующим требованиям [4]:

1. Данные клиента должны храниться и поступать на сервер в зашифрованном виде, т.е. шифрование должно проводиться ещё на стороне клиента.
2. Данные должны обрабатыватся на сервере без их предварительного дешифрования. Иначе облачный сервер становится всего лишь безопасным хранилищем, а для каждой операции над данными потребуется пересылать их на сторону клиента.

III. Основные требования к программному модулю

Было принято решение спроектировать и разработать программный модуль, встраиваемый в исходный код приложений, который обеспечивал бы возможность шифрования и дешифрования целочисленных и строковых данных.

Модуль может быть использован в роли промежуточного звена между клиентским приложением, оперирующим открытыми данными, и серверной (облачной) средой, оперирующей исключительно зашифрованными данными.

Основные требования к модулю:

1. Использование алгоритмов гомоморфной криптографии
2. Шифрование/дешифрование целочисленных данных.
3. Преобразование строк в валидный для шифрования (целочисленный) формат.
4. Управление ключами шифрования.
5. Множество поддерживаемых математических функций и диапазоны чисел – достаточны для экономических задач.
6. Точность и скорость вычислений не должны деградировать в течение вычислений.
7. Количество доступных ключей должно быть достаточно велико, чтобы исключить атаку полным перебором.

IV. Средства разработки модуля и мобильного приложения

Модуль представляет собой функционально законченный фрагмент программы, оформленный в виде отдельного файла с исходным кодом, предназначенный для использования в приложениях для платформы iOS. Для написания исходного кода модуля использован язык программирования Swift, являющийся основным языком разработки нативных приложений для iOS.

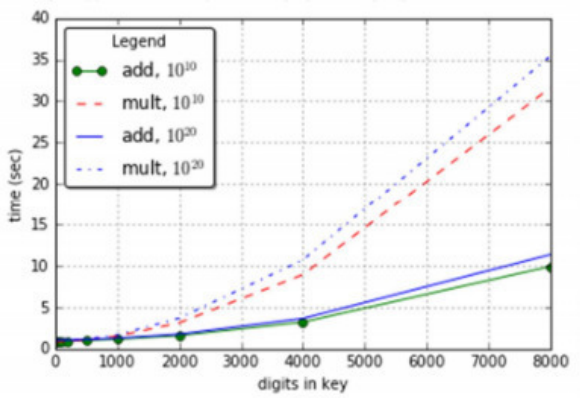
Клиентская часть мобильного приложения для операционной системы iOS, использующая модуль, была также разработана на Swift с учетом известных атак на уязвимости мобильных устройств и приложений. Для разработки клиентской части мобильного приложения, а также непосредственно модуля, была выбрана IDE XCode, предоставляемая компанией Apple, для написания программного обеспечения на языках Swift и Objective-C.

В качестве платформы для разработки серверной части мобильного приложения была выбрана платформа Firebase, разработанная компанией Google. В контексте данной работы Firebase будет рассматриваться в качестве облачной услуги типа BaaS (Backend-as-a-service).

V. Оценка эффективности применения гомоморфного шифрования

Эффективность реализации гомоморфного шифрования была подтверждена (см. рисунок) результатами эксперимента с параметрами:

- уровень защищенности – характеристика, определяющая значение модуля группы и длину используемых ключей шифрования. Использованы модуль и ключи с длиной от 5 до 8000 десятичных цифр;
- типы выполняемых операций – шифрование и дешифрование операндов, умножение и сложение операндов;
- максимальная длина операндов – использованы 10- и 20-значные десятичные числа;
- время работы – оценки получены при 1000-кратном повторении вычислений с заданными параметрами на компьютере класса Intel(R) CORE (TM) i3-2728 CPU @ 2.20 GHz RAM 4 GB.



Заключение

Разработанный модуль является Open Source продуктом. Предусмотрена возможность его использования в качестве библиотеки другими пользователями. Возможна доработка функциональность модуля под личные задачи или под архитектуру существующего приложения.

1. Cloud security alliance [Electronic resource] / CSA. – Mode of access: https://cloudsecurityalliance.org/guidance/csaguide.v3.0.pdf. – Date of access:20.08.2017.
2. Craig Gentry, Fully homomorphic encryption using ideal lattices, Symposium on the Theory of Computing (STOC), 2009, pp. 169-178.
3. Варновский, Н. П. Гомоморфное шифрование / Н. П. Варновский, А. В. Шокуров // Труды Института Системного программирования: Том 12. (под Ред. В. П. Иванникова). – М.:ИСП РАН, 2006, с. 27-36.
4. Кадан, М. А. Безопасные вычисления с использованием гомоморфной криптографии для облачных хранилищ данных / М. А. Кадан, М. А. Макарычев // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т. 12 (№ 3), часть 1, 2016. – С.43–49.

ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кадан М. А.
Кафедра системного программирования и компьютерной безопасности,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: kadan.maria@gmail.com

Рассмотрена концепция генеративно-состязательных нейронных сетей, применение которых позволяет эффективно решать многие актуальные прикладные задачи. Внимание акцентировано на возможности генерации цифровых объектов по образцу, преобразовании искаженных и зашумленных цифровых объектов, формированию поддельной (фейковой) мультимедийной продукции, применению генеративно-состязательных нейронных сетей в задачах информационной безопасности. Отдельно затронуты вопросы уязвимости обучения искусственных нейронных сетей, позволяющие злоумышленнику изменять результат предсказания сети.

Введение

Генеративно-состязательные сети (англ. Generative Adversarial Networks, GAN) рассматриваются как одно из наиболее перспективных современных направлений в области глубокого обучения.

Генеративно-состязательные сети, концепцию которых предложил Ян Гудфеллоу из компании Google в 2014 году [1], являются алгоритмом машинного обучения без учителя (алгоритмом неконтролируемого обучения), который построен на комбинации двух сетей. Одна из которых (сеть G, Generator, Генератор) генерирует образцы (генеративная модель) а другая (сеть D, Discriminator, Дискриминатор) старается отличить правильные («подлинные») образцы от неправильных (дискриминативная модель) (см. рисунок 1).

Так как сети G и D имеют противоположные цели – создать образцы и отбраковать образцы, между ними возникает антагонистическая (состязательная) игра. В ходе этого «состязания» сети G и D конкурируют и сотрудничают друг с другом и, в результате такого обучения, в конечном итоге учатся выполнять свои задачи.

I. Реализация генеративно-состязательных сетей

Сети GAN реализованы, в частности, в библиотеке TensorFlow [2] – открытой программной библиотеке для машинного обучения, разработанной компанией Google для решения задач построения и тренировки нейронной сети с целью автоматического нахождения и классификации образов. TensorFlow обеспечивает API для Python, а также C++, Haskell, Java и Go.

TensorFlow является продолжением закрытого проекта DistBelief. Изначально TensorFlow была разработана командой Google Brain[en] для внутреннего использования в Google, а потом (9 ноября 2015 года) была переведена в свободный доступ с открытой лицензией Apache 2.0.

Библиотека TensorFlow применяется как для исследований, так и для разработки продуктов, достигая при этом качества человеческого восприятия. TensorFlow может работать на многих параллельных процессорах, как CPU, так и GPU, опираясь на архитектуру CUDA для поддержки вычислений общего назначения на графических процессорах.

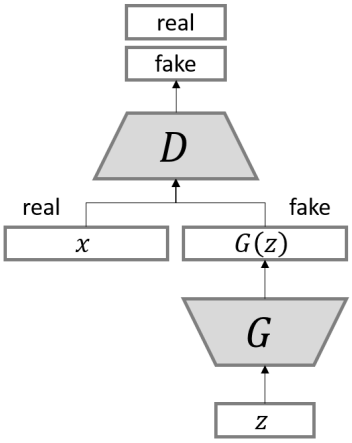


Рис. 1 – Схема работы GAN

II. Задачи, решаемые с использованием GAN

Использование GAN обычно объясняют на примере фальшивомонетчика (Генератора) и детектива (Дискриминатора). Первоначально, фальшивомонетчик предъявляет детективу фальшивые деньги. Детектив доказывает, что это подделка и объясняет фальшивомонетчику, почему деньги фальшивые. Фальшивомонетчик пытается сделать новую подделку на основе полученных объяснений. Детектив снова утверждает, что деньги поддельные и дает новый набор объяснений. И так до тех пор, пока детектив не примет фальшивые деньги за настоящие.

Генерация фейкового контента. Эксперты в области информационной безопасности

утверждают, что распространение фальшивых новостей — это лишь первая волна фейкового контента, нашествие которого стоит ожидать в ближайшие годы [3]. Генеративные нейросети уже позволяют создавать видеоролики, на которых люди делают то, чего не делали, и говорят то, чего никогда не говорили. По прогнозам, через три года YouTube заполнят фейковые ролики. Другие эксперты считают, что на налаживание процессов медиафальсификации уйдет больше времени, но рано или поздно это точно произойдет. С помощью нейросети изучают статистические характеристики аудиозаписи, а затем воспроизводят их в другом контексте. При этом улавливаются изменения в речи на очень коротких интервалах. В идеале, достаточно ввести текст, который нейросеть должна воспроизвести, и она сгенерирует правдоподобное выступление.

Корректировка искажений и удаление шума в цифровых объектах. Использование GAN позволяет, в частности, генерировать фотографии, которые человеческй мозг воспринимает как натуральные изображения. Например, известна попытка синтезировать фотографии кошек, которые вводят в заблуждение эксперта, считающего их естественными фото [4]. Кроме того GAN используются для улучшения качества нечётких или частично испорченных фотографий.

Восстановление суперразрешения. Несмотря на прорыв в точности и скорости однократного улучшения изображения с использованием глубоких сверточных нейронных сетей, центральная проблема остается в значительной степени нерешенной: как восстанвить мельчайшие детали текстур, чтобы сохранить качество изображения при больших коэффициентах масштабирования [5].

Наряду с существенными угрозами информационной безопасности, которые могут быть реализованы с использаванием GAN, можно выделелить ряд задач, в которых роль GAN несомненно позитивна. К их числу можно отнести задачи, связанные с

- улучшением/восстановлением размытых фото- и видеоизображений с камер видеонаблюдения;
- восстановлением трудноразличимого текста на фотографиях, рассматриваемых в качестве носителей криминалистически значимой информации;
- генерацией образцов клавиатурного почерка и голоса в задачах, использующих биометрические методы аутентификации.

III. Уязвимости обучения искусственных нейронных сетей

В 2017 году была опубликована работа, демонстрирующая, как имплантировать бэкдоры во время глубокого обучения нейронных сетей [6]. Это приводит к обучению модели, которая сохраняет точность, но неправильно классифицирует ввод при вставке бэкдор-триггера. В качестве примера приводится классификатор дорожных знаков для автономной системы вождения. Запуск бэкдора может происходить, к примеру, при распознавании наклейки на знаке остановки, который в результате определяется как знак ограничения скорости.

Активно поднимается вопрос о неприкосновенности частной жизни при выполнении глубокого обучения [7]. Модели обычно обучаются централизованно, при этом все данные обрабатываются одним и тем же алгоритмом обучения. Если данные представляют собой коллекцию личных данных пользователей, включая привычки, личные фотографии, географические позиции, интересы и т.д., централизованный сервер будет иметь доступ к конфиденциальной информации, которая потенциально может быть использована с нарушением конфиденциальности. Для решения этой проблемы предлагаются модели совместного обучения для совместной работы, где стороны на местах обучают свои глубокие сети и разделяют только подмножество параметров в попытке сохранить приватность собственных обучающих данных. Параметры также могут быть запутаны с помощью метода дифференциальной конфиденциальности [7], чтобы сделать извлечения информации еще более сложным.

1. Ian J. Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, Yoshua Bengio. «Generative Adversarial Networks», arXiv:1406.2661.
2. TensorFlow. An open-source software library for Machine Intelligence [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.tensorflow.org/. – Date of access: 14.09.2017.
3. Fake news: you ain't seen nothing yet [Electronic resource] / The Economost. – Mode of access: https://www.economist.com/news/science-and-technology/21724370-generating-convincing-audio-and-video-fake-events-fake-news-you-aint-seen. – Date of access: 14.09.2017.
4. Salimans, Tim; Goodfellow, Ian; Zaremba, Wojciech; Cheung, Vicki; Radford, Alec Chen, Xi (2016), «Improved Techniques for Training GANs», arXiv:1606.03498.
5. Christian Ledig, Lucas Theis, Ferenc Huszar, Jose Caballero, Andrew Cunningham, Alejandro Acosta, Andrew Aitken, Alykhan Tejani, Johannes Totz, Zehan Wang, Wenzhe Shi. «Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network», arXiv: 1609.04802.
6. Tianyu Gu, Brendan Dolan-Gavitt, Siddharth Garg (2017), «BadNets: Identifying Vulnerabilities in the Machine Learning Model Supply Chain», arXiv: 1708.06733.
7. Briland Hitaj, Giuseppe Ateniese, Fernando Perez-Cruz (2017). «Deep Models Under the GAN: Information Leakage from Collaborative Deep Learning», arXiv: 1702.07464.

ВОЗМОЖНОСТИ ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Вашкевич С. Ю., Вольская В. М.
Кафедра системного программирования и компьютерной безопасности,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: vashkevich_sj_16@mf.grsu.by, volskay_vm_16@mf.grsu.by

В докладе сделан обзор современных фреймворков для разработки приложений, использующих элементы технологии дополненной реальности (AR, augmented reality). Приведено сравнение их возможностей, отмечены сильные и слабые стороны, наличие средств работы с 2D- и 3D-объектами. Материал доклада должен помочь начинающему разработчику в сфере AR-технологий выбрать наиболее эффективные для его задач средства реализации.

Введение

В настоящее время сегмент разработки приложений дополненной реальности растет, а вместе с ним растет и количество готовых решений, упрощающих базовые и часто повторяющиеся задачи в этой области.

Начинающему разработчику, использующему элементы технологии дополненной реальности (AR, Augmented reality) зачастую сложно выбрать из имеющихся фреймфорков и библиотек наиболее подходящее средство для решения его задач, не углубляясь в изучение всех доступных средств.

Целью данной работы является обзор наиболее популярных библиотек и фреймворков дополненной реальности, сравнение их возможностей, а так же оценка их сильных и слабых сторон.

Основное внимание уделено наиболее широко используемыми на данный момент программным средствам – Vuforia, Wikitude, ARToolKit, Kudan.

I. Платформа Vuforia

Платформа, разработанная компанией Qualcomm, является коммерческим проектом, защищенным лицензией [1]. Имеет лицензию для бесплатного использования с некоторыми ограничениями функционала (Отсутствие некоторых функций (cloud recognition), появление водных знаков и тд.). Данная платформа позволяет распознавать и отслеживать одновременно несколько целей, причем цели могут быть как 2D рисунками, так и 3D объектами. К тому же с ее помощью можно сканировать реальные объекты для последующего их использования в качестве маркеров. Поддерживается отображение объектов в OpenGL.

Отдельно стоит выделить функции Smart TerrainTM и Extended Tracking. Первая позволяет сканировать местность, создавая его 3D карту, и взаимодействовать с ней, то есть дополнять реальные мир виртуальными объектами, привязывая их к уже существующим в реальном времени. Вторая позволяет отслеживать расположение цели (маркера), даже когда тот вышел из поля зрения камеры (начиная с версии 2.8).

Так же стоит заметить, что Vuforia предоставляет пакет для Unity3D, что позволяет быстрее и удобнее работать с 3D-объектами. Из недостатков использования стоит выделить скудность документации и несоответствие мануалов последним версия фреймворка (примеры иногда просто не работают).

В противовес стоит заметить, что разработчики платформы стремятся к максимальному упрощению стандартных задач для пользователей, что сделало ее самой популярной на данных момент, а развитое comunity частично компенсирует недостаток документации.

II. Библиотека Wikitude

Библиотека, разработанная компанией Wikitude GmbH, распространяется с коммерческой лицензией [2]. Для разработчиков доступна бесплатная пробная версия, но для дальнейшего использования необходимо будет покупать лицензию.

Wikitude используется в двух направлениях. Первое направление - это взаимодействие с окружающим миром, в том числе с помощью геопозиционирования. Большая часть приложений в данном направлении связанны с указателями информации о магазинах (скидки, товары), достопримечательностях, путеводителях. Второе направление – это браузер дополненной реальности, то есть дополнение информации получаемой из веб-страниц (HTML-аугментации).

Из поддерживаемых технологий нужно отметить распознавание 2D- и 3D-объектов, возможность сканирования 3D-объектов для последующего использования их как маркеров, отслеживание местоположения объектов, работа с виртуальной информацией (дополнение виртуального мира). Реализована поддержка технологии трёхмерного слежения на базе SLAM (метод одновременной локализации и построения карты). Присутствует функция Extended

Tracking. Поддерживается отображение объектов в OpenGL. Так же Wikitude выделяется удобной и полной документацией и готовыми примерами решений часто встречающихся задач.

Недостатком является относительно небольшое сообщество разработчиков, что затрудняет решение возможных проблем.

Существует плагин для Unity3D, но он позволяет только создать базу данных из 3D-объектов и не интегрирован с редактором Unity3D, что усложняет процесс работы.

III. Платформа ARToolKit

Платформа представляет из себя набор библиотек с открытым исходным кодом, изначально разработанных Hirokazu Kato в 1999 [3]. На данный момент использование библиотеки является бесплатным, а разработкой проекта занимается компания DAQRI. Библиотека позволяет распознавать 2D-маркеры, а так же определять их расположение в пространстве относительно позиции камеры.

Данная библиотека поддерживает наибольшее количество платформ, в том числе и ОС, основанные на Linux. Поддерживается отображение объектов в OpenGL.

Явным недостатком является плохая документация, многие функции не задокументированы, часть приложений из примеров не компилируется. А так же для разработки под различные платформы нужно устанавливать различные среды разработки.

Также недостатоком можно считать отсутствие информации по дальнейшему развитию платформы.

IV. Фреймфорк Kudan AR

Фреймворк, разработанный японской компанией Kudan, работающей в сфере компьютерного виденья [4]. Распространяется на основе платной лицензии, однако для разработчиков есть бесплатная пробная версия.

Поддерживает распознавание 2D- и 3D-объектов. Стоит отдельно отметить что, Kudan позволяет использовать «безмаркерное» распознавание объекта на основе определенных характеристик (углы, изгибы, текстуры и т.п.). Поддерживает загрузку полигональных моделей из популярных 3D-редакторов напрямую (без смены форматов). Поддерживает SLAM-технологию, позволяет «закреплять» виртуальные объекты в пространстве, основываясь на окружающей реальности. Позволяет отображать объекты через собственную надстройку над OpenGL. К сожалению, иногда возможностей обертки недостаточны, а доступа «напрямую» к OpenGL нет.

Явным достоинством данной библиотеки являются ускоренные, по отношению к другим платформам, алгоритмы, в том числе использующие аппаратное ускорение.

Kudan имеет плагин для Unity3D, полностью совместимый с редактором последней. Позволяет создавать базу данных маркеров через редактор Unity3D. К сожалению, на некоторых архитектурах процессоров редактор в Unity3D вызывает постоянные сбои, что приводит к необходимости перезапуска программы и потере данных.

В итоге, Kudan AR является вторым по популярности фреймворком после Vuforia за счет политики разработчиков, направленной на простоту работы с ним и наличие более эффективных алгоритмов поиска маркеров. Явным недостатком является неполная документация и отсутствие ярко-выраженного сообщества разработчиков.

V. Сравнение фреймворков

Рассмотрев все платформы по отдельности, можно совместить уже приведенные выше данные в виде таблицы, а так же дополнить их важными числовыми показателями.

Таблица 1 – Сравнение характеристик фреймворков

	Vuforia	Wikitude	Artoolkit	Kudan
Распознание 2D	да	да	да	да
Распознание 3D	да	да	нет	да
Отображение объектов в OpenGL	да	да	да	собственная библ.
SLAM	нет	да	нет	да
Extended Tracking	да	да	нет	нет
Smart Terraintm	да	нет	нет	нет
Cloud Recognition	да	да	нет	нет
Дистанция нахождения маркера, м	1.2	0.8	3	0.8
Дистанция удержания найденого маркера, м	3.7	3	3	3
Геолокализация	нет	да	нет	нет
Минимальный процент видимой части при частично закрытом маркере, %	20	30	100	25
Поддержка Unity3D	полная	частичная	нет	полная

1. Vuforia developer. Developer Portal [Electronic resource]. – Mode of access: https://library.vuforia.com. – Date of access: 28.08.2017.
2. Wikitude SDK [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk. – Date of access: 28.08.2017.
3. ARToolKit Wiki [Electronic resource]. – Mode of access: https://github.com/artoolkit/ar6-wiki/wiki. – Date of access: 28.08.2017.
4. Kudan sdk features [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.kudan.eu/kudan-sdk-features. – Date of access: 28.08.2017.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В АУДИО- И ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сазановец И. А.
Кафедра системного программирования и компьютерной безопасности, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: sazanovec_ia_13@mf.grsu.by

В работе рассматриваются методы сокрытия информации и детекирования скрытых данных в цифровых изображениях и аудиофайлах. В частности, рассматривается применение методов машинного обучения, таких, как нейронные сети, для детекирования фактов стеганографии.

Введение. Стеганография

В сфере информационной безопасности хорошо известен термин «стеганография». Методы этой дисциплины позволяют незаметно передавать одни данные на фоне других. Наибольший интерес представляют методы именно цифровой стеганографии, в которой и данные, которые скрываются, и данные, на фоне которых скрываются, представлены цифровыми файлами.

I. Методы сокрытия информации в аудио- и графических файлах

Существуют различные методы цифровой стеганографии. Их можно разделить на две группы:

- методы, использующие особенности информационные систем;
- методы, использующие статистические свойства файла-контейнера (файла, который служит фоном и готорый виден и/или слышен субъекту).

В качестве примеров первой группы могут служить методы сокрытия в альтернативных потоках файловой системы NTFS и склеивание JPEG изображения с RAR архивом. Для детектирования фактов сокрытия такими методами можно применять детерминированные алгоритмы.

Во втором случае у файла-контейнера изменяется небольшая часть информации так, чтобы, с одной стороны, в этих изменениях и была закодирована информация, а с другой стороны, чтобы эти изменения были незаметны. Для этих целей в качестве контейнера, часто применяют изображения и аудиофайлы, причем информация записывается именно в область данных, а не в метаинформацию файла.

В случае с изображеними методы стеганографии можно разделить на два класса[1]:

- методы, использующие пространственную плоскость;
- методы, использующие частотную плоскость.

К первым относятся метод наименьшего значащего бита (где информация записывается в младшие биты байтов RGB-представления пикселов) и его разновидности. Во втором случае вначале применяется преобразование изображения в частотную область, потом внедреятся информация, затем применяется обратное преобразование для получения файла изображения.

С аудиопотоком дела обстоят схожим образом. Здесь также методы можно разделить на две группы:

- методы, использующие временную плоскость;
- методы, использующие частотную плоскость.

К первым, как и в случае с изображениями, относятся метод наименьшего значащего бита и его разновидности. Во втором случае сначала происходит преобразование временной плоскости в частотную, потом запись скрываемой информации и затем обратное преобразование, чтобы получить звуковой поток.

В качестве преобразования в частотную плоскость и обратно часто используют прямое и обратное дискретные преобразования Фурье.

Для методов в пространственной и временной плоскостях характерны большая емкость, но слабая устойчивость к пережатию или изменению формата. Для методов в частотной области, наоборот – меньшая емкость, но большая устойчивость.

Акцент во всех этих методах делается на то, чтобы человек не заметил и не услышал ничего подозрительного. Например, одним из способов стеганографии в аудиофайлах является способ записи интересующей информации в верхние частоты (около 20-22 кГц). Люди редко слышат столь высокие частоты. А в изображениях метод наименьшего значащего бита работает так, что его изменение, пусть даже и во всех трех каналах (красном, зеленом, синем), вызовет слишком слабое для человеческого глаза изменение цвета.

Все это делает детектирование такой стеганографии субъективными методами крайне неэффективным. Поэтому для этих целей следует применять компьютерные технологии.

II. Методы детектирования стеганографической информации

Методы детектирования информации меняются в зависимости от ситуации [2]:

- если доступен только файл-контейнер;
- если дотупен файл-контейнер (который, предположительно, со скрытой информацией) и оригинальный файл – то применятся сравнение этих файлов;
- если доступен файл контейнера и сообщение (не эффективно, если сообщение перед скрытием было зашифровано);
- если известен файл контейнера и алгоритм/инструмент скрытия.

Особенно трудно справиться с задачей детектирования, если доступен только файл контейнера. Написать детерминированный алгоритм для такого случая крайне затруднительно. Однако для решения этой задачи могут использоваться методы машинного обучения и, в частности, искусственные нейронные сети.

III. Методы машинного обучения

Искусственная нейронная сеть – это математическая модель работы биологической нейронной сети. Ее главной задачей является обработка данных.

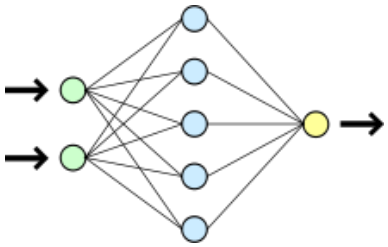


Рис. 1 – Пример нейронной сети

Сама нейронная сеть (как биологическая, так и ее математическая модель) состоит из большого числа нейронов, каждый из которых сам по себе также обрабатывает информацию (см. рис. 1). Она, по определению, является распределенной системой вычислений, притом устойчивой к ошибкам. Это значит, что даже если небольшой процент нейронов и приведет к неправильным результатам, но большая часть сделает верное решение, то и вся нейронная сеть тоже будет склоняться к правильному результату. Эта особенность делает применение искусственных нейронных сетей удобными для решения задач с нечеткой логикой.

Нейроны соеденены специальными связями, и эти связи имеют различнуй вес (значимость, или коэффициент, на который умножается входной сигнал). И эти веса не постоянные, а в процессе обучения изменяются. Как именно – зависит от алгоритма обучения.

Каждый стеганографический алгоритм вносит свои искажения в контейнер. Это означает, что имея примеры стеганоконтейнеров и чистых контейнеров, можно обучить искусственную нейронную сеть, и в дальнейшем она будет обрабатывать новые, еще не известные ей файлы, применяя к ним знания, полученные ранее. Это дает два преимущества: гибкость и универсальность. Гибкость заключается в способности нейронной сети к обучению. А универсальность в том, что можно обучить нейронную сеть детектировать применения различных алгоритмов. Так, в случае с изображениями можно применить следующий алгоритм[3]. Вначале из пекселей цифрового изображения получают пространство признаков. В качестве признаков можно использовать статистические моменты в частотной области гистограмм вейвлет-коэффициентов, в частности, вычисленных до глубины разложения 3. В качестве нейронной сети можно использовать сеть радикально-базисных функций (RBF-сети). Метод состоит в анализе пространства признаков имеющейся базы изображений. Обучение сети – смешанное (вначале – без учителя, потом минимизируют среднеквадратичную ошибку с учителем, затем для уточнения параметров сети используют метод градиентного спуска). В результате после анализа пространство признаков разделяется на две группы: стего и контейнеры.

Выводы

Существуют различные способы спрятать информацию в цифровых изображениях и аудиофайлах. А вот детектировать факты такого сокрытия значительно труднее. Для человека искажения в файлах будут незаметными. Детерминированные алгоритмы едва ли можно спроектировать. Однако для решения этой задачи можно использовать методы машинного обучения. Так, обучив нейронную сеть, можно с достаточной долей вероятности обнаруживать стеганоконтейнеры.

Список литературы

1. A Survey of Image Steganography Techniques /Mehdi Hussain, Mureed Hussain. // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2013. – Vol. 54. – P. 116–117.
2. Steganalysis: Detecting hidden information with computer forensic analysis / Pierre Richer. SANS Institute, 2003. – P. 4–5.
3. Абденов, А. Ж. Использование нейронных сетей в слепых методах обнаружения встроенной стеганографической информации в цифровых изображениях / А. Ж. Абденов, Л. С. Леонов. // Ползуновский вестник. – 2010. – Vol. 2. – P. 221–224.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ НА РЕЧНОЙ СЕТИ

Волчек А. А., Костюк Д. А., Петров Д. О., Шешко Н. Н.
Белорусский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь
E-mail: volchak@tut.by,dmitriykostiuk@gmail.com, polegdo@gmail.com, optimum@tut.by

Защита пойм рек от наводнений является серьезной социально-экономической проблемой, которая может быть решена только частично (поскольку наводнения не могут быть полностью устранены). Одно из таких решений, направленное на оперативное проведение противопаводковых мероприятий, заключается в развитии автоматических средств гидрологического мониторинга, комплексное применение которых позволяет быстро формировать картину наводнения, выполнять прогнозирование его развития с постоянной корректировкой прогноза по вновь поступающим данным. Разработке программного комплекса для решения этой задачи применительно к пойме реки Припять посвящена настоящая работа.

Представляемый программный комплекс осуществляет мониторинг уровня воды в речной сети, расчет и визуализацию зоны затопления, а также составление прогноза развития паводка. Соответственно, его архитектуру можно представить в виде совокупности из трёх подсистем: получения данных, визуализации и прогноза.

Подсистема получения данных имеет следующую структуру. Модуль учета автоматизированных гидрометеостанций (АГС) обрабатывает информацию о расположении и текущем статусе датчиков АГС. Модуль импорта предназначен для получения результатов измерений (например, значений уровня подъема воды) от АГС и их накопления в хранилище гидрологических данных. Также данный модуль позволяет импортировать внешние табличные данные (архивные данные могут повысить точность прогноза).

Основой подсистемы визуализации является модуль расчета зоны затопления, который вычисляет [1] контур пересечения поверхности воды с моделью рельефа на основе реальных или прогнозных данных. Затем модуль векторизации зоны затопления производит преобразование совокупности покрытых водой элементов цифровой модели рельефа в единственный многоугольник для его последующего экспорта. Модуль загрузки картографической основы скачивает из сети необходимые элементы мозаики карты поверхности Земли в проекции Меркатора и сохраняет полученные данные в локальной базе данных для последующего использования, и, наконец, модуль отображения формирует интерактивную карту зоны затопления путем наложения вычисленного многоугольника и отметок на мозаичную картографическую основу.

Подсистема прогнозирования уровня воды в контрольных точках реки построена на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Модуль подготовки данных обеспечивает возможность выбора наборов входных параметров — значений уровня воды в текущей точке, температуры воздуха, объема выпавших осадков, а также данных о накопленных снегозапасах. Модуль конфигурирования и обучения прогнозирующей ИНС в результате своей работы генерирует сеть, обученную на заданном наборе данных, которая далее используется модулем формирования прогноза путем обработки предшествующих значений рядов гидрометеорологических величин. Далее результаты прогнозирования поступают на вход подсистемы визуализации, обрабатывающей их таким же образом, как при построении текущей картины затопления.

Вычисление области затопления поймы реки — как бесприточного участка реки, так и разветвленной сети рек — выполняется с использованием двумерного клеточного автомата на основе следующих входных данных: цифровой модели рельефа поймы в виде матрицы высот, схемы гидрографической сети в виде набора осевых линий отдельных участков (водотоков), и схемы расположения гидрологических постов наблюдения в форме множества точечных объектов с зарегистрированными значениями уровня воды.

Результатами расчета являются контуры зоны затопления в виде сложного многоугольника и карта глубин в зоне затопления, представленная в матричной форме. Оперативное отображение расчетной области затопления выполняется поверх картографической основы с использованием открытых данных некоммерческого проекта OpenStreetMap [2]. Для оперативного вычисления границ возможной зоны затопления при повышении высоты уровня вода во время половодья, соответствующие данные об уровне воды в контрольных створах должны поступать в систему от автоматических гидрометеорологических станций [1].

В разработанном программном обеспечении данный подход был апробирован применительно к территории Брестской области с использованием соответствующих АГС. За период с 2011 по 2016 гг. на территории Брестской области были

смонтированы 6 АГС на пунктах гидрологических наблюдений (ГП) на реке Припять и следующих ее притоках: Стырь, Горынь, Ясельда, Цна и Пина. Первые три АГС поставлены в РБ по программе НАТО «Наука ради мира» для реализации международного проекта «Мониторинг и прогнозирование наводнений в бассейне реки Припять». Последние три станции были поставлены в рамках реализации проекта программы развития ООН «Взаимосвязь между проблемами окружающей среды и безопасности в Беларуси».

Типовая АГС представляет собой водонепроницаемый корпус, в котором расположены устройства регистрации и передачи данных, блок электропитания и/или резервные батареи, а также набор датчиков, подключение которых производится через внешние разъемы. Передача данных может осуществляться напрямую на ПК через проводной интерфейс или средствами беспроводной телеметрической связи (в настоящее время — преимущественно по протоколу TCP/IP). Одна станция может совмещать несколько средств телеметрии (для мест, подверженных паводкам и потому требующих гарантированной регулярной передачи измерений). Программное обеспечение АГС позволяет запрашивать текущие данные, а также просматривать их реальном масштабе времени. Также может выполняться автоматическая передача данных: по расписанию, по запросу или при превышении параметром заданного порога, устанавливаемого пользователем отдельно для каждого датчика.

В связи с неоднородностью АГС, используемых в настоящее время, и широкими возможностями конфигурирования АГС, доступных на рынке, для получения данных гидрометеоизмерений была разработана программная архитектура на основе динамически подключаемых модулей [3], показанная на рисунке 1. Модуль импорта гидрометеорологических данных сканирует подкаталог, содержащий скрипты запуска модулей связи с АГС. Каждый скрипт запуска обеспечивает загрузку типового модуля связи с АГС с набором параметров, соответствующих конкретному ГП. Список параметров зависит от выбранного типового модуля и в частности включает IP-адрес, назначенный конкретной АГС, и параметры авторизации, необходимые для доступа к результатам измерений. Модуль связи устанавливает соединение по протоколу TCP/IP, получает данные в формате, в котором их предоставляет соответствующая АГС, преобразовывает их и возвращает в систему в виде табличного файла формата CSV. Табличный файл содержит произвольное количество столбцов; первой строкой идет заголовок с идентификаторами считанных данных, а за ним — не менее одной строки с полученными значениями. При этом в первом столбце всегда находится отметка времени (фактически дата), соответствующая моменту проведения измерений. Модуль связи с АГС, поставленными в рамках программы ПРООН, возвращает уровень воды, температуру воды и воздуха, а также уровень осадков. Модуль связи с АГС, поставленными в рамках программы «Наука ради мира» возвращает тот же набор параметров и относительную влажность воздуха.

1. Petrov, D. Electronic system of flood monitoring and visualization / D. Petrov, A. Volchek, A. Kozak, D. Kostiuk // Hydrology: from research to water management. XXVI Nordic hydrological conference, Riga, Latvia, August 9–11, 2010. – Riga: University of Latvia Press, 2010. – P. 66–68.
2. Пятроў, Д. О. Выкарыстанне картаграфічных дадзеных праекта OPENSTREETMAP у прыкладных праграмах ГІС / Д. О. Пятроў, А. А. Волчак, Д. А. Касцюк // Третя МНПК FOSS Lviv 2013: Збірник науковых праць, Львів, 18–21 квітня 2013 р. – Львів, 2013. – С. 129–132.
3. Маркина, А. А. Система параллельного тестирования эффективности человеко-машинного взаимодействия / А. А. Маркина // 13 конференция разработчиков свободных программ: тезисы докладов, Калуга, 01–02 октября 2016 г. – Базальт СПО, 2016. – С. 32–37.

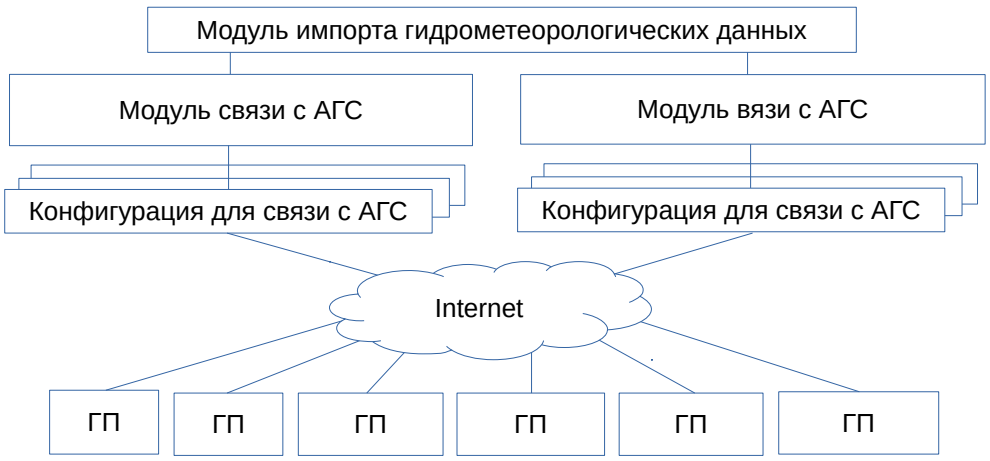


Рис. 1 – Система получения данных с АГС

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМ И ЗАДАЧ СОПРОВОЖДЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Моженкова Е. В., Парамонов А. И.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: elena.mozhenkova@gmail.com, anton_paramonov@tut.by

Корпоративная вычислительная сеть (КВС) позволяет автоматизировать процесс производства на предприятии путем своевременного получения информации, ее аналитического анализа и интеграции данных между корпоративными информационными системами (КИС). Сопровождение КИС составляет 2/3 части жизненного цикла (ЖЦ). Популярность использования КВС вызвало интерес к исследованию подходов сокращения затрат на сопровождение КИС.

Введение

Развитие локально-вычислительных сетей привело к появлению понятия КВС. Структура и функции КВС сложились на базе уже существующих сетей, включая новые сервисы: управление, интеграция и безопасность данных, распределение доступа в режиме реального времени и др. Большинство проблем и задач, возникающих при поддержке КВС, были неизвестны либо не проявлялись при сопровождении сетей рабочих групп, отделов или кампусов, что привело к широкому исследованию различного рода задач в области сопровождения КВС. Изменения схемы ведения бизнеса меняют и требования, предъявляемые к КВС, что обуславливает основное требование - возможность своевременной гибкой реконструкции сети, которое обеспечивает выживание предприятия в жесткой конкурентной борьбе. Данная возможность зависит от структуры КВС, заложенной на этапе создания и разработки.

I. Структура КВС

КВС является сложноорганизованной системой, которая зависит от многих факторов: многообразие сетевых технологий, особенности проектирования, спектр решаемых задач, различие внутренней организации, ЖЦ и др. Эти факторы (каждый в отдельности и в совокупности) существенно усложняют создание единого подхода к комплексному сопровождению КВС. Для систематизации проблем, возникающих при работе с КВС, предлагается классифицировать их в виде многоуровневой схемы по аналогии со структурой строения КВС [1].

Этап сопровождения ЖЦ КИС является критическим фактором для определения стоимости ПО. На этапе сопровождения разработчик получает уже введенную в эксплуатацию систему со своей спецификой работы. Программисту, который мог не учувствовать на этапе разработки, приходится приспосабливаться к стилю и содержанию программы, а иногда нарушать существующую структуру кода для расширения функциональности с учетом сохранения алгоритмов работы предыдущих решений.

Согласно проведенным статистическим исследованиям, сопровождение может составлять от 40% до 90% от общей стоимости любого ПО [2, 3]. Возможность сопровождения, легкость, с которой может быть изменена система, считается одним из атрибутов оценки качества программного продукта [4]. КИС относится к средствам, которые имеют продолжительный период ЖЦ, в том числе продолжительный этап сопровождения. Поэтому сокращение затрат процессов этапа сопровождения является актуальной задачей.

II. Сопровождение КИС

При сопровождении КИС обычно производится его исправление, не затрагивающее основного функционального назначения, и включающее в себя локализацию и устранение обнаруженных дефектов в программных модулях, переработку интерфейсов ПС, модификацию кодов, документации или структуры баз данных [5]. Этап сопровождения можно представить в виде замкнутой итерационной системы (см. рис. 1).



Рис. 1 – Процессы сопровождения КИС

Этап сопровождения может включать в себя работы процесса разработки, но и работы вспомогательной группы процессов ЖЦ КИС. Длительность инкремента и перечень выполняемых работ варьируется и зависит от типа возникающей проблемы бизнес-процесса системы, а так же степени реализованности функциональности КИС.

В соответствии со стандартом [5] введем трехуровневую классификацию типов проблем. Это позволит систематизировать работы по сопровождению КИС согласно процессам итерационной системы. Верхний уровень классификации включает в себя разделение проблем на типы:

- ошибки реализации - сбои приводящие к нарушению работоспособности системы; ошибки, исключающие или затрудняющие использование бизнес-функций; несоответствие законодательству; прочие ошибки;
- модернизация - необходимость выполнения трудоемких работ в случае изменений законодательства;
- развитие функциональности - расширение функциональности, реализация которых является условием внедрения системы, предложения по быстродействию.

В зависимости от типа проблемы различаются и работы, выполняемые в каждом процессе сопровождения КИС. Особое внимание следует обратить на процесс «Подготовка процесса разработки», перечень работ которого сильно зависит от типа проблемы. Это увеличивает его трудоемкость и делает наиболее уязвимым местом.

Процесс «Подготовка процесса разработки» необходим для планирования и документального оформления стратегии проведения сопровождения. Для типа проблем «Ошибка реализации» выполняются работы по локализации бизнес-процесса КИС. Под локализацией бизнес-процесса (проблемы) понимается проверка и подтверждение повторяемости описанной пользователем последовательности действий и конечного результата на тестовой базе данных организации-разработчика. Для проблем по модернизации системы проводятся работы по анализу существующих бизнес-процессов и последующей их доработке согласно законодательным изменениям. При развитии функциональности составляется план-график сопровождения и разработки, определяются организационные взаимоотношения с заказчиком.

В области сопровождения проводилось много эмпирических исследований на тему «Жизненный цикл разработки ПС и распределение затрат на его этапы в различны компаниях» [6, 7]. Исследования показывают, что ошибки чаще всего обнаруживаются лишь на последних стадиях ЖЦ - в основном во время приемочных испытаний или после внедрения ПС. Для подтверждения актуальности результатов рассмотренных исследований [6, 7], проведен анализ статистических данных распределения временных затрат на сопровождение КИС программистов отдела «Отчетность по заработной плате» компании УП «ТопСофт» в период 2014-2016 гг. [1]. Основная активность разработчиков связана с процессами 1-5 сопровождения КИС. В связи с этим для статистики были рассмотрены работы: локализация, аналитическая проработка, кодирование, выпуск обновлений, предварительное тестирование. Статистика подтвердила, что основное рабочее время затрачивается на этапы кодирования (65%) и локализации (23%). Остальные 12% времени приходится на работы: аналитическая проработка, выпуск обновлений и предварительное тестирование.

Далее было проведено исследование распределения проблем по типам в соответствии с классификацией второго уровня за тот же период (см. рис. 2).

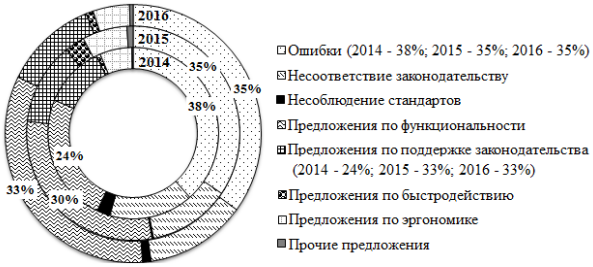


Рис. 2 – График распределения проблем по типам

Можно заметить, что основная доля затрат разработчика при сопровождении КИС приходится на решение проблем с типом «Ошибка реализации» (2014 - 38%; 2015 - 35%; 2016 - 35%). А значит, что большая часть временных затрат разработчика приходится на локализацию проблем с типом «Ошибка реализации». Это подтверждает актуальность результатов исследований [6, 7] на сегодняшний день. Решение рассмотренных проблем лежит в плоскости локализации причин ошибок и оперативного их устранения.

1. Моженкова, Е. В. Проблемы и задачи при работе с корпоративными вычислительными сетями / Н. Л. Боброва, Е. В. Моженкова, А. И. Парамонов // 53-я науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (2-6 мая 2017 г.).
2. Dehaghani, S. M. H. Which factors affect software projects maintenance cost more? / S. M. H. Dehaghani, N. Hajrahimi // Acta Informatica Medica, 21(1), 63, March 2013.
3. Coen, J. B. How to save on software maintenance costs / J. B. Coen, H. V. Harald // An Omnext white paper on software quality", November 2014.
4. ISO/IEC 9126-1:20012-004 - Программная инженерия - Качество продукта.
5. СТБ ИСО/МЭК 14764-2003. Информационные технологии. Сопровождение программных средств.
6. Boehm, The High Cost 0f Software, Practical Strategies for Developing Large Software Systems, Addison-Wesley, 1975.
7. Kemighan, Plauger, The Elements of Programming Style, McGraw-Hill, 1978.

МОДЕЛЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ИМИТИРУЮЩЕЙ И МАСКИРУЮЩЕЙ ПОМЕХИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РЛС СОПРОВОЖДЕНИЯ

Чигирь И. В., Кузьмичев Н. К., Горшков С. А.
Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройств, УО «Военная академия Республики Беларусь»
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivan.chigir.a@gmail.com, chigirivan@bsuir.by

Разработана математическая модель комбинированной уводящей по дальности и/или скорости и маскирующей помехи, предназначенной для подавления следящих систем импульсных и импульсно-доплеровских радиолокационных станций точного измерения координат

Введение

Наиболее эффективным способом подавления импульсно-доплеровских РЛС точного измерения координат (ИД РЛС ТИК) является применение комбинированных имитирующих и маскирующих помех (КИМ-помех) [1-3]. Судить об эффективности помех лучше всего по результатам имитационного моделирования, таким путем удается получить конкретные данные о вероятностях срыва, захвата, перенацеливания РЛС, функционирующей в конфликте со средствами РЭП [2]. Целью работы является разработка математической модели КИМ-помехи в интересах дальнейшего исследования методов защиты от таких помех в РЛС ТИК.

I. Математическая модель КИМ-помехи

КИМ-помеха представляет собой аддитивную смесь уводящей помехи (УП) и шумового колебания [2]. Поэтому, алгоритм формирования математической модели КИМ-помехи следующий: 1) формирование модели многократной УП по дальности и/или скорости; 2) формирование модели маскирующей помехи (МП); 3) формирование аддитивной смеси с необходимым энергетическим соотношением УП и МП.

Модель многократной уводящей помехи. Модель многократной (однократной) УП аналогична модели отраженного сигнала (ОС) от воздушной цели (ВЦ), в комплексном законе модуляции (ЗМ) которого по определенному закону изменяется соответствующий параметр. Изменение в комплексном ЗМ времени запаздывания или частоты характерно ускорению ВЦ. Таким образом, математическая модель УП по дальности и скорости должна повторять модель ОС от ВЦ движущейся с ускорением.

Наличие сложной временной зависимости в функции запаздывания $\Delta t_r(t)$ ОС приводит к трансформации его структуры. Искажениями амплитудной модуляции ОС можно пренебречь, что обусловлено маленькими радиальными скоростями ВЦ [3]. Искажения фазовой модуляции требуется учитывать, когда изменение частоты ОС за время когерентного накопления соизмеримо с элементом разрешения по частоте или превышает его размеры [2], это характерно для ИД РЛС ТИК. При формировании УП каналу дальности производится управление сдвигами по времени, а каналу скорости – по частоте в соответствии с навязываемым ускорением a_{up}. Возможность формирования нескольких программ увода с разными ускорениями и направлениями действия УП учитывается в модели индексом g из всего количества G УП. Индексом k в комплексном ЗМ одиночного сигнала учитывается возможность переменного периода или вида модуляции. Математическая модель многократной УП представлено выражением (1),

$$\xi_{up}(t) = \sum_{g=1}^{G} M_{up}(t)\, e^{j\left[(w_0-\Omega_d)t+\frac{2\pi}{\lambda}a_{up}(t-t_0)t^2\right]}\times$$

$$\times \sum_{k=0}^{L-1} U_{0_k}\left(t - kT_{p_k} - \left[\frac{2r_t(t)}{c} - \frac{a_{up}(t-t_0)\,t^2}{c}\right]\right) \quad (1)$$

где $M_{up}(t)$ – комплексная огибающая УП, t_0 – время начала увода; w_0 – круговая средняя несущая частота зондирующего сигнала, c – скорость света, U_0 – комплексный ЗМ зондирующего сигнала (ЗС), $r_t(t)$ – закон изменения наклонной дальности ВЦ, T_p – период повторения, Ω_d – частота Доплера, λ – длина волны. Оно повторяет предложенную в [3] модель УП, но имитирующий сдвиг по времени запаздывания представлен величиной навязываемого ускорения. Математическая модель УП по дальности или скорости будет являться частным случаем (1).

Модель ответной шумовой помехи. Шумовые помехи (ШП) универсальны, они могут применяться для подавления РЛС любого типа. Для подавления ИД РЛС более рациональным является применение прерывистых помех. При формировании таких помех САП находится в ждущем режиме, излучая только в ответ на каждый обнаруженный импульс сигнала, при этом шумовой импульс больше длительности импульса сигнала $T_h > T_0$, ширина спектра помехи имеет тот же порядок величины, что и полоса пропускания приемника. Амплитудная и фазовая модуляции

видеошумами позволяет создать шумовое колебание с широким спектром и маскировать участок доплеровских частот с полосой Δf_h, составляющей 7...20 кГц, с центральной частотой изменяющейся в соответствии с частотой Доплера ВЦ. Помеховое колебание, таким образом, можно описать следующим выражением:

$$\xi_h(t) = M_h(t)e^{j(w_0-\Omega_d)t}\sum_{k=0}^{L-1}\times U_0\left(t-kT_p-t_r(t)\right) \quad (2)$$

где $M_h(t)$ – комплексная огибающая маскирующей помехи, учитывающая амплитудную и фазовую модуляци видеошумами.

Математическая модель КИМ-помехи. Как было отмечено, математическая модель КИМ-помехи представляет собой аддитивную смесь уводящей (1) и маскирующей помех (2), таким образом итоговое выражение модели математической модели КИМ-помехи представлено выражением (3):

$$\xi_{KIM}(t) = \xi_{up}(t) + \xi_h(t) \quad (3)$$

II. Результаты математического моделирования и их обсуждение

С помощью пакета программ «Моделирование обратного вторичного излучения радиолокационных целей» (программы BSS, Target editor, ProjectModelLA) было проведено математическое моделирование ОС от ВЦ для различных траекторий навязываемых координат. При моделировании полагалось: длина волны 3 см, частота повторения импульсов 20 кГц, длительность одиночного импульса – 1 мкс, общее время наблюдения составляет 5 секунд. Исследовались одиннадцать траекторий движения ВЦ (рисунок 1). При этом полагалось, что 1, 3 и 5 траектории соответствуют полету ВЦ (прямолинейное движение без изменения углов тангажа, рыскания и крена, без изменения работы силовой установки (СУ)), а траектории 2, 4, 5 - 11 УП по дальности и скорости. В качестве прототипа летательного аппарата выбран истребитель, при этом траекторные флуктуации отсутствуют. Начальные параметры ВЦ полагались одинаковыми: наклонная дальность – 30 км, высота – 3 км, азимут 355 град, скорость – 200 м/с, что соответствует частоте вращения вала силовой установки 65%. Все нечетные номера траекторий соответствуют ситуации без изменения режима работы СУ, четные – с изменением до 90%, при этом траектории 8 и 9 соответствуют манёвру в вертикальной плоскости, 10 и 11 – в горизонтальной.

Проанализирован характер изменения параметров комплексного ЗМ, результаты представлены на рисунке 2 в виде зависимостей изменения наклонной дальности и радиальной скорости за время моделирования.

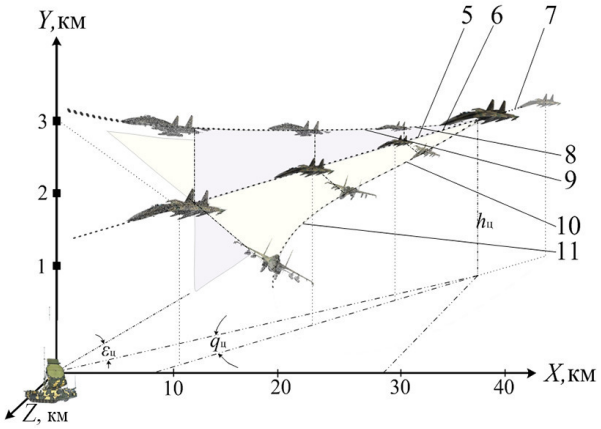


Рис. 1 – Траектории полета ВЦ

Такие зависимости представлены для траекторий 1,2 5,7,10, для остальных траекторий характер различия параметров ВЦ и УП менее яркий.

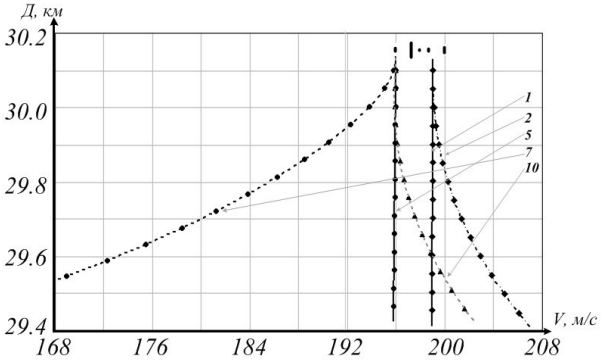


Рис. 2 – Изменение дальности и радиальной скорости в течении времени наблюдения

Для ИД РЛС, где разрешающая способность по частоте составляет менее одного килогерца, частотные отличия между УП и ОС можно наблюдать раньше, чем это происходит во временной области (рисунок 2). Пороговое значение потребного отношения сигнал-шум приемного устройства сопровождения ВЦ РЛС ТИК составляет 7...8 единиц, что определяет минимальную мощность маскирующих шумов.

III. Выводы

Разработана математическая модель КИМ-помехи для РЛС ТИК, в которой учтены: временная корреляция случайных отсчетов; изменение времени запаздывания и угловая модуляция помехи. В отличие от модели, предложенной в [3], учтено действие МП. Использование предлагаемой математической модели КИМ-помехи способствует разработке эффективных способов противодействия уводящим по скорости, дальности и комбинированных помех.

IV. Список литературы

1. Защита радиолокационных систем от помех. / Под ред. А. И. Канащенкова и В. И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с.
2. Куприянов А. И., Радиоэлектронная борьба /А. И. Куприянов. – М: Вузовская книга, 2013. – 360 с.
3. Гейстер С.Р., Адаптивное обнаружение - распознавание с селекцией помех по спектральным портретам – Минск, ВА РБ, 2000 – 172 с.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Лукашевич М. М., Сасин Е. А.
Кафедра ЭВМ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {lukashevich, sasin}@bsuir.by

В работе рассматриваются вопросы предварительной обработки ОКТ-изображений (изображения оптической когерентной томографии). Представлены некоторые результаты экспериментов по выбору цветового пространства и фильтрации данного класса изображений.

Введение

Развитие и исследование ОКТ-метода [1], как неинвазивного прижизненного метода исследования тканей, начались в 1993 году после публикации об ОКТ-изображениях сетчатки глаза человека [2].

Следует отметить, что термин ОКТ-изображение является условным, т.к. после исследования образца тканей томограф выдает массив значений размерностью MxN, а представление этих данных в виде изображения осуществляется специальным программным обеспечением.

I. Подходы и трудности визуализации ОКТ-изображений

Существует два подхода к визуализации массивов данных, получаемых с томографа, направленные на улучшение качества ОКТ-изображений.

Первый подход называется методом «нулевых задержек» или «нулевых смещений». Он заключается в том, что образец ткани или клеточный слой в этом образце располагается как можно ближе к линии нулевой задержки, т.е. он располагается на том же расстоянии, что и опорное плечо томографа. Метод «нулевых задержек» в первую очередь характерен для томографов, которые работают, основываясь на преобразование Фурье. Он позволяет избавиться от артефакта зеркального изображения, который возникает как раз из-за этого преобразования. Выше и ниже линии нулевой задержки образуется позитивное и негативные симметричные изображения, а объект расположенный максимально близко к этой линии получается на изображении с наибольшей четкостью, т.к. он обладает наибольшей рефлективностью. При таком подходе из-за симметричности половина изображения просто отбрасывается и обрабатывается оставшаяся половина B-скана [3, 4].

Второй подход заключается в усреднении нескольких B-сканов одного и того же образца или одного и того же участка тканей. Этот подход направлен на увеличение отношения сигнал/шум. Увеличение этого соотношения достигается тем, что сигнал – это постоянная составляющая B-сканов, а шум - переменная составляющая. В результате усреднения B-сканов можно существенно повысить контрастность ОКТ-изображения [5].

В ОКТ-методе полученные изображения подвергаются зашумлению. Основными источниками шумов являются несовершенство аппаратуры и движение пациента или смещения исследуемого образца. Несовершенство аппаратуры в основном заключается в ограничении разрешающей способности томографа, что влечет за собой зернистость изображения – спекл шум [6]. На борьбу с такими шумами и направлен метод усреднения B-сканов. Когда невозможно получить несколько B-сканов образца или усреднение B-сканов является неприемлемо затратным с точки зрения времени вычислений, то можно использовать усреднение A-сканов по нескольким соседним [5].

Ключевыми задачами на этапе предварительной обработки ОКТ-изображений являются:

1). визуализация ОКТ-изображений с наибольшим цветовым контрастом, проецирование данных ОКТ в пространство цветов;

2). фильтрация шума в ОКТ-изображениях.

Задача выбора цветовой палитры для ОКТ-изображений является крайне важной, т.к. это напрямую влияет на качество (контраст, зернистость) изображения и степень детализации объектов. Сложность задачи заключается в выборе подходящей цветовой системы из большого количества цветовых систем. В данной работе поиск и анализ цветового пространства выполняется с целью определить цветовое пространство, обеспечивающее наилучшее цветовое восприятие, а также оптимальное для распознавания патологий кожи на ОКТ-изображениях.

Присутствие на ОКТ-изображениях зашумления, обусловленного движениями пациента или смещением образца, вызывает определенные сложности на этапах фильтрации и анализа данного класса изображений. Шум ухудшает качество цифрового изображения и делает его визуальное восприятие и дальнейший анализ достаточно сложной задачей. С точки зрения за-

дач медицинской диагностики, снижается ценность ОКТ- изображений и затрудняется внедрение алгоритмов автоматической диагностики. Таким образом, задача уменьшения влияния шума на качество изображение, решение которой позволит облегчить интерпретацию и анализ результатов ОКТ исследований, является актуальной.

Есть два способа увеличения качества ОКТ-изображений, а именно аппаратная составляющая этого процесса (совершенствование физических томографов) и программная составляющая, как на наиболее перспективный путь [7].

II. Результаты экспериментов

Коллекция ОКТ-изображений содержит 11 ОКТ-изображений кожи, полученных с помощью установки, разработанной сотрудниками института физики им. Степанова НАН Беларуси.

Формат файлов: hdf5. hdf5 – современная версия формата hdf, разработанного для хранения большого количества цифровой информации.

Содержит иерархию из двух основных типов объектов:

Datasets - наборы данных, многомерные массивы объектов одного типа;

Groups - группы, являются контейнерами для наборов данных и других групп.

Тип данных: $H5T_IEEE_F64LE$ (double).

Группа: octimage.

Размер изображения: 512×1024.

Поиск и анализ оптимального цветового пространства выполнялся в рамках 19 палитр, доступных в системе Matlab R2017a. Все эти палитры могут служить параметрами команды colormap. Установлено, что для дальнейшего анализа непригодны цветовые палитры lines, colorcube, prism, flag и white в связи с очевидно плохой визуализацией структур кожи. Оценки по успешности использования остальных цветовых палитр можно сделать после реализации этапа фильтрации.

Проводилась оценка эффективности использования следующих алгоритмов фильтрации: фильтр Ли, гибридный медианный фильтр, симметричный фильтр ближайшего соседа, фильтр Кувахара, адаптивный фильтр Винера, фильтр анизотропной диффузии.

При тестировании методов удаления шумов обычно проводится сравнение исходного изображения с изображением, полученным после удаления ранее наложенного шума. В случае с ОКТ-изображении данное сравнение невозможно, т.к. они изначально формируются с присутствием шумов. Для оценки качества удаления шума на изображениях тестовой коллекции использовалось значение среднеквадратичного отклонения (СКО). Сравнивались значения СКО исходного изображения и изображения после фильтрации. Экспериментальные исследования проводились в среде Matlab2017a. Лучшие результаты показал адаптивный фильтра Винера (размер маски 5×5) в цветовой палитре winter (рисунок 1), далее следуют гибридный медианный фильтр (размер маски 5×5) и симметричный фильтр ближайшего соседа (размер маски 5×5).

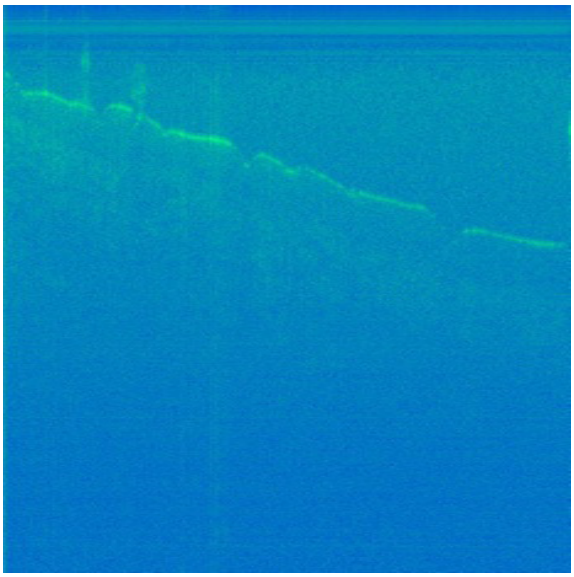


Рис. 1 – Примеры визуализации ОКТ-изображения

Заключение

Полученные результаты являются предварительными и подлежат доработке в части, касающейся расширения коллекции указанного класса изображений и набора алгоритмов фильтрации, подлежащих исследованию.

1. Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., Stinson W.G., Chang W., Hee M.R., Flotte T., Gregory K., Puliafito C.A., Fujimoto J.G. Optical coherence tomography // Science.1991. V. 254. P. 1178–1181.
2. Swanson E.A., Izatt J.A., Hee M.R., Huang D., Lin C.P., Schuman J.S., Puliafito C.A., Fujimoto J.G. In vivo retinal imaging by optical coherence tomography // Opt. Lett. 1993. V. 18. № 21. P. 1864–1866.
3. Spaide R.F., Koizumi H., Pozzoni M.C. et al. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography // Am J Ophthalmol. 2008. Vol. 146. P. 496–500.
4. Margolis R., Spaide R.F. A pilot study of enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in normal eyes // Am J Ophthalmol. 2009. Vol. 147. P. 811–815.
5. Петров Д.А., Проскурин С.Г. Определение скорости потока по доплеровскому сдвигу в оптической когерентной томографии // Juvenis scientia. 2015. №1. С. 3-5.
6. Mariampillai A, Leung MK, Jarvi M, Standish BA, Lee K, Wilson BC, et al. Optimized speckle variance OCT imaging of microvasculature. Opt Lett. 2010; 35 (8): 1257–9.
7. S.N. Svetozarskiy, S.V. Kopishinskaya. Retinal Optical coherence tomography in Neurodegenerative Diseases (review). Sovremennye tehnologii v medicine 2015; 7(1): 116–123.

ОБ ОБЩЕЙ АРХИТЕКТУРЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Рудикова Л. В., Жавнерко Е. В.
Кафедра современных технологий программирования, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: {rudikowa, eugene.zhavnerko}@gmail.com

В статье приводится общая архитектура системы накопления и анализа данных практико-ориентированной направленности, основанная на технологии складирования данных. Отличительной чертой при разработке системы является подход с использованием расширяемого хранилища данных на основе универсальной платформы хранимых данных, предоставляющей доступ для хранения и последующего анализа данных различной структуры и различных предметных областей. Приводятся общая архитектура универсальной системы хранения и обработки данных указанной направленности, выделяются структурные составляющие.

Введение

Развитие подходов и концепции к построению систем, связанных с накоплением данных в хранилище и последующим использованием алгоритмов Data Mining [1-3] является особо перспективным, т.к. белорусский сектор соответствующих ИТ-разработок находится еще на стадии формирования. Рассматриваемая тематика, связанная с разработкой общей концепции построения систем накопления и анализа данных [4], включает следующие направления исследований. Прежде всего, структурирование предметной области, связанной с объектами художественной ценности, построение модели для хранилища данных, выбор и разработка методологии и алгоритмов обработки информации. Кроме того, системой предусматривается также сбор и накопление информации, касающейся персональных данных людей, прежде всего, известных личностей, а также, направление, характеризующее некоторые аспекты предметной области демографических и миграционных данных [5, 6].

I. Об архитектуре системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности

На рисунке 1 представлена разработанная архитектура для предлагаемой системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности.

Основными компонентами архитектуры предлагаемой системы являются: оперативные источники данных; ETL-процесс; хранилище данных; подсистема анализа; пользователи. Приведем кратко характеристику основных компонентов системы.

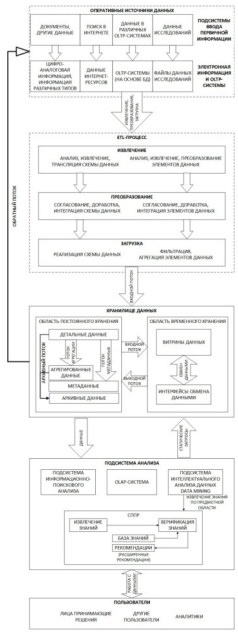


Рис. 1 – Общая архитектура системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности

Оперативные источники данных включают различные документы и данные, которые обрабатываются OLTP-системами. ETL-процесс представляет собой процесс извлечения (получения) информации из OLTP-систем (баз данных), затем ее дальнейшее преобразование к формату хранимых данных в хранилище, и непосредственной загрузки данных в хранилище данных. Архитектура области хранения данных может проектироваться в зависимости от требований представления и использования итоговой информации. В рассматриваемом случае архитектура проектируется с учетом следующих областей. Область временного хранения данных – используется для временного хранения данных, которые извлекаются из транзакционных систем; таким образом, эта область – промежуточный

слой между OLTP-системами и хранилищем данных, которая состоит из витрин данных и интерфейсов обмена данными с другими системами и приложениями. Область постоянного хранения данных состоит из детальных данных; агрегированных данных; метаданных и архивных данных. Подсистема анализа также важная часть предлагаемого архитектурного решения, основными требования к которой являются расширяемость и модульность структуры. В подсистему информационно-поискового анализа необходимо включить информационный поиск, визуальный поиск и семантический поиск. постановка четких запросов к базе данных и получение соответствующей информации – это главные зпадачи, решаемые подсистемой информационного и визуального поиска.

Использование технологии OLAP в предлагаемой системе – это соответствующий подбор программных решений класса Business Intelligence для быстрого создания и настройки многомерных кубов с целью получения итоговых агрегированных запросов по конкретному направлению, соответствующих направлению предметной области. Подсистема интеллектуального анализа данных Data Mining предполагает возможность с использованием соответствующих методов обработки данных обнаружения неизвестных ранее нетривиальных и практически полезных знания, которые можно интерпретировать соответствующим образом и на этой основе принимать соответствующие решения по направлениям деятельности, указанным выше. Основное назначение системы поддержки принятия решений (СППР) состоит в получении рекомендаций на основе изучения имеющихся исторических и текущих данных о состоянии требуемого объекта исследования и сравнение этой информации с информацией, которая хранится в базе данных системы. Основные функции СППР – это извлечение знаний, их верификация и формирование рекомендаций требуемого образца. В СППР обязательно должна присутствовать возможность обновления знаний с учетом текущего момента времени (актуализация знаний). К системе могут иметь доступ различные группы пользователей, которым доступен и различный функционал системы. Отметим, что, кроме администраторов системы, можно указать также следующие группы пользователей: лица, принимающие решения, аналитики и другие пользователи. Лица, принимающие решения (ЛПР) – это группа пользователей, от решения которых зависит анализ объективной составляющей ситуации или явления; выявление предпочтений ЛПР, генерация возможных решений, оценка возможных альтернатив, анализ последствий принимаемых решений, выбор лучшего варианта и т.д. Аналитики – пользователи, которым необходимо сформулировать и проверить конкретные гипотезы, а также создавать требуемые запросы различного плана и подготовить отчеты по конкретным направлениям предметной области. Другим пользователям, как правило, доступна общая информация, связанная с универсальной системой и для них ограничены возможности по обработке имеющихся данных предлагаемой системы.

Однако, стоит помнить, что, в зависимости от целей использования системы, всегда можно определить конкретного пользователя и предоставить ему определенные права на доступ и обработку информации, а также – к отдельным модулям и функционалу системы.

II. Заключение

Разработка общей концепции и реализация Интернет-системы складирования и обработки данных практико-ориентированной направленности, связанных с различными видами деятельности людей, может быть рассмотрена в аспекте создания некоторого федерального хранилища данных, что, несомненно, является актуальной темой исследования. Система такого рода позволит собрать достаточно обширные сведения по различным предметным областям, а также получать необходимые аналитические сводки, проводить обработку данных и применять соответствующие методы и алгоритмы Data Mining.

Результаты работы получены в процессе выполнения ГПНИ «Разработка методологии и средств построения универсальных систем хранения, обработки и анализа структурированных данных большого объема практико-ориентированной направленности».

III. Список литературы

1. Devlin, B.A. An Architecture for a Business and Information System / B.A. Devlin, P.T. Murphy. – IBM Systems Journal, 1988. – Vol 17, No 1. – P. 60–80.
2. Inmon, W.H. Building the Data Warehouse / W.H. Inmon // Third Edition. – John Wiley and Sons, Inc. New York, 2002. – 428 p.
3. Kimbell, R. The Data Warehouse Toolkit: The Complete Guide to Dimensional Data Warehouses / R. Kimbell, M. Ross // Second Edition. – J. Willey and Sons, 2002. – 447 p.
4. Примеры реализации хранилищ данных предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.internet-technologies.ru/articles/article_994.html. – Дата доступа: 26.12.2016.
5. Belyi, A. Global multi-layer network of human mobility // Alexander Belyi, Iva Bojic, Stanislav Sobolevsky, Izabela Sitko, Bartosz Hawelka, Lada Rudikova, Alexander Kurbatski, Carlo Ratti / International Journal of Geographical Information Science. – Mode of access: [http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2017.1301455]. – Date of access: [14.04.2017].
6. Белый, А.Б. Данные сервиса Flickr и структура сообществ стран // А.Б. Белый, Л.В. Рудикова, С.Л. Соболевский, А.Н. Курбацкий / Международный конгресс п оинформатике: информационные системы и технологии = International Congress on Computer Sciens : Information Systems and Technologies : материалы Междунар. науч. конгресса, Минск, 24 окт.–27 нояб. 2016 г. / БГУ; редкол.: С.В. Абламейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 851–855.

ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ ПО КРАТЧАЙШИМ ПУТЯМ НА НАГРУЖЕННЫХ ГРАФАХ

Ревотюк М. П., Пушкина А. К.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {rmp, kafitas}@bsuir.by

Предлагается модель поиска кратчайших путей на нагруженных графах, когда порядок порождаемых деревьев путей существенно меньше порядка графа. Учет текущего состояния процесса перемещения снижает сложность поиска путей до линейной зависимости от объема сканируемого пространства.

I. Постановка задачи

Задачи управления управления перемещениями на транспортных сетях включают фазы планирования и реализации маршрутов на множестве целевых состояний. Целевые состояния ассоциируются с вершинами графа сети. Веса дуг такого графа на этапе планирования обычно представляют числовые оценки эффективности перехода, а на этапе реализации - подробные параметры условий перехода. Предмет обсуждения - эффективная схема процедур оптимизации перемещения к цели, использующая минимально необходимый объем запрашиваемых данных.

Известно, что на этапе планирования пути между двумя заданными вершинами графа целесообразно организовать поиск построением двух встречно растущих деревьев. В результате объем анализируемых данных сокращается в два раза [1]. Дерево из конечной вершины должно строиться на графе с обратным направлением дуг, поэтому представление модели сети задается расширенным графом – объединением исходного графа и его инверсии.

На нагруженном ориентированном графе $G(N, A)$, где N – множество вершин, A – множество дуг с весовой функцией $W : A \to R^+$ время построения дерева путей одним из лучших для такой задачи алгоритмом Дийкстры имеет оцеики от $O(m + n\log_2 n)$ до $O(m + nL)$, где $m = |A|$, $n = |N|$, L – максимальная длина дуги графа [1].

Лучшая среди известных схема отображения очереди вершин на вектор размером L. Схема отображения очереди вершин наиболее эффективно работает с большими очередями, а оптимальный размер деревьев поиска соответствует одинаковому расстоянию от корней дерева в точке остановки. Достижение потенциально возможной эффективности поиска порождает вопросы выбора способа представления расширенного графа и определения правил остановки поиска.

Очевидно, что для управления прохождением маршрута практически требуются лишь параметры условий перехода для вершин, находящихся в окрестности планируемого кратчайшего пути. Модель базы знаний контролера перемещениями включает подграф сети, включающий множество вершин текущего маршрута с возможными отклонениями.

II. Определение расширенного графа

С целью определения расширенного графа, пригодного для организации процесса ветвления на общей очереди, обозначим исходный граф через $G^+ = (N^+, A^+)$, а граф с инвертированием направления дуг – $G^* = (N^*, A^*)$.

Между вершинами графов G^+ и G^* должно быть взаимно однозначное соответствие. Предлагается использовать симметричную функцию отображения номеров вершин $N^+ \leftrightarrow N^*$ в виде

$$C(x) = x^+ \cdot (x \in G^+) + x^* \cdot (x \in G^*), \qquad (1)$$

где $x \in N^+ \cup N^*$.

Пусть номера вершин графа G^+ заданы последовательностью $\overline{0, n-1}$, а номера вершин графа G^* – последовательностью $\overline{2n-1, n}$. Легко проверить, что в таком случае линейная функция

$$C(x) = 2n - 1 - x, x \in N^+ \cup N^* \qquad (2)$$

реализует прямое и обратное отображение номеров вершин $N^+ \leftrightarrow N^*$. Это позволяет использовать (2) в качестве адресной функции, так как объединение множеств таких номеров соответствует неразрывной последовательности $\overline{0, 2n-1}$. В результате множество номеров вершин и дуг графа G^* определяется так:

$$N^* = \{x^* = C(x^+), x^+ \in N^+\},$$

$$A^* = \{(C(y^+), C(x^+)), (x^+, y^+) \in A^+\}. \qquad (3)$$

Пусть s и t – начальная и конечная вершины искомого кратчайшего пути на исходном графе G^+ . Так как, согласно (3), $N^+ \cap N^* = \oslash$, то встречный поиск можно проводить синхронным движением волны от корней деревьев на несвязном графе $G^+ \cup G^*$. Для этого достаточно начать процесс ветвления из вершин $s \in N^+$ и $t^* \in C(t)$, $t^* \in N^*$ [1]. Последнее соответствует формальному объединению графов фиктивной дугой $s \to t^*$, для которой $w(s, t^*) = \infty$.

III. Правило остановки поиска

Пусть D – массив расстояний от корня дерева, $D = \{D_i, i \in N^+ \cup N^*\}$, а P – массив вершин дерева кратчайших путей, $P = \{P(i), i \in N^+ \cup N^*\}$. Если для некоторого дерева кратчайших путей максимальное расстояние от постоянно помеченных вершин до корня есть d, то признаком постоянной пометки вершины x является условие $D_x \leq d$. В рассматриваемом случае для обоих деревьев значение d одинаково. Отсюда следует, что правило остановки можно определить на значениях текущих расстояний – $D_{C(i)} \leq D_i$, где i – вершина графа G^+ или графа G^*, получающая постоянную пометку.

Однако проблема состоит в дискретном характере процедуры выбора помечаемых вершин, когда условие $D_{C(i)} \leq D_i$ приходится проверять каждый раз после коррекции значений расстояний до временно помеченных вершин.

Обозначим множества листьев встречно растущих деревьев кратчайших путей через $T_x^+ = \{i | x \leq D_x < \infty, x \in N^+\}$ и $T_x^* = \{i | x \leq D_x < \infty, x \in N^*\}$, где $x = \min\{D_k, k \in N^+ \cup N^*\}$.

Очевидно, что на любом этапе процесса развития деревьев остановка может произойти в любой из вершин множества $K_x = \{i | i \in \{C(j), j \in T_x^+\} \cap T_x^*\}$. Нетрудно заметить, что такое множество включено в очередь вершин, формируемую алгоритмом Дийкстры. Последнее предлагается использовать для построения корректной и экономной процедуры остановки.

Действительно, перед началом поиска множество $K_0 = \oslash$. Первый элемент в него будет включен лишь после выявления условия $(x \leq D_i < \infty) \wedge (x \leq D_{C(i)} < \infty)$. Практически проверка такого условия требует лишь включения дополнительной проверки условия $D_{C(i)} \leq \infty$ в алгоритм включения вершины в очередь.

На последующих итерациях включения элементов в очередь определим значение $d_{min} = \min\{D_k + D_{C(k)}, k \in K_x\}$. Значение D_k только возрастает, а из множества временно помеченных вершин исключаются элементы, для которых $(D_k < x)$. Это условие соответствует моменту установки постоянной пометки вершины, одна из которых соответствует условию $d_{min} \equiv \min\{D_k + D_{C(k)}, k \in K_x\}$. Так как для любого значения x новые элементы множества K_x будут по определению иметь расстояние до корней, не меньшее D_x , то условием остановки в момент постоянной пометки вершины k будет $d_{min} \equiv D_k + D_{C(k)}, k \in K_x$.

После остановки в вершине x остается достроить путь до конечной вершины в исходном графе. Так как остановка может быть обнаружена в любом из встречно растущих деревьев, а результат поиска необходимо получить лишь для дерева из исходной вершины, то для перехода в такое дерево требуется функция $C^{-1}(x)$, обратная $C(x)$. Для случая нумерации вершин расширенного графа по правилу (3) $C^{-1}(x) = C(x)$, где $x \in N^+ \cup N^*$.

IV. Ограничение пространства поиска

Эффективный прием фильтрации просматриваемых дуг графа – каждой дуге поставить в соответствие список вершин, кратчайшие пути к которым к которым включают такую дугу. Построение подобных списков возможно после предварительного построения всех деревьев кратчайших путей. Очевидный недостаток ассоциации вершин кратчайших путей с дугами графа – потребность в памяти объемом $O(mn)$. Однако ассоциации кратчайших путей с подмножествами вершин снижает потребность в памяти. Предлагается учесть ассоциации дуг с оптимальными решениями характеристическими множествами признаков вхождения вершин в заранее выделенные любым способом подмножества вершин [4]. Исходный граф будет представлен объединением подграфов, формально включающих вершины одного подмножества. Обозначим $B = \{B_i, i \in N\}$ – множество векторов классификации вершин графа, а принадлежность вершины i подмножеству k пусть отражается выражением $B_i = 2^k$. Алгоритм учета ассоциации дуг следующий. Первоначально каждой дуге графа следует назначить нулевой вектор характеристического множества признаков вхождения ее конечной вершины в кратчайшие пути: $S(I(i,j)) = 0, (i,j) \in A$. Здесь $I(i,j)$ – индекс дуги $i \to j$ в линейном массиве списка дуг, являющегося частью структуры смежности графа. Далее для каждой вершины $i, i \in N$, необходимо построить дерево кратчайших путей до всех остальных вершин, но при этом вместе с операцией $P(j) \leftarrow i$ сохраняя индекс $R_j \leftarrow I(i,j)$, указывающего позицию дуги $i \to j$ в списке дуг. После этого деревья кратчайших путей могут эффективно отображаться на дуги графа: $S(k) \leftarrow S(k) \vee B(P(j))$, $(R_j = k) \wedge (P(j) \neq j)$.

V. Заключение

Вычислительная сложность задачи встречного поиска кратчайших путей для наиболее эффективных адресных схем организации очередей линейно зависит от количества дуг создаваемого дерева. Рассмотренные приемы снижения сложности решения минимизируют количество бесполезных операций для инициализации пространства поиска.

VI. Список литературы

1. Demetrescu, C. Experimental analysis of dynamic all pairs shortest path algorithms/Demetrescu C., Italiano G.F.//ACM Transactions on Algorithms. – 2006. –No. 2(4). –P. 578–601.

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ КООРДИНАЦИИ РАБОТЫ КОММИВОЯЖЕРА

Ревотюк М. П., Кот О. В.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {rmp, kafitas}@bsuir.by

Рассматривается задача координации работы коммивояжера в случае изменения условий обслуживания, отражаемых изменениями элементов матрицы исходных данных. Предлагаемый быстрый алгоритм оценки устойчивости базируется на оценке устойчивости линейной задачи о назначении, соответствующей текущему решению задачи коммивояжера, что снижает вычислительную сложность координации.

I. Постановка задачи

В классической постановке формальная модель задачи коммивояжера имеет вид

$$Y = \min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij},$$

$$u_i - v_j + n x_{ij} \le n - 1, i, j = \overline{2, n}, i \ne j,$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1,$$

$$x_{ij} \ge 0, i, j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Ее решение обычно представлено вектором

$$R = (r_j = i \mid x_{ij} = 1, i, j = \overline{1, n}),$$

который отражает необходимые условия оптимальности

$$R = (r_j = i \mid c_{ij} = u_i + v_j, i, j = \overline{1, n}). \quad (2)$$

В реальных условиях с целью обеспечения нечувствительности к возмущениям часто необходимо найти интервалы $(s_{ij}, f_{ij}),\ i, j = \overline{1, n}$, в которых изменение значений элементов $c_{ij} \in (s_{ij}, f_{ij}),\ i, j = \overline{1, n}$ не требует трудоемкого пересмотра плана работы коммивояжера. Известно, что задача оценки интервалов устойчивости задачи (1) в общем случае имеет экспоненциальную вычислительную сложность. Однако для частных случаев, когда изменяются лишь элементы матрицы с индексами $(i, j) = (r_j, j),\ j = \overline{1, n}$, сложность оказывается полиномиальной.

II. Схема решения задачи

Предлагаемая схема оценки интервалов устойчивости базируется на инвариантности выражения (2) от метода его формирования. Известно, что одним из точных методов решения (1) является метод ветвей и границ [1]. Схема алгоритма метода ветвей и границ может использовать разные способы порождения дерева вариантов. Наиболее успешный способ порождения базируется на решении линейных задач о назначении (ЛЗН), анализе получающихся замкнутых циклов и, если таких циклов более одного, последующем переборе вариантов разрыва циклов. Рекурсия обхода дерева ЛЗН строится на матрице расстояний, где разрывы циклов задаются назначением бесконечных значений длин запрещаемых дуг [2]. В каждом узле дерева вариантов, включая и искомый оптимальный вариант, решается ЛЗН фиксированной размерности

$$Y = \min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c^*_{ij} x_{ij},$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1,$$

$$x_{ij} \ge 0, i, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $(c^*_{ij}, i, j = \overline{1, n})$ – матрица текущей ЛЗН, в которой некоторые элементы исходной матрицы задачи (1) заменены бесконечными значениями. Очевидно, что элементы оптимального решения не меняются: $(c^*_{r_j j} = c_{r_j j}, j = \overline{1, n})$.

Отсюда следует, что задача оценки устойчивости задачи (1) может быть сведена к задаче оценки устойчивости решения задачи (3): для каждого элемента матрицы $(c^*_{ij}, i, j = \overline{1, n})$, используемой для формирования окончательного решения задачи (1), необходимо найти интервал $(s_{ij}, f_{ij}),\ i, j = \overline{1, n}$, в котором изменение значения таких элементов не нарушает оптимального назначения.

Предлагаемая идея поиска интервалов устойчивости ЛЗН основана на том, что лучшие методы решения ЛЗН базируются на переходе от (3) к двойственной задаче линейного программирования

$$Y = \max \sum_{i=1}^{n} u_i + \sum_{j=1}^{n} v_j,$$

$$c_{ij} \ge u_i + v_j, i, j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Ключ для оценки интервалов устойчивости ЛЗН – векторы потенциалов $u_i + v_j, i, j = \overline{1, n}$.

III. Алгоритм оценки устойчивости

Элементы решения (1) и (3) соответствуют ребрам графа совершенного паросочетания

$$E_m = \{(i,j) \mid x_{ij} = 1, i,j = \overline{1,n}\},$$

множество которых реально выделяется выражением (2):

$$E_m = \{(r_j, j), j = \overline{1,n}\}.$$

Оставшиеся элементы

$$E_u = \{(i,j), i,j = \overline{1,n}\} \setminus E_u$$

дополняют такой граф до полного. Интервал значений веса ребер, для которых назначение остается неизменным, может быть описан как

$$I_m(x,y) = \{(-\infty, c_{xy} + \epsilon_m(x,y)], (x,y) \in E_m\},$$

$$I_u(x,y) = \{[c_{xy} - \epsilon_u(x,y), +\infty), (x,y) \in E_u\},$$

где c_{xy} – вес, а $\epsilon_m(x,y)$ и $\epsilon_u(x,y)$ – допустимое изменение веса ребра $x \mapsto y$.

Интервалы I_m и I_u можно найти применением экономной разностной схемы реоптимизации текущего решения для каждого элемента матрицы [1]. Очевидно, что ребро $x \mapsto y$, $(x,y) \in E_u$, не будет частью существующего решения (скрыто) после назначения веса из интервала $(u_x + v_y, +\infty)$, где u_x и v_y – потенциалы строк и столбцов.

Отсюда следует алгоритм построения интервала значений веса ребра: установим гарантированно скрывающее ребро значение $c_{xy} = +\infty$, а после реоптимизации решения получим $\epsilon_m(x,y) = Y^1 - Y^0$. Здесь Y^1 и Y^0 – оценки (1) до и после скрытия ребра.

Обработка последствий скрытия ребра эффективно реализуется предложенным в [3] алгоритмом реоптимизации решения ЛЗН после изменения элемента матрицы исходных данных. Анализ алгоритмов решения ЛЗН показывает, что процесс реоптимизации, начинающийся в вершине x, завершится в вершине y, потенциал которой тоже не изменится. Меняется только потенциал строки x. Из выражения

$$Y = \sum_{i=1}^{n} u_i + \sum_{j=1}^{n} v_j,$$

следует, что изменение оценок решения оценивается выражением $Y^1 - Y^0 = u_x^1 - u_x^0$. Здесь нулевой верхний индекс использован для пометки исходного, а единичный – нового решения. В результате получим

$$I_m(x,y) = \{(-\infty, c_{xy} + u_x^1 - u_x^0], (x,y) \in E_m\}. \quad (5)$$

Использование разности значений потенциалов исключает необходимость наивного прямолинейного вычисления оценок решений задачи (1), требующего n шагов.

Аналогично рассуждая, можно рассмотреть ребра, не принадлежащие оптимальному паросочетанию. В этом случае $c_{xy} \geq u_x + v_y$. Если такие ребра имеют вес в интервале $(u_x + v_y, +\infty)$, то структура решения (1) остается неизменной. Однако для определения $\epsilon_u(x,y), (x,y) \in E_u$ придется строить вспомогательный граф, образуемый из графа оптимального паросочетания путем удаления всех дуг, инцидентных вершинам x и y [2]. В таком графе будет $n-2$ ребра графа оптимального паросочетания. Реализация алгоритма построения интервала значений веса ребер не является эффективной. Для каждого из $n(n-1)$ ребер придется решать ЛЗН, размерность которых $n-2$. Учитывая дискретный характер процесса перемещения по вершинам симплекса при реализации алгоритма решения ЛЗН, предлагается воспользоваться выражением (5), инвертируя направление шагов процесса построения интервала [3]. Конечная граница интервала I_m после этого станет начальной границей интервала I_u . Нулевой шаг в (7) становится решением ЛЗН для гарантированно приводящего к открытию ребра значения $c_{xy} = -\infty$, а единичный шаг соответствует решению ЛЗН с исходной матрицей. В результате получаем

$$I_u(x,y) = \{(-\infty + u_x^0 - u_x^1, +\infty], (x,y) \in E_u\}. \quad (6)$$

Существенно здесь то, что оценка выражений (5) и (6) требует лишь одношаговой реоптимизации исходной задачи (2).

IV. Заключение

Таким образом, выявление в процессе координации работы коммивояжера необходимости пересмотра плана работы требует лишь наблюдения за изменеием исходных данных. Определение интервалов устойчивости задачи коммивояжера легко проводится посредством реоптимизации ЛЗН текущего оптимального решения, если инвертировать принадлежность дуг графа задачи соответствующему совершенному паросочетанию и учесть эту принадлежность направлением нумерации состояний. Вычислительная сложность оценок устойчивости на основе разности потенциалов изменяемых строк ЛЗН – $O(n^4)$. Дополнительная память для хранения наследуемых значений потенциалов строк не превышает объема $O(n^2)$.

V. Список литературы

1. Ревотюк, М. П. Реоптимизация решения задач о назначении /М. П. Ревотюк, П. М. Батура, А. М. Полоневич // Доклады БГУИР. – 2011. – № 1(55). – С. 55–62.
2. Lantao, L. Assessing optimal assignment under uncertainty: An interval-based algorithm /L. Lantao, A. S. Dylan //The International Journal of Robotics Research. –2011. –Vol. 30(7). –P. 936–953.
3. Ревотюк, М. П. Быстрая оценка интервалов устойчивости решения линейных задач о назначении /М. П. Ревотюк, М. К. Кароли, П. М. Батура //Доклады БГУИР. –2013. – № 5(75). – С. 30–36.

АЛГОРИТМ РАСШИРЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ ЛИЦ

Фролов И. И.
Кафедра электронных вычислительных машин, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: frolov@bsuir.by

В работе представлен алгоритм подготовки выборки для обучения многоклассового классификатора машин опорных векторов (SVM). Описанный подход основан на моделировании возможных изменений внешности распознаваемого человека, путем введения дополнительных ракурсов съемки, условий освещения, углов наклона изображаемого фотопортрета человека. Полученные изменения искусственным путем непосредственно оказывают влияние на обучение классификатора, расширяя диапазон возможных вариаций исходного изображения. Классификатор, обученный на расширенной выборке, соответственно, готов в большей степени распознавать новые объекты.

Введение

Алгоритмы обнаружения области интереса (лица) на изображении ориентированы на устойчивость к качеству подаваемых на вход системы изображений – контрастности, яркости и т. д. Однако, даже при точной детекции области лица из-за разности условий освещения человека при проведении фотосъемки процесс достоверной классификации остается весьма проблематичным. В системе биометрической идентификации по фотопортрету компании Technest (www.genextech.com) использована технология 3D-моделирования для добавления в базу лиц фотопортретов недостающих ракурсов с отличающимися позами, освещением и выражениями лиц, однако данный ресурс ничего не сообщает о нивелировании возрастных отличий. В работе [1] рассмотрена возможность использования фильтров, шумов с целью расширения обучающего множества для настройки биометрических систем распознавания. В данной работе предложен комплексный подход для решения задачи по формированию и расширению обучающей выборки из изображений с разными характеристиками яркости, контрастности, условий освещенности, эмоциональных выражений лица, возрастных отличий. Демонстрируемый результат достигается путем синтезирования 3D-моделирования лица с изменяемыми параметрами и методов цифровой обработки изображений для имитации шумов, а также приведения к единым условиям обработки.

I. Параметры 3D-моделирования лица

Для построения 3D-модели лица необходимо наличие минимум одного фотопортрета полного фронтального типа с разрешением, не ниже требуемого (не менее 90 пикселей между центрами зрачков глаз) и без отклонений, поворотов и наклонов головы. Построение 3D-модели выполняется с использованием стороннего программного обеспечения FaceGen http://www.facegen.com и методов цифровой обработки изображений [2].

При использовании технологии 3D-моделирования наглядно был установлен факт высокой степени визуального соответствия фотографий реальных людей и их 3D-моделей (рис. 1). Построение виртуального набора лиц различных ракурсов, эмоций, освещения, шумов, возраста позволяет расширить обучающую выборку, а также нивелировать влияние искажающих факторов.



Рис. 1 – Сопоставление фотографии и 3D модели

Построение виртуального набора лиц различных ракурсов, эмоций, освещения, шумов, возраста позволяет расширить обучающую выборку, а также нивелировать влияние искажающих факторов. Самым распространенным фактором, влияющим на точность распознавания является изменение источников освещения, которые приводят к появлению теней на изображениях. Если обучающая выборка не содержит изображений, снятых различными вариантами освещения, то уровень распознавания системой таких лиц резко падает. На рис. 2 представлены варианты освещения модели лица (слева-направо): сверху, рассеянное прямое освещение, источник света справа, источник света слева.



Рис. 2 – Моделирование различных условий освещения

Важную роль в идентификации личности по цифровому фотопортрету играет также возраст при получении фотоснимков и момент проведения процедуры идентификации (см. рис. 3).



Рис. 3 – Модель изменения возраста, слева-направо: 30 лет, 40 лет, 50 лет, 60 лет

Кроме того, важным моментом при распознавании является ракурс фотосъемки: отклонение головы от вертикального положения вправо-влево, поворот головы вокруг вертикальной оси вправо-влево, наклон головы вокруг горизонтальной оси вверх-вниз.



Рис. 4 – Наклон и поворот головы в трех плоскостях при равномерном рассеянном освещении

Если рассматривать ограниченный набор изменяемых параметров, то можно вычислить общее количество дополнительных изображений, которые строятся для расширения обучающей выборки по формуле $images = n * (n-1)/2$, где $images$ – общее число дополнительных изображений для каждого исходного фотопортрета; n – количество варьируемых параметров. В проведенном исследовании использовано 17 параметров для расширения обучающей выборки – минимальный набор вариаций, позволяющий охватить сразу несколько влияющих факторов: угол поворота и наклона (7 позиций), возраст (2 позиции), эмоциональные выражения лица (4 позиции), освещение (4 позиции), что позволило увеличить обучающую выборку в 136 раз (т. к. для каждого изображения сгенерировано именно по 136 дополнительных изображений).

Представленную последовательность операций по формированию обучающей выборки можно описать в виде следующего алгоритма.

Шаг 1. Формирование исходной выборки изображений лиц для обучения SVM-классификатора.

Шаг 2. Построение 3D-модели лица и генерирование дополнительных 136 изображений .

Шаг 3. Оценка ракурса для каждого изображения (исходного и сгенерированных.

Шаг 4. Локализация области лица по границам надбровных дуг с помощью алгоритма локализации лица Виола-Джонса.

Шаг 5. Предварительная обработка и нормализация изображений.

Шаг 6. Масштабирование локализованной и обработанной области лица до размеров $200 * 200$ пикселей.

Шаг 7. Добавление локализованной и обработанной области лица в обучающий набор фотопортретов и соответствующую базу лиц системы распознавания.

Шаг 8. Формирование вектора признаков отмасштабированного и обработанного изображения лица (алгоритм NIPALS).

Шаг 9. Обучение многоклассового SVM-классификатора. Завершение алгоритма.

II. Результаты экспериментов

Для распознавания был обучен SVM-классификатор [3] с параметрами обучения $C = 8, \gamma = 0,003125$. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние расширения объема обучающей выборки на коэффициент распознавания

Обучающая выборка	Число классов	Обучающий набор	Число изображений каждого класса	Коэффициент распознавания
По 2 изображения каждого класса	700	1400	2	89.71
Расширенный набор изображений	700	96600	138	96.86

Необходимо отметить, что с увеличением числа обучающих изображений наблюдается и рост времени обучения классификатора.

Заключение

Применение 3D-моделирования лица позволяет в большой степени компенсировать отсутствие множества реальных фотопортретов с различными условиями фотосъемками, возрастными отличиями и присутствием эмоциональных выражений лица, наличием шумов. Разработанный алгоритм отличается от известных подходов в системах биометрической идентификации устойчивостью не только к изменениям освещения, ракурса и эмоций, но и к возрастным отличиям и шумам.

Список литературы

1. Старовойтов, В. В. Расширение обучающего множества для настройки биометрических систем распознавания / В В. Старовойтов, Д. Ю. Никодимов // Обработка информации и управление в чрезвычайных и экстремальных ситуациях: материалы 4-й международной конференции. – Минск, 2004. – С. 204–209.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера. – 2005. – 1072 с.
3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. –Москва: Вильямс. –2006. –1104 с.

ОБ ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ФАРЫ ВИТОВТА В ГРОДНО

Рудикова Л. В., Маскевич В. Э., Жавнерко Е. В.
Кафедра современных технологий программирования, кафедра программного обеспечения информационных технологий, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {rudikowa, eugene.zhavnerko}@gmail.com, maskevich_valeri@mail.ru

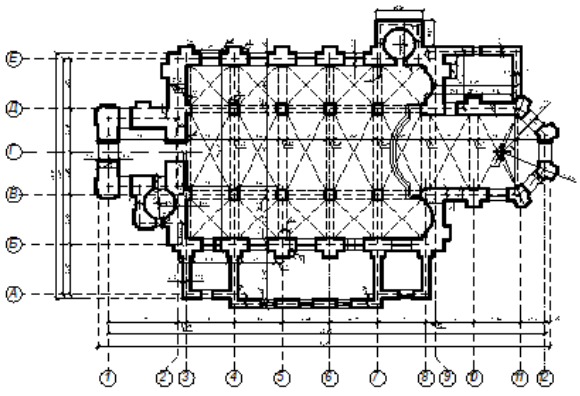
В статье приводятся методика и общие подходы к графической реконструкции объектов, позволяющей восстанавливать утраченные памятники архитектуры. Особенность разработки заключается как в полученных графических визуализациях, так и в методике расчета для определения строительных конструкций.

Введение

Отдельные исторические артефакты и научные исследования, представленные в специализированных изданиях и архивных документах, дают возможность систематизировать и обобщить информацию об утраченных памятниках архитектуры, с целью получения графических реконструкций и дальнейшего их восстановления.

На основании чертежей, фотографий и других материалов создан вариант расчетной модели Фары Витовта в соответствии с конструктивными особенностями и объемно-планировочного решения на период первой половины XIX века. По расчетам создана графическая реконструкция.

Для проведения виртуальной регенерации из всех известных внешних видов здания была выбрана православная перестройка в стиле классицизма, когда Фара Витовта являлась Софийским Собором. Именно в этом виде высотная динамика объемов постепенно нарастала от алтаря к мощной многоярусной колокольни с фигурным завершением на главном фасаде, которая доминировала в композиции. На основании обмерочных чертежей 1803 г., фотографий середины XIX в. и проведенному анализу были разработаны план и фасад (рис. 1) храма в программе Autocad [1].



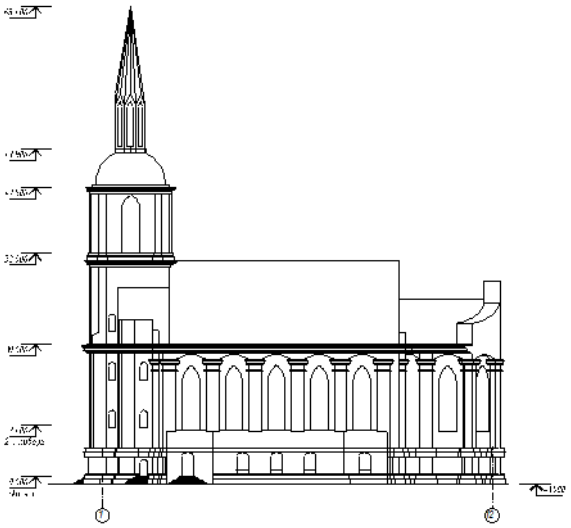


Рис. 1 – План на уровне 1.000 и южный фасад

I. Общие подходы к расчетам

Опираясь на полученные планы и разрезы, в программе MicroFe Ing + была создана расчетная модель утраченного храма с учетом модуля упругости и коэффициента Пуассона для определения усилий кирпичных конструкций. Поскольку в настоящее время не доступна информация о геологии, то в качестве основы в расчетах условно принята жесткой. Своды опираются на опоры шарнирно.

Примеры графических отображений главных напряжений представлены на рис. 2, из которых можно определить лимит прочности кладки в колоннах, стенах (трехнефной части) и сводах.

В программе MicroFe Ing + были рассчитаны также определения главных напряжений в верхних, нижних гранях и центральных сечений. Компоненты тензора напряжений в системе координат элемента r-s-t определяются по найденным в результате конечно-элементного расчета силовым факторам в узлах элемента по стандартным формулам теории упругости.

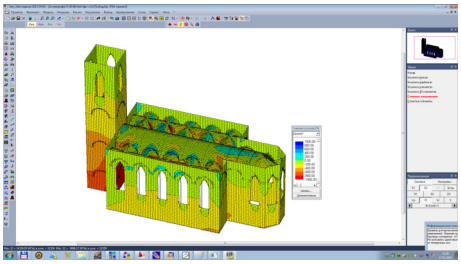


Рис. 2 – Графическое отображение главных напряжений (верхняя грань сводов, внешняя грань стен), кПа

II. О расчете сводов

Расчет любого типа свода включает:

- выбор оптимальнойной рабочей схемы, которая бы наиболее соответствовала характеру распределения усилий;
- определение габаритов расчетных элементов;
- сбор и разделение нагрузок;
- определение реакций R, распор H и внутренних усилий - момента M и нормальной силы N расчетных элементов;
- проверку их несущей способности по величине сжимающих напряжений в кладке.

Расчет каменной арки, как элемента свода, может быть сведены к проверке несущей способности ее сжатой зоны.

Очевидно, что с увеличением габаритов классической трехнефной системы обеспечение равновесия становится все более трудной задачей: при пропорциональном увеличении в "n"раз линейных размеров всех основных элементов напряжения в кладке конструкций и основы увеличиваются приблизительно в n2 раз, распор системы и объем стены в n3 раз, опрокидывающее действие распора в n4 раз. В храмах XVI – XVII вв. противодействие увеличенному распору зодчие искали в облегчении конструкций перекрытия (крестовые своды в 1 кирпич), при нагрузке пяти перекрытий.

Рабочей схемой крестового свода является система элементарных арок, которые образуют распалубки и передают давление и распор на диагональные ребра. Проверка несущей способности крестового свода включает расчет и конструирование распалубок и диагональных арок (ребер).

На практике большинство построенных сводов в силу технологических и эксплуатационных факторов, а также из чисто эстетических соображений не являются абсолютно рациональными, их сечение обжатых несимметрично, имеются напряжении различных символов. Растянутая часть сечения в работе не участвует, но при наличии упругой опары способно воспринять растягивающие напряжении от 0,02 до 0,3 МПа.

Минимальная высота сжатой зоны сечения, при которой конструкция еще сохраняет равновесие (устойчивость), зависит от: величины нагрузки, сжимающей нормальной силы, от пролета свода, от качества материала.

III. Создание графической реконструкции

Завершающим этапом виртуальной реконструкции стало создание 3D-модели. Опираясь на созданные чертежи (рис. 1, 2) при помощи программ Archicad и Artlantis были созданы 3D-изображения Фары Витовта/Сафийского Собора (рис. 3).

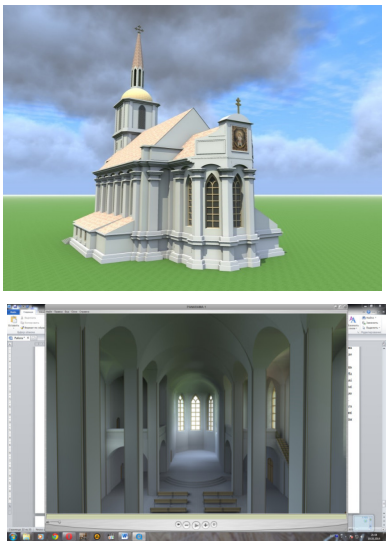


Рис. 3 – Изображение Фары Витовта з запада и ее интерьер

IV. Выводы

Таким образом, было проведено изучение, анализ и обобщение данных архивных материалов, литературных источников, связанных с Фарой Витовта в Гродно и возможностью ее графической реконструкции Проведено исследование функционально-планировочных, конструктивных и технологических особенностей.

Полученные результаты могут быть использованы при реализации комплекса мероприятия по восстановлению утраченных памятников архитектуры, а также при реконструкции существующих исторических сооружений.

Разработана методика по реконструкции утраченного памятника архитектуры на предпроектном уровне: изучение исторических чертежей, определение объемно-планировочных, конструктивных особенностей объекта, создание графо-аналитической модели и подтверждение графа-аналитической модели расчетом.

V. Список литературы

1. В. Э. Маскевіч, «Тэарэтычныя і метадалагічныя аспекты графічнай рэканструкцыі Фары Вітаўта ў Гродне» // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: В.Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.].– Гродно: ГрГУ, 2015. – С. 13-16.
2. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. – ЦНИИСК им. Кучеренко, М:1983. СНиП.

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ HOG-СТРУКТУР И КОДОВ БЧХ

Ассанович Б. А., Веретило Ю. Н.
Кафедра информационных систем и технологий, Факультет математики и информатики,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: bas@grsu.by, hullit.pakkard@gmail.com

В работе приведена реализация и использование биометрической базы данных лиц человека на основе HOG-структур и кода БЧХ. Показана эффективность и актуальность использования данного метода.

Введение

Традиционные методы идентификации личности, в основе которых находятся различные идентификационные карты, ключи или уникальные данные, такие как пароли не являются надежными в той степени, которая требуется на сегодняшний день. Естественным шагом в повышении надёжности идентификаторов стали попытки использования биометрических технологий для систем безопасности.

I. Обзор методов

В настоящий момент основными методами идентификации, использующими биометрические характеристики человека, являются идентификация по папиллярному рисунку на пальцах, радужной оболочке, геометрии лица, сетчатке глаза, рисунку вен руки, геометрии рук. Дактилоскопия (распознавание отпечатков пальцев) — наиболее разработанный на сегодняшний день биометрический метод идентификации личности.

Радужная оболочка глаза является уникальной характеристикой человека. Рисунок радужки формируется на восьмом месяце внутриутробного развития, окончательно стабилизируется в возрасте около двух лет и практически не изменяется в течение жизни, кроме как в результате сильных травм или резких патологий. Метод является одним из наиболее точных среди биометрических методов.

Распознавание по лицу. Существует множество методов распознавания по геометрии лица. Все они основаны на том, что черты лица и форма черепа каждого человека индивидуальны. Эта область биометрии многим кажется привлекательной, потому что мы узнаем друг друга в первую очередь по лицу.

3D-распознование. Реализация данного метода представляет собой довольно сложную задачу. Несмотря на это в настоящее время существует множество методов по 3-D распознаванию лица. Методы невозможно сравнить друг с другом, так как они используют различные сканеры и базы.

Геометрия рук – метод, достаточно распространённый ещё лет 10 назад и произошедший из криминалистики в последние годы идёт на убыль. Он основан на получении геометрических характеристик рук: длин пальцев, ширины ладони и т.д. Этот метод, как и сетчатка глаза — умирающий, так как у него куда более низкие характеристики.

В работе рассматривается создание базы данных пользователей с использованием их биометрической идентификации на основе анализа БЧХ-кодов, соответсвующих квантованному представлению HOG-структур изображений лица человека.

II. Использование HOG. Алгоритм создания базы данных

Гистограмма направленных градиентов (англ. Histogram of Oriented Gradients, HOG) — дескрипторы особых точек, которые используются в компьютерном зрении и обработке изображений с целью распознавания объектов.

Алгоритм формирования базы данных на основе HOG-структур является модификацией методики из [1] и состоит из следующих этапов:

1. Извлечение характеристик HOG и выделение из них 4464-мерных биометрических векторов для каждого i-го пользователя [2].
2. Расчёт средних значений векторов для каждого i-го пользователя $(\vec{\mu}_i)_t$ и глобального среднего $(\vec{\mu})_t$.
3. Выполнение квантования всех векторов пользователей на основе (1) и получение бинарных векторов Q_i.

$$(Q_i)_t = \begin{cases} 0 & if \quad (\vec{\mu}_i)_t \le (\vec{\mu})_t \\ 1 & if \quad (\vec{\mu}_i)_t > (\vec{\mu})_t \end{cases} \qquad (1)$$

4. Расчет надежности $R_{i,t}$ каждого бита t каждого пользователя i с использованием функции ошибок erf и дисперсии HOG-значений $s^2_{i,t}$ на основе (2).

$$R_{i,t} = \frac{1}{2}\left(1 + erf\left(\frac{(\vec{\mu}_i)_t - (\vec{\mu})_t}{\sqrt{2s^2}_{i,t}}\right)\right) \qquad (2)$$

5. Формирование цифрового отпечатка пользователя $imprint$ - бинарного вектора Z_i, содержащего K=511 бит на основе предложенной в работе маски с подобранным по-

рогом надёжности A_t для каждого из вектора Q_i.

6. Образование кодовой записи пользователя W_i как сумму по модулю два бинарных векторов Z_i и C_i, что составляет процедуру регистрации в базе. Вектор C_i является кодовым словом БЧХ-кода и образуется путем кодирования секретного ключа S_i пользователя.
7. Сравнение новых значений векторов $C_i^{'}$ и $S_i^{'}$ с базовыми после того как получен новый *imprint* $Z_i^{'}$ пользователя, выполнение его суммирования с каждым W_i, извлеченным из базы, и декодирование всех $C_i^{'}$, что составляет процедуру верификации. Надо заметить, что в базе хранится не сам ключ S_i, а его хеш-функция $h(.)$, которая и идентифицируется.
8. Определение пользователя (идентификация) или принятие решения о наличии пользователя в базе или его отсутствии (верификация) путем контроля вычисленной и записанной в базе его хеш-функции $h(.)$.

Надо заметить, что в предложенной биометрической базе хранятся кодовые записи пользователей и соответсвующие им хеш-функции, что является открытой информацией, используемой при процедуре отождествления. Кроме того для выполнения этих процедур в базе хранится общая для всех пользователей (в отличие от [1]) маска , содержащая номера репрезентативных бит, по которой происходит образование *imprint*.

III. Результаты

Для исследования эффективности работы данной биометрической базы был проведен ряд вычислительных экспериментов, в которых для кодирования *imprint* применялись коды БЧХ с параметрами (511,58,91) и (511,28,111), и определялись вероятности FAR ложного пропуска и ложного ненахождения FRR пользователя. Эксперимент выполнялся с использованием доступной базы изображений лиц человека Calthech [3], с применением которой определялось распределение расстояний Хемминга между биометрическими кодовыми записями <<своих>> и <<чужих>> пользователей. Иллюстрация внутриклассового и межклассового нормированного на 511 бит расстояния Хемминга приведена на Рисунке 1. При этом две веритикальные линиии Рисунка 1 (слева-направо) показывают эффективность применения кода БЧХ (511,58,91) и (511,28,111) соответственно. На Рисунке 2 показан расчет вероятностей FAR и FRR для кода (511,28,111) в зависимости от расстояния Хемминга. Пересечение кривых, соответсвующих этим вероятностям позволяет найти вероятность ERR, при которой FAR и FRR равны.

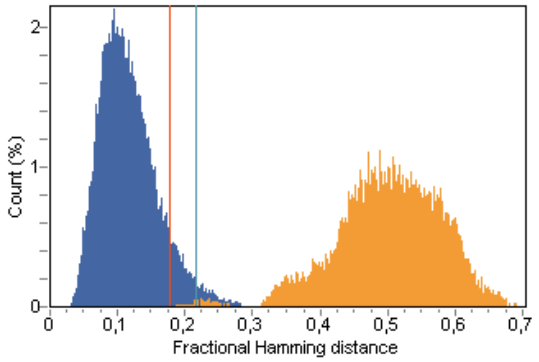


Рис. 1 – Меж- и внутриклассовое распределение двоичных векторов биометрических характеристик базы данных Caltech

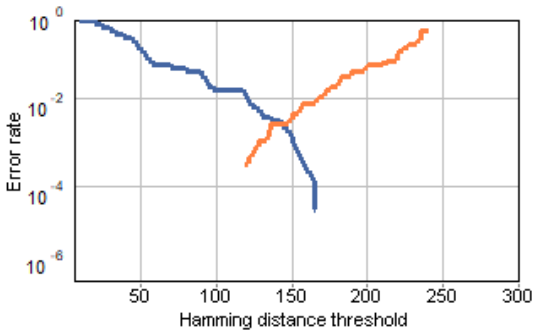


Рис. 2 – Результаты классификации двоичных векторов биометрических характеристик базы данных Caltech

IV. Заключение

В работе была разработана биометрическая база данных с использованием кодов БЧХ, отличающаяся от [1] тем, что в ней использованы HOG-параметры, а не параметры свертки с фильтрами Габора, единая для всех пользователей базы маска и более мощный корректирующий ошибки код БЧХ, что позволило получить близкую к нулю FAR и FRR менее 4% для базы Caltech.

1. Face Recognition with Renewable and Privacy Preserving Binary Templates/T. A. M. Kevenaar, G. J. Schrijen, M. van der Veen, A. H. M. Akkerman//Philips Research Prof. Holstlaan 4, 5656 AA, Eindhoven , the Netherlands
2. Веретило, Ю. Н. Создание базы данных на основе HOG-структур/Ю. Н. Веретило//Физика конденсированного состояния : материалы XXV международ. науч.-практ. конф. аспир., магистр. и студ., Гродно, 20 апр.2017 г., ГрГУ -С.127-129
3. M. Weber, Frontal face dataset 1999 [Electronic resource] : California Institute of Technology. - Mode of access: http://www.vision.caltech.edu/html-files/archive. - Date of access 21.04.2017.

О ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ВЕКТОРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Муха В. С., Будный Р. И.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: mukha@bsuir.by, budnyjj@gmail.com

Рассматривается проблема линейной аппроксимации векторных статистических данных. Обсуждаются области применения, объекты, цели и критерии аппроксимации. Основное внимание уделяется традиционной аппроксимации линейной регрессией с критерием минимума суммы квадратов вертикальных расстояний и симметричной аппроксимации с критерием минимума суммы квадратов перпендикулярных расстояний (по К. Пирсону). Приводятся результаты компьютерного статистического моделирования и теоретические аргументы, определяющие области предпочтительного применения этих видов аппроксимаций.

Введение

Под аппроксимацией статистических данных будем понимать их замену линейной детерминированной зависимостью, близкой к этим данным в каком-то смысле. Аппроксимация широко применяется в регрессионном анализе, теории планирования эксперимента, идентификации объектов и систем, распознавании графических представлений объектов и текста. В различных приложениях аппроксимация интерпретируется по-разному, чаще всего как математическая модель объекта (системы) или как преобразование геометрических фигур. В настоящее время в этой области имеется ряд вопросов, на которые нет окончательных ответов. В данном докладе предполагается заполнить некоторые существующие пробелы в этой области.

I. Классификация стохастических объектов

Векторные статистические данные могут порождаться объектами (системами) следующих трех видов.

Полустохастическим объектом будем называть объект с детерминированным входом и случайным выходом. Это либо регрессионный объект (объект с внутренним шумом на выходе), либо детерминированный объект с ошибками в измерениях выходных переменных (рисунок 1). Объект описывается условной плотностью вероятности $f(\eta/\xi,\theta)$, η – выходная переменная, ξ – входная переменная, θ – параметр объекта, y – наблюдение выходной переменной, $f(y/\eta)$ – условная плотность вероятности, описывающая измерительную систему, ВУ – вычислительное устройство, $\Delta(\xi,y)$ – результат аппроксимации. Входная и выходная переменные, а также параметр могут быть многомерными.

Стохастическим объектом 1-го типа будем называть объект со случайными входом и выходом (рисунок 2). Такой объект описывается совместной плотностью вероятности $f(\xi,\eta)$. Возможно наличие ошибок в измерениях входных и выходных переменных.

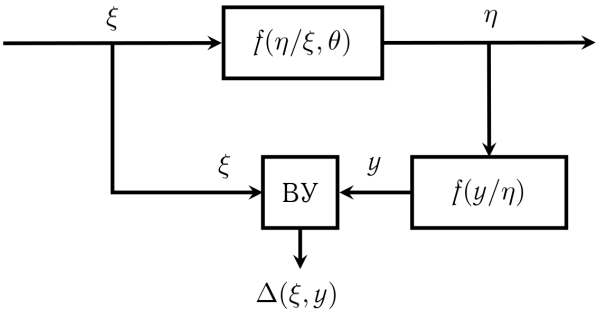


Рис. 1 – Схема полустохастического объекта

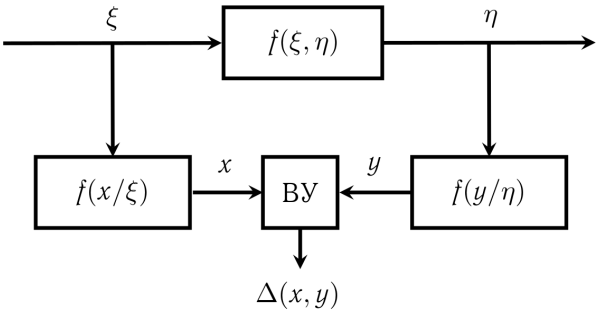


Рис. 2 – Схема стохастического объекта 1-го типа

Стохастическим объектом 2-го типа назовем детерминированный объект с ошибками в измерениях входных и выходных переменных (рисунок 3). Он описывается детерминированной зависимостью $\eta=\phi(\xi,\theta)$, θ – вектор параметров объекта.

II. Линейная аппроксимация стохастических объектов

Очевидно, целью аппроксимации любого из перечисленных выше объектов является получение возможности предсказания состояния (выходной переменной) объекта по наблюдению входной переменной, так что критерии оптимальности аппроксимации должны ориентироваться на эту цель. В настоящее время наиболее

широкое распространение получил критерий минимума суммы квадратов вертикальных расстояний от наблюдений выходной переменной до аппроксимирующей прямой или плоскости (классический критерий наименьших квадратов). Этот критерий формально применим ко всем видам рассмотренных выше объектов.

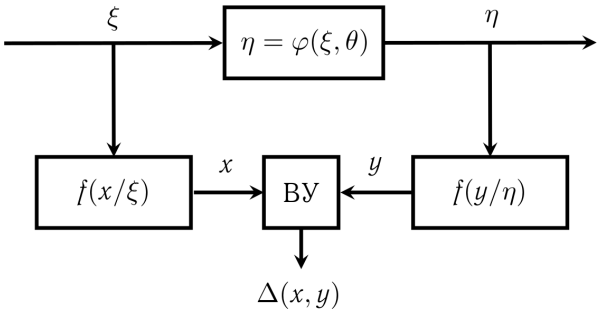


Рис. 3 – Схема стохастического объекта 2-го типа

Известен также иной критерий, состоящий в минимизации суммы квадратов перпендикулярных расстояний от наблюдений входных и выходных переменных до аппроксимирующей прямой или плоскости [1, 2]. Линейная аппроксимация с данным критерием в [2] названа симметричной.

Области предпочтительного использования названных выше критериев достаточно четко не определены. Этот вопрос является предметом исследований данной работы.

Относительно задачи линейной аппроксимации полустохастического объекта можно сказать, что она полностью решена в рамках классического линейного регрессионного анализа как задача оценивания параметров линейной математической модели объекта с критерием минимизации суммы квадратов вертикальных расстояний. Оптимальное решение здесь – классическая линейная регрессия, обеспечивающая как оптиммальное оценивание параметров математической модели объекта (при заданных значениях входных переменных), так и оптимальное прогнозирование наблюдений выходных переменных по наблюдениям входных переменных.

III. Компьютерное моделироование

К стохастическим объектам 1-го и 2-го типов формально можно применять любой из названных выше критериев оптимальности. Однако с точки зрения эффекта такого применения эти объекты следует различать.

Так как стохастический объект 1-го типа не имеет реальных параметров, то сравнение критериев по точности оценивания параметров линейной модели для такого объекта не имеет смысла. Смысл имеет сравнение по точности прогнозирования наблюдения выходных переменных по наблюдению входных переменных. Компьютерное моделирование такого объекта со скалярным входом и скалярным выходом и совместным нормальным распределением входа и выхода и ошибками в измерениях входных и выходных переменных показало, что более точное прогнозирование, как и для полустохастического объекта, обеспечивается классической линейной регрессией. Данный вывод соответствует теоретическим результатам работ [3, 4], в которых сформулирована задача оптимального прогнозирова-ния выходных переменных и показано, что оптимальным линейным предиктором является классическая линейная регрессия.

Моделировался также стохастический объект 2-го типа – детерминированный объект со скалярными входом и выходом, линейной зависимостью $\eta = \alpha + \beta\xi$ и ошибками в измерениях входной и выходной переменных. Нас здесь могут интересовать как точность оценок параметров объекта, так и точность предсказания наблюдения выхода по наблюдению входа. Моделирование показало, что точность оценивания параметров зависит от средних квадратических ошибок (с.к.о.) измерений входной и выходной переменных и от величины коэффициента усиления β. Для принятия решения о том, какой метод следует применять для получения более точных оценок параметров, предлагается следующее эмпирическое правило:

$$\sigma_\delta \le (0{,}7 + |\beta|)\sigma_\epsilon, \qquad (1)$$

где σ_ε – с.к.о. ошибок измерений входной переменной, σ_δ – с.к.о. ошибок измерений выходной переменной. Если условие (1) выполняется, то симметричная аппроксимация дает более точные оценки параметров, чем классическая линейная регрессия. В противном случае использование классической регрессии является более предпочтительным. Вместе с тем моделирование показало, что чем более точно метод оценивает параметры объекта, тем менее точно он оценивает (прогнозирует) состояние объекта.

IV. Список литературы

1. Pearson, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space / K. Pearson / Philosophical Magazine. – 1901. – V. VI. – N 2. – P. 559 – 572.
2. Муха, В. С. Симметричная аппроксимация векторных статистических данных линейными многообразиями / В. С. Муха // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2016. – № 4. – С. 23 – 31.
3. Муха, В. С. Оптимальные статистические решения для непрерывных многомерно-матричных состояний и наблюдений / В. С. Муха // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2010. – № 3. – С. 17 – 24.
4. Муха, В. С. Минимальный средний риск и эффективность оптимального полиномиального многомерно-матричного предиктора / В. С. Муха // Кибернетика и системный анализ. – № 2. – 2011. – С. 121 – 130.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

Довнар А. Д., Шилин Л. Ю.
Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: andrevdovnar@gmail.com

В работе рассматриваются подходы к улучшению и практическому применению эволюционных алгоритмов. Описаны проводимые эксперименты, полученные результаты и перспективы дальнейшего развития системы. Основная цель данной работы – проверить отображения методов биологической эволюции на технические системы, попытаться формализовать основные правила и методы, используемые в эволюционных алгоритмах, а также найти способы оптимизации данных методов.

Введение

В последнее время поднимаются вопросы о возможности воссоздания принципов работы человеческого мозга с использованием вычислительных мощностей современных компьютеров. Одним из таких вопросов является поиск универсального метода обучения, который может быть использован для решения совершенно различных задач из различных областей знания. В работе, на примере двухмерной игры, рассматриваются существующие методы проектирования эволюционных алгоритмов и попытки их улучшения, а также попытки совмещения различных методов машинного обучения, для решения задач с известной и, затем, с неизвестной оптимальной стратегией поведения.

I. Описание эксперемента

Эксперимент представляет собой игровое поле размером 4 на 4 клетки. На поле запускается агент – объект, обучение которого будет проводиться в дальнейшем. «Существо» имеет возможность передвигаться в 4 направлениях: вверх, вниз, влево, вправо или стоять на месте. Также агент обладает параметром сытость, который уменьшается после каждого игрового дня. За игровой день объект может совершить лишь одно действие движения. Также на поле появляется еда, которая, при поглощении агентом, полностью восполняет ему параметр сытости. При достижени параметром сытости значения 0, агент считается погибшим. На поле всегда присутствует одна единственная еда, вне зависимости от методов ее появления.

Сложность задачи определяется способом появления на карте агента и еды. Например, простой задачей считается обучить агента находить еду при условии, что оба игровых объекта появляются в строго определенных местах. Сложной же задачей является задача, в которой агент появляется в случайно точке карты, а еда появляется в одной из нескольких точек карты случайным образом.

Мозгом агента выступает нейронная сеть прямого распространения, а множество весов нейронной сети называется геномом. На вход нейронной сети подаются 5 кодированных величин: координаты X и Y обоих объектов и величина голода агента. Кодирование величин необходимо для того, чтобы привести входные данные к виду, удобному для обучения нейронной сети. Выходными параметрами являются соответственно направления движения. Таким образом решается задача классификации, в которой из множества возможных направлений движения выбирается приоритетное для конкретной ситуации.

II. Описание эволюционных алгоритмов

Эволюционные алгоритмы относятся к классу алгоритмов обучения с подкреплением. То есть в решаемых задачах не присутствует непосредственного примера поведения, но при этом существует функция, значение которой непосредственно характеризует успех агента при выполнении поставленной задачи. По принципу действия эволюционные алгоритмы являются отображением биологической эволюции, а математически относятся к методам случайного перебора значений.

Обучение разделено на поколения. Первое поколение получает случайные геномы. В простых задачах каждая особь проходит задачу единственный раз. В сложных задачах каждая особь проходит задачу несколько раз, для того, чтобы особи, решающие, к примеру, большую часть различных ситуаций, с большей вероятностью получили высокий рейтинг. Фитнес функцией данной задачи является число прожитых дней. То есть основная цель агентов в игре – прожить наибольшее возможное количество дней или найти способ жить вечно при данной сложности игры. После того, как подсчитан рейтинг всего поколения, происходит отбор особей, показавших себя лучше всех, то есть наиболее приемлемых для того, чтобы дать потомство.

Новое поколение складывается из нескольких различных групп. В первую группу вводятся все особи прошлого поколения, получившие лучший рейтинг. Во вторую группу вводятся особи, являющиеся потомками первой группы. Геномы потомков получаются путем случайного перемешивания геномов родителей и возможных мутаций, то есть случайного переопределения некоторых генов [1]. Коэффициент мутации определяет вероятность того, что ген будет переопределен. Если остановиться только на двух группах агентов, то со временем, из-за маленькой вероятности появления в поколении новых генов, алгоритм упрется в локальный минимум. Для того, чтобы привнести разнообразие генов в новое поколение добавляется еще две немногочисленные группы агентов. В третью группу входят совершенно новые для экосистемы особи, то есть просто созданные случайным образом. В четвертую группу входят особи прошлого поколения, добавленные в новое поколение случайным образом вне зависимости от их рейтинга, при том эти особи так же, как и первая группа, участвуют в определении генома агентов второй группы. Каждое новое поколение по численности агентов должно быть точно таким же, как предыдущее.

III. Определение продвижения в решении задачи

Эффективность решения задачи для всего поколения определяется по двум параметрам: средняя продолжительность жизни особи в поколении, количество особей, способных выживать бесконечно долго при данной сложности – золотые особи [2]. В целом, для того, чтобы задача считалась решенной, необходимо выполнение двух условий:

- Средняя продолжительность жизни поколения должна быть больше, чем половина максимальной продолжительности.
- Количество золотых особей не падает ниже количества агентов первой группы в течении нескольких десятков поколений.

Для определения золотых особей используется специальная метрика. Каждая особь, получившая максимальный возможный рейтинг в поколении, то есть сыгравшая все попытки на отлично, снова проводится через игру, но в данный раз не 2-5 раз, как в обучении, а 16 раз, со строго определёнными точками появления агента. Если после этого существо также получает максимальный возможный рейтинг, то причисляется к золотым, хотя такой подход и не доказывает, что конкретно данное существо решает задачу во всех возможных случаях, но учитывая то, что данная особь точно окажется в следующих поколениях и еще много раз пройдет через данную метрику, результат, посчитанный за несколько поколений, можно считать объективным.

IV. Примененные методы

Одной из проблем решения задач такого рода является выбор способа кодирования входного вектора. В эксперименте для кодирования были использованы: код Грея, двоичное кодирования и унитарный код. Из опробованных методов унитарный код показал наилучшую эффективность, что объясняется во многом его простотой для восприятия не только нейронной сетью, но и человеку, не знакомому с задачей.

Вторая основная проблема была в выборе оптимальной конфигурации нейронной сети. Практика показала, что конфигурации с большим количеством спрятанных слоев и малым количеством нейронов в каждом слое справляется с задачей в общем случае точно так же, а зачастую и гораздо медленнее, чем конфигурация с единственным спрятанным слоем и большим количеством нейронов в нем. Обе основные конфигурации по итогу пришли к одному и тому же конечному результату в решении задачи.

Основным предложенным способом улучшения работы эволюционных алгоритмов является способ дообучения. При таком подходе вначале решается простая задача. После успешного решени простой задачи золотые особи отбираются и попадают в первое поколение для решения более сложной задачи. Применение данного способа обучения в некоторых ситуациях дало более чем трехкратное увеличение скорости решения некоторых сложных задач, которые могли быть совершенно не решены, при использовании обучения «с нуля».

Заключение

Эволюционные алгоритмы являются интересным методом решения различных задач по поиску стратегий, однако требуют очень много вычислительных мощностей. Предложенные методы дообучения поколений позволяют в несколько раз сократить время, необходимое для обчения агентов, однако приводят к повышению сложности самого алгоритма. Для дальнейшего улучшения работы эволюционных алгоритмов разумным шагом будет их комбинирование с другими методами машинного обучения для предобучения поколений и введения нелинейности в «мышление» агентов, а также достижения свойства «памяти».

V. Список литературы

1. Нейронные сети для обработки информации /С. Осовский // Издательство: Финансы и статистика, 2004. – 334 с.
2. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы /Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский // Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2007. – 452 с.

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МРТ

Квартальный М. А., Давыдов М. В.
Кафедра электронной техники и технологии, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектороники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: maksimkvartalny@gmail.com, davydov-mv@bsuir.by

Рассмотрен метод получения объемной гетерогенной модели одной из структур головного мозга человека на основе снимков, полученных в результате процедуры магнитно-резонансной томографии.

Введение

Терапевтические эффекты метода транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), позволяющего не инвазивно стимулировать структуры головного мозга и влиять на высшие корковые функции посредством воздействия магнитного поля, хотя и доказаны во многих исследованиях, являются достаточно вариабельными и имеют ограниченную продолжительность. Эти особенности модифицируются подходом персонализации процедуры ТМС, задача которого – точно локализовать место стимуляции конкретного пациента [1]. Подход персонализации реализуется путем восстановления объемных моделей биологических тканей головного мозга конкретного пациента из данных, полученных в результате магнито-резонансной томографии и дальнейшего их использования при моделировании процедуры ТМС. В данной работе предложен метод восстановления объемной модели одной из структур головного мозга человека на основе данных магнитно-резонансной томографии.

I. Теоретическое обоснование работы

Результаты обследования пациентов методом магнито-резонансной томографии хранятся и передаются в формате DICOM.

DICOM – это стандарт обработки, хранения, печати и передачи информации в системах медицинской визуализации. Он включает описание формата файлов и сетевой протокол[4].DICOM-файл также содержит информацию о пациенте, исследовании, а также информацию для отрисовки изображения. Каждый файл представляет срез (slice) произвольной части тела, в какой-либо плоскости, чаще всего в горизонтальной, и содержит информацию об интенсивности или плотности тканей в конкретном срезе, на основе которой строится итоговое изображение.

Информацию о плотности в DICOM-файле можно представить в виде обычного изображения, у которого есть разрешение, размер пикселя, формат и другие данные. Только вместо информации о цвете в пикселе храниться информация о плотности тканей.

Диагностическая станция производит не один файл, а несколько для одного исследования. Файлы объединяются в серии и представляют собой набор последовательных срезов какого-либо органа. Серии объединяются в стадии. Стадия определяет всё исследование. Последовательность серий в стадии определяется протоколом конкретного исследования. Информация о плотности тканей в DICOM-файле является основой для его отрисовки. Для отрисовки изображение значениям плотности с помощью передаточной функции ставится в соответствие цвет[2].

Передаточные функции разделяются по типу на абсолютные и относительные. Абсолютная передаточная функция строится для всех возможных плотностей. Для КТ это шкала Хаунсфилда (от -1000 до 3000). Плотность равная -1000 соответствует воздуху, плотность, равная 400, соответствует костям, нулевая плотность соответствует воде. Для плотностей по шкале Хаунсфилда верно следующее утверждение: каждая плотность соответствует определённому типу ткани. Однако для МРТ это утверждение не верно, поскольку МР-томограф для каждой серии генерирует собственный набор плотностей. То есть для двух серий одна и та же плотность может соответствовать разным тканям тела. В абсолютной передаточной функции аргументы соответствуют абсолютным значениям плотности. Относительная передаточная функция строится на основе так называемого окна, которое указывает какой именно диапазон плотностей нужно отрисовывать. Окно определяется параметрами Window Width (W) и Window Center (L), рекомендуемые значения которых задаются томографом и сохраняются в файлы-снимки в соответствующих DICOM-тэгах. Значения W и L могут быть изменены в любой момент. Таким образом, окно ограничивает область определения передаточной функции. В относительной передаточной функции аргументы соответствуют относительным значениям, заданным в процентах.

На этапе построения решается задача получения модели в формате, пригодном для по-

следующего экспорта в среду моделирования Comsol Multiphysics. Целевым форматом был выбран STL формат файла, широко используемый для хранения трёхмерных моделей объектов.

II. Построение модели

Восстановления объемной модели из данных МРТ проводилось при помощи программного обеспечения 3D Slicer. Данное ПО. представляет собой гибкую, модульную платформу для анализа и визуализации изображений [1].

3D Slicer позволяет динамически отображать серии снимков МРТ, перемещаться между срезами в трех плоскостях. Для восстановления конкретной структуры головного мозга необходимо ограничить диапазон значений градаций серого характерных для данной области. Данный диапазон служит основой для ручной корректировки границ целевых областей, предполагающихся к восстановлению.Ручная корректировка границ состоит в выделении инструментом «Brush» графической области, для которой выделяются пиксели значение цвета которых попадает в диапазон.

Ручная корректировка границ проводится последовательно для всех срезов для одной выбранной оси координат. Локализовав таким образом конкретную область для всех срезов, и предварительно настроив параметры сглаживания необходимо запустить воксельный рендер программы.

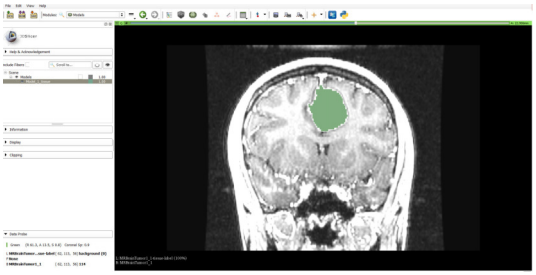


Рис. 1 – Процесс ручной корректировки границ целевой области

III. Результаты и их обсуждение

В результате построения получена объемная модель тканевой структуры головного мозга человека. Для экспорта в среду моделирования необходимо сохранить её в формате STL.

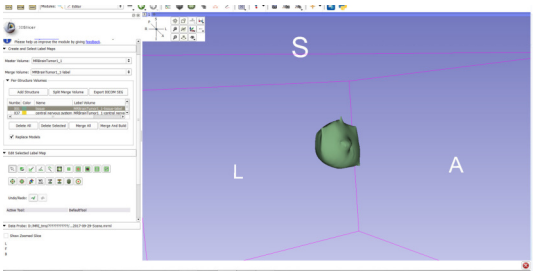


Рис. 2 – Полученная в результате построения объемная модель структуры головного мозга человека

Сохраненная модель корректно импортируется и отображается в Comsol Multiphysics.

Предложенный подход позволяет получить полноценную гетерогенную модель головного мозга человека, сегменты которой будут анатомически точно соответствовать реальным параметрам пациента, что критически важно при решении поставленной задачи персонализации ТМС - терапии.

Заключение

Предложенный метод использования данных МРТ изображений в формате DICOM позволяет получить сегментированные объемные модели биологических структур головного мозга человека, пригодные для импорта в среду конечно-элементного расчета Comsol Mutiphysics для последующего моделирования и визуализации электрических и магнитных полей, что является следующим этапом в рамках реализации подхода по персонализации процедуры ТМС.

1. Андреева А. Д., Маркина С. Э. Обзор программ для визуализации медицинских данных // Молодой ученый. – 2013. – №3. –С. 512-516.
2. Червяков А. В., Пирадов М. А., Савицкая Н. Г. и др. Новый шаг к персонифицированной медицине. Навигационная система транскраниальной магнитной стимуляции (NBS eximia nexstim) // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2012. Т. 6. № 3. С. 37–46.
3. Джозеф П. Хорнак.– Основы МРТ С. 367–369.

О ПОДХОДАХ К РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СТИЛИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Денищик Р. И., Босько В. О., Рудикова Л. В.
Кафедра современных технологий программирования, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь
E-mail: rudikowa@gmail.com

В статье приводятся основные подходы к реализации мобильного приложения «Imagination» на платформе iOS, предназначенного для автоматического захвата изображений и проведения их стилистического анализа с последующей возможностью поиска схожих изображений по полученным метаданным. Кроме того, описываются аспекты реализации программного обеспечения и общие модели разрабатываемого программного продукта.

Введение

На сегодняшний момент широкое распространение и развитие получили различные алгоритмы и технологии, направленные на проведение эффективного анализа графической информации. На их основе реализовано приложение, которое предлагает пользователю произвести сканирование изображения и, в качестве результата, получить набор характеристик, которые невозможно выявить человеческим глазом. Данная разработка способна выступать в качестве дополнительного инструмента при проведении различного рода экспертных оценок изображений. Разрабатываемое приложение «Imagination» позволяет пользователю произвести анализ изображений с использованием различных математических алгоритмов. Выявить цветовые зависимости и используемые геометрические формы, загрузить результаты анализа на удаленное хранилище и создать общедоступные базы проанализированных объектов, произвести сравнительный анализ двух и более элементов.

I. Об общей концепции мобильного приложения

Основная концепция предлагаемого программного продукта связана с автоматическим захватом изображений, их последующим анализом и сохранением результатов. Поступающий через камеру мобильного устройства поток данных обрабатывается особым образом, результатом которого является набор контуров объектов. Полученные объекты выделяются на изображении и предлагаются пользователю на выбор для проведения анализа. После проведения анализа пользователь может составить так называемый паспорт изображения, который включает в себя цветовую и объектную карты. Цветовая карта содержит в себе различную информацию об использованных в изображении цветовых элементах, их распределении и представлении. Объектная карта представляет собой набор данных, которые описывают комбинации использованных элементарных объектных форм, частоту их применения и способы распределения. После проведения анализа изображения, пользователю предоставляется возможность сравнить полученные результаты, например, для определения уникальности изображения или поиска его аналогов. Основной функционал приложения «Imagination» включает в себя следующие возможности:

- регистрация и авторизация пользователя в приложении;
- произведение захвата изображения;
- составление цветовой карты изображения;
- составление объектной карты изображения;
- составление комплексного паспорта изображения, включающего в себя само изображение, цветовую, объектную карты и прочие характеристики;
- загрузка паспорта изображения на удаленное хранилище;
- просмотр паспортов изображений других пользователей;
- сравнение нескольких изображений;
- поиск схожих изображений по имеющимся метаданным.

При анализе схожих программных продуктов, можно сделать вывод, что их основным недостатком является работа исключительно с текстовыми данными. Как итог, можно установить, что решения, которые реализовывали бы заявленный нами функционал, отсутствуют, что открывает широкие возможности для продвижение предлагаемого программного продукта.

Работу основного функционала приложения, а именно захват и анализ изображений, можно разделить на три этапа: захват анализируемого изображения, анализ цветовой составляющей изображения и анализ объектной составляющей изображения. Рассмотрим каждый из этапов.

Захват анализируемого изображения происходит следующим образом. В первую очередь,

приложение перехватывает видеопоток с камеры устройства. После, на копию буфера данных поэтапно накладываются фильтры, которые в некоторой степени размывают изображение, что впоследствии позволяет алгоритмам лучше распознавать контуры различных объектов, не сталкиваясь со случайными разрывами из-за шумов на изображении. Затем, измененная копия изображения преобразуется к бинарному виду, состоящему только из черных и белых точек, это необходимый шаг для однозначного выделения контуров среди широкой палитры, представленной на изображении.

Итого, после завершения данного этапа, в памяти приложения имеется 2 варианта изображения: оригинал и бинарная черно-белая копия, для выделения контуров. Далее приходит время для 2-го этапа, а именно анализа цветовой составляющей. На этом этапе, алгоритм обрабатывает каждый пиксель оригинального изображения и составляет несколько специальных объектов, хранящий в себе информацию для различных цветовых схем. Один для RGB-схемы и один для HSV. В этих объектах находятся подструктуры, описывающие количество пикселей соответствующих некоторой компоненте цветовой схемы.

После этого, на основе данных объектов, строится графическое представление распределения цвета по изображению. Это делается исключительно для дополнительного ознакомления пользователя, потому как по факту, сравнение изображений производится не по графическому представлению, конечно, а по самим объектам.

Во время проведения объектного анализа, используется бинарное черно-белое изображение, на котором определяются все имеющиеся контуры. При этом используются конкретные значения специальных погрешностей, которые могут допустить некоторые разрывы, чтобы сохранить общую целостность контура. Далее, полученные контуры фильтруются и из них выделяются наборы контуров, соответствующих определенным критериям. Выделяются следующие фигуры: треугольники – контур, имеющий 3 угла; прямоугольники – выпуклые контуры, имеющие 4 угла, каждый из которых более 85, и менее 95 градусов; круги – выпуклые многоугольники, имеющие 8 и более углов, при этом площадь вписанной окружности должна быть меньше площади контура.

Составив специальные структуры данных, описывающие наборы контуров этих типов, мы представить их графически на оригинале изображения. Эта, опять же, производится исключительно для дополнительного информирования и вовлечения пользователя, потому как сравнение изображений производится именно по структурам с данными. Для реализации приложения был выбран объектно-ориентированный язык программирования Objective–C. Objective–C – это компилируемый объектно-ориентированный язык программирования, используемый корпорацией Apple, построенный на основе языка C (Си) и парадигм Smalltalk [1-3].

Обработка взаимодействия между пользовательским интерфейсом и логикой следует архитектурному шаблону Model View Controller. Он предполагает разделение кода на классы, каждый из которых относится к одной из трех ролей. Классы моделей реализуют модель данных приложения, классы видов реализуют пользовательский интерфейс, а классы контроллеров координируют взаимодействие моделей и видов. В рамках этого паттерна модель и вид никогда не должны взаимодействовать друг с другом напрямую, минуя контроллер. С его помощью код структурируется на отдельные слои или зоны ответственности, что значительно облегчает повторное использование одних и тех же классов в разных местах приложения и перенос кода между приложениями. Внутреннее взаимодействие и строение мобильного приложения под управлением ОС iOS представлено на рисунке 1.

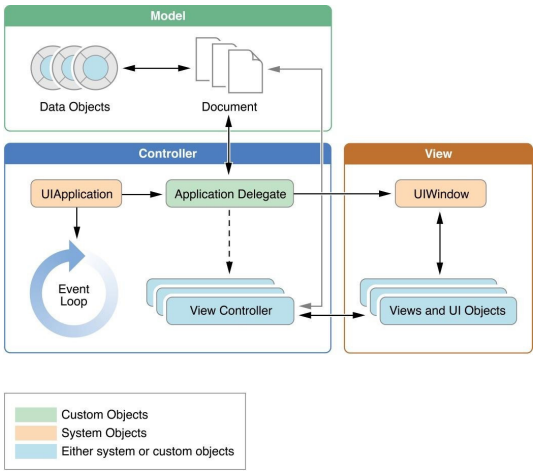


Рис. 1 – Строение мобильного приложения

При реализации механизмов захвата и анализа изображений нами была использована библиотека OpenCV. Библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision).

II. Список литературы

1. iOSDeveloperLibrary [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://developer.apple.com/library/ios/navigation. – Дата доступа: 04.04.2017.
2. NSHipster [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://nshipster.com. – Дата доступа: 04.04.2017.
3. Learning OpenCV. Computer vision with the OpenCV Library. (Gary Bradski, Adrian Kaehler), O'Reilly Media, Сентябрь 2008 г.

ОБРАБОТКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Денисенко А. А., Новицкий И. О., Шилин Л. Ю.
Кафедра информационных технологий и автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, республика Беларусь
E-mail: mijikai1994@gmail.com

Диагностика физического состояния здоровья пациента на основе обработки и анаиза изображений газоразрядного свечения пальцев руки в поле высокой напряженности.

Введение

Эффект Кирлиана, или эффект газоразрядной визуализации — коронный барьерный разряд в газе. Объект предварительно помещается в переменное электрическое поле высокой частоты, при котором возникает разность потенциалов между электродом и исследуемым объектом от 5 до 30 кВ. Эффект, подобно статическому разряду или молниям, наблюдается на биологических объектах, а также на неорганических образцах разного характера Исследования показали, что интенсивность, характер и структура специфического свечения живых тканей в переменном электрическом поле во многом зависит от исходного состояния объекта. Метод ГРВ дает возможность оценить структурно-функциональное состояние организма с получением стабильных воспроизводимых результатов в реальном масштабе времени.

Преимущества метода ГРВ:

- оперативность получения информации;
- наглядность получаемых данных, удобство их хранения и обработки;
- безопасность и полная стерильность;
- отсутствие специальных требований к месту проведения исследований и квалификации оператора;
- накопление обучающего материала для обучения нейронной сети;
- низкая себестоимость самого обследования;

I. Принцип работы

Рисунок 1 иллюстрирует принцип метода ГРВ: Исследуемый объект помещается на поверхности диэлектрической пластины , на которую подаются высоковольтные импульсы от генератора, для чего на обратную сторону пластины нанесено прозрачное токопроводящее покрытие. При высокой напряженности поля в газовой среде пространства контакта объекта и пластины развивается разряд в газовой фазе, носящий название «скользящий газовый разряд», параметры которого зависят от свойств исследуемого объекта. Свечение разряда фиксируется с помощью оптической системы и через интерфейс связи сохраняется в памяти компьютера в виде одиночных грв-грамм. Процессор обработки представляет собой программное обеспечение, которое позволяет вычислить комплекс параметров и на их основе делать определенные диагностические заключения.

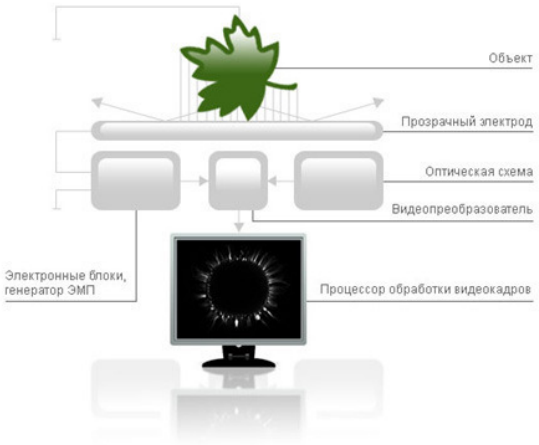


Рис. 1 – Принцип газоразрядной визуализации

ГРВ-грамма (см.рис.2) представляет собой сложную двумерную фигуру, каждый пиксель которой характеризуется своей яркостью в диапазоне от 0 до 255. Геометрические параметры ГРВ-грамм, например, нормализованная площадь свечения, коэффициент формы, площадь и количество отдельных фрагментов. несут информацию о характеристиках объекта.

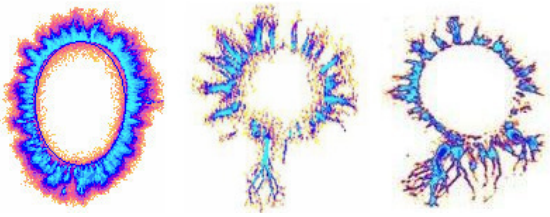


Рис. 2 – Примеры свечения вокруг большого пальца руки у людей с разным состоянием здоровья
1-здоровый пациент 2-пациент в состоянии стресса
3-пациент с раком легких

II. Обзор существующих систем

На данный момент существую следующие готовые решения в области систем газоразрядной визуализации. Метод ГРВ широко применяется в государственных и частных клиниках, медицинских центрах и санаториях. Серьезные научные исследования ведут:

- ФГБУ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры;
- Санкт-Петербургская Военно-Медицинская Академия (ВМА);
- Государственный Научно-исследовательский испытательный институт военной медицины МО РФ (Москва);
- Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.

Практически все представленные на отечественном рынке системы являются экспертными, то есть подразумевают наличие человека, выполняющего анализ изображений. Представленное программное обеспечение выполняет роль предварительной обработки и фильтрации изображения. Основную задачу по оценке результатов и заключения анализов необходимо выполнять самостоятельно, что делает систему привлекательной лишь для крупных организаций, способных позволить содержание компетентного специалиста. Ни одна из доступных систем не применяет технологии машинного обучения для классификации изображений.

Указанные минусы не являются особой проблемой для частных учреждений, которые будут работать только в пределах своей организации с определенной группой работников, например, при подготовке олимпийских спортсменов или в государственных военных учреждениях при подготовке специалистов. Однако это неприменимо к гражданским организациям здравоохранения и предприятиям с большим количеством сотрудников.

III. Классификация изображений

Фиксирование ГРВ-свечения фиксируется с помощью обычной цифровой камеры, позволяющей вручную настраивать параметры яркости и контрастности для улучшения качества снимка. Управление работой и передача изображения в персональный компьютер осуществляется через USB порт.

Для классификации грв-граммы необходимо производить расчет геометрических параметров и сравнение их с имеющимися в базе. У изображения, прошедшего этап предварительной фильтрации, ведется расчет следующий параметров:

- общая площадь изображения;
- площадь короны (основного овала);
- процент площади короны от общей площади (полезная площадь короны);
- гладкость границ в процентах;
- изрезанность границ;
- количество «островков» (отдельных фрагментов);

Сохраненный материал используется для создания обучающей выборки с целью внедрения и обучения нейронной сети. Последующий анализ будет выполнятся в автоматическом режиме

IV. Выводы

На данном этапе технология ГРВ используется для проведения анализа функционального состояния человека. Программное обеспечение не способно дать точный диагноз и лишь указывает на отклонения от нормы. Таким образом, программно-аппаратный комплекс ГРВ является экспертной системой, то есть подразумевает наличие эксперта по методу ГРВ, который на основе получаемых газораздрядных изображений и рассчитываемых данных может сделать заключение. Используя возможности машинного обучения, можно добиться улучшений в выделении связей между различными симптомами и соответствующими изменениями в свечении газового разряда, что позволит ускорить процесс обработки и, возможно, диагностировать развитие болезней на ранних этапах.

Список литературы

1. Коротков, К. Г. Принципы анализа ГРВ биоэлектрографии / К. Г. Коротков // Санкт-Петербург. – 2007. –286 с.
2. Коротков, К. Г., Виллиамс Б., Виснески Л. А. Биофизические механизмы метода ГРВ биоэлектрографии / К. Г. Коротков, Л.А.Виснески // Санкт-Петербург. – 1998. –344 с.
3. Стивен Смит. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. / Смит С.; пер. с англ. Линович. А.Ю., Витязев С.В. // Москва. – 2012. – 720 с.

Содержание

Пленарные доклады 7

Тихонов А.В. «Лидирующие платформы рынка облачных технологий» 8

Татур М. М. и др. «Интеллектуальный анализ данных: trend или application?» 10

Лаптёнок С. А. «Медицинские информационные систмы: опыт, актуальность, перспективы» . 13

Секция «Системы управления» 19

Демешко В. С., Онищук Р. С. «Предложение по автоматизации охраны и обороны района стартовой позиции» 20

Деменковец Д. В. «Система автоматической фото, видеофиксации и записи процесса взвешивания железнодорожных вагонов» 22

Илюшин И. Э., Кожевников М. М. «Автоматическое управление промышленным роботом-манипулятором для точечной контактной сварки в среде с препятствиями» 24

Аксёнчиков А. А. «Построение структуры взаимодействия в подсистемах при приеме и сдаче вагонов, следующих в поездах международного сообщения» 26

Касьянович И. М., Берикбаев В. М. «Применение интерактивных алгоритмов при моделировании сложных организационно-технических систем специального назначения» 28

Господ А. В. «Алгоритм управления в условиях неполной информации о внешней среде» 30

Корнеев А. А., Сериков А. П. «Возможность применения вентильно-индукторных приводов в подъемных установках» 32

Мищенко Н. В. «Анализ алгоритмов автономного управления БПЛА в неизвестном пространстве» 34

Дайняк И. В. «Алгоритм векторного регулирования управляющих токов фаз трехфазного синхронного двигателя» 36

Олиферович Н. М., Гринюк Д. А., Оробей И. О. «Апробация гармонической идентификации на тепловом объекте» 38

Гринюк Д. А. и др. «Адаптивное сглаживание трендов измерительных преобразователей» ... 40

Шанин А. В., Кузнецов А. П. «Методы оптимизации вектора тяги мультироторных летальных аппаратов» 42

Кузнецов В. П. и др. «Анализ динамики электромеханических систем стабилизации» 44

Аникеев С. В., Куренёв В. А., Лопухов А. В. «Оценивание угловой координаты по времени задержки в системах со сверхбыстрым сканированием луча» 46

Качан В. А. «Система управления отоплением дома» 48

Хаджинов М. К., Павлова А. В. «Система управления электросамокатом» 50

Бейсенби М. А., Сулейменова С. Т. «Исследование систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости методом функции А. М. Ляпунова» 52

Курулёв А. П. «Импульсная модуляция периодической последовательности видеосигналов прямоугольной формы» 54

Пашук А. В., Гуринович А. Б., Кузнецов А. П. «Представление результатов научных исследований в области биомедицины в машиночитаемых форматах» 56

Масный М. А., Давыдов М. В. «Методы и программные средства оптимизации работы машинного парка станции скорой медицинской помощи» ... 58

Симаньков В. И. «Задачи управления многообъектными системами БПЛА и пути их решения» ... 60

Батура М. П. и др. «Динамический хаос. Генерация динамического хаотического сигнала» ... 62

Шилин Л. Ю., Кукин Д. П., Жилач Н. С. «Детерминированный хаос в передаче информации» ... 64

Бейсенби М. А., Шутеева Г. С. «Сценарии возникновения детерминированного хаоса на рынке товаров экономической системы» ... 66

Дубровский П. С., Севрюк В. Э., Захарьев В. А. «Обзор методов распознавания эмоционального состояния субъекта» ... 68

Верещаго В. Ю., Захарьев В. А. «Обзор методов автоматического обнаружения дорожных знаков» ... 70

Хаджинов М. К., Доманов А. Т., Павлова А. В. «Сервоприводы с квадратичной обратной связью по скорости» ... 72

Тарасюк Е. В., Бурак Д. Л. «Шифрование, сжатие и масштабирование изображений в телеметрических системах» ... 74

Федосеев Д. С., Шилин Л. Ю. «Критерии при проектировании УНЧ с учётом особенностей слухового восприятия человека» ... 76

Секция «Интеллектуальные информационные технологии» ... 79

Молодецкая-Гринчук К. В. «Подход к оценке признаков угроз информационной безопасности государства в социальных интернет-сервисах» ... 80

Корнеев Н. В., Яницкий А. И. «Способ интеллектуального управления электроприводом в условиях воздействия динамической ветровой нагрузки» ... 82

Нечай О. С., Головатая Е. А. «Выделение объектов на изображениях молекулярно-генетических исследований при проведении флуоресцентной гибридизации» ... 84

Меньшаков П. А., Мурашко И. А. «Исследование речевых расстройств при помощи нейронных сетей» ... 86

Лагуто А. А., Копейко В. С. «Сравнение результатов вычислительного эксперимента по решению одной сетевой задачи дробно-линейного программирования специального вида» ... 88

Пилипчук А. С. и др. «Моделирование экологических процессов и визуализация пространственных данных на основе систем POSTGIS, GEOSERVER» ... 90

Курочкин А. В., Прибушеня О. В., Садов В. С. «Экспертная медицинская система по определению хориальности на основе системы нечеткой логики» ... 92

Головатая Е. А., Садов В. С. «Использование детекторов и дескрипторов локальных признаков изображений в задаче трехмерной реконструкции объектов по видеоданным» ... 94

Кисель Е. В. «Предварительная обработка аудиосообщений в задаче распознавания речевой информации» ... 96

Сушко А. А., Курочкин А. В. «Определение жанровой принадлежности аудиоинформации на основе ее спектрального анализа с помощью нейронных сетей» ... 98

Лисица Е. В. и др. «Отбор значимых признаков методами иерархического кластерного анализа» ... 100

Михальчук О. Л., Садов В. С. «Исследование системы распознавания эмоций по изображению лица» ... 102

Змитрович А. И. и др. «Мобильное приложение «Аналитические сервисы бизнесмена (АСБ)»» 104

Ивашенко В. П. «Модели обработки информации и программные средства для универсальных моделей решения задач» 106

Нестереня И. Г., Махнач Н. С. «Применение нейронных сетей для решения творческих задач» 108

Ивашенко В. П. «Семантическое протоколирование процессов обработки знаний» 110

Дорошенко А. В., Ткаченко Р. А. «Методы классификации для интеллектуального анализа данных в условиях неопределённости» 112

Байтингер Г. Р. «Искусственные нейронные сети в реализации детектора сетевых вторжений» 114

Давыденко И. Т., Зверуго А. В. «Система поддержки коллективного создания баз знаний» 116

Гулякина Н.А., Давыденко И. Т.. «Комплексный подход к разработке баз знаний интеллектуальных систем на основе семантических сетей» 118

Пиколюк И. Ю.,Тарасенко В. А., Шаплыко И. М. «Модель пользователя интеллектуальной системы учебного назначения» 120

Борискин А. С., Лось П. Н., Шалёв А. Г. «Описание онтологии предметной области интерфейсных действий ostis-системы» 122

Войтиховский П. Д., Гриб Я. В., Логвинович М. Н. «Онтология предметной области графических примитивов» 124

Иодо М. А. «Программные средства построения пространственной модели для системы машинного зрения» 126

Цегельный В. С. «Управление тестовыми заданиями в Moodle» 128

Гракова Н. В., Родионова О. С., Русецкий К. В. «Структура и назначение интеллектуальной метасистемы поддержки проектирования интеллектуальных систем» 130

Межень А. Л., Пашкевич Е. С., Сафоненко К. А. «Онтология предметной области геометрических преобразований» 132

Голенков В. В., Шункевич Д. В. «Принципы построения машин обработки баз знаний» 134

Бобков А. В., Бруцкий А. А., Жук А. А. «Семантические средства визуализации различных видов графической информации» 136

Ивашенко В. П. «Онтологическое моделирование причинно-следственных связей на основе событий» 138

Зверуго А. В., Трунц В. В., Шалёв А. Г. «Описание онтологии предметной области интерфейсных действий пользователей» 140

Борискин А. С., Синельников П. М., Стельмачёнок М. О. «Онтология предметной области компонентов пользовательского интерфейса» 142

Потараев В. В. «Алгоритм построения семантической сети и её применение» 144

Пушкина А. К. «Методы решения проблем оперативного управления потоками работ» 146

Гракова Н. В., Никуленко В. Ю. «Интеллектуальная информационная система поддержки предпринимательской деятельности» 148

Садов С. В. «Построение информационной модели описания эмоционального состояния человека» 150

Секция «Проектирование встраиваемых систем» 153

Бибило П. Н., Ланкевич Ю. Ю. «Экспериментальное сравнение программ оптимизации совместных и раздельных диаграмм двоичного выбора для систем булевых функций» 154

Бибило П. Н., Романов В. И., Черемисинова Л. Д. «Логическое проектирование функциональных блоков заказных КМОП СБИС с пониженным энергопотреблением» 156

Кириенко Н. А. «Увеличение точности оценки энергопотребления КМОП схем на основе логического моделирования» 158

Качинский М. В., Станкевич А. В. «Реализация процессора формирования ключа PBKDF2 на базе FPGA» 160

Yauhen Klimiankou «CERMet: A Lightweight Multithreading Based on the Completely Explicit Resource Management for Real-Time Systems» 162

Лутковский В. М., Поплетеев А. М., Желудкович И. С. «Система мониторинга эмоционального состояния пользователя компьютера» 164

Леванцевич В. А. «Использование многократных тестов для псевдоисчерпывающего тестирования запоминающих устройств встраиваемых систем» 166

Листопад Е. В. «Реализация операций умножения в полях Галуа на базе ПЛИС/FPGA» 168

Секция «Математическое моделирование и компьютерная графика» 171

Аникин В. И., Аникина О. В., Козырин Д. И. «Итерационные модели марковских цепей в Microsoft Excel» 172

Курочка К. С., Комракова Е. В. «Расчет термоупругих напряжений в трехслойной пластине с модулями упругости зависящими от температуры» 174

Дятлов Е.К., Масленкова Е.А., Кукин Д.П. «Алгоритмы и методы монетизационных процессов в мобильных казуальных Free2Play играх» 176

Таранчук В. Б., Баровик Д. В «Методы, средства, отдельные результаты компьютерного моделирования низовых лесных пожаров» 178

Липницкий В. А., Спичекова Н. В. «Методы динамического программирования в алгоритме развертки для подсчета количества S_n^2-орбит кэмероновских матриц» 180

Дашкевич А. А., Кузьмицкий А. М. «Программное обеспечение для моделирования эффективности системы физической защиты» 182

Чеб Е. С. «Применение метода характеристик при решении граничных задач для линейных гиперболических уравнений четвертого порядка» 184

Дайняк В. В. «Граничные задачи для уравнений с переменными коэффициентами и производными третьего и первого порядков» 186

Курочка К. С., Карабчикова Е. А. «Численное моделирование напряженно-деформированного состояния позвонка человека на основе изображений компьютерной томографии» 188

Киевец Н. Г., Ярук А. М. «Нахождение теоретических распределений статистики теста аппроксимированной энтропии» 190

Курочка К. С., Стефановский И. Л. «Конечно-элементное моделирование многослойных кровельных панелей» 192

Кармаз А. М. и др. «Веб-приложение с базой данных для отдела маркетинга» 194

Нестеренков С. Н., Белов К. П. «Генетический алгоритм как способ решения задач многомерной оптимизации» ... 196

Нестеренков С. Н., Белов К. П. «Использование генетического алгоритма для нахождения весовых коэффициентов нейронной сети в финансовом секторе» ... 198

Нестеренков С. Н., Видничук В. Н. «Математическая модель процесса оценки и подбора персонала на основе многих параметров» ... 200

Нестеренков С. Н., Шатилова О. О., Рак Т. А. «Эволюционный подход к задаче о составлении расписания учебных занятий» ... 202

Нестеренков С. Н., Белов К. П. «Модифицированный генетический алгоритм для обучения нейронной сети» ... 204

Пашук А. В., Гуринович А. Б., Волорова Н. А., Смирнов В. Л. «Поиск взаимосвязей между концептами с использованием графа знаний» ... 206

Меркулов Р. И. «Прогнозирование временных рядов с пропусками на основе моделей в пространстве состояний» ... 208

Янцевич М. А., Свириденко А. А. «Результаты моделирования фильтров СВЧ основанных на различных подходах к проблеме синтеза» ... 210

Нестеренков С. Н., Рак Т. А., Шатилова О. О. «Интегрированная информационная система как средство автоматизации управления образовательным процессом в учреждениях высшего образования» ... 212

Нестеренков С. Н., Рак Т. А., Шатилова О. О. «Генетические алгоритмы как средство автоматизированной подготовки расписания учебных занятий» ... 213

Секция «Системы обработки информации» ... 215

Кобяк И. П. «О границах вероятностных аргументов при синтезе линейных сигнатур и статистических оценок» ... 216

Дунаев А. А. «Использование теории графов для идентификации лиц» ... 218

Короткевич А. В. «Методы умножения точки эллиптической кривой на число» ... 220

Свинарский М. В., Ярмолик С. Н., Зайко Е. В. «Особенности адаптации радиолокационных систем распознавания к ориентации цели в пространстве наблюдения» ... 222

Дрозд П. С., Адуцкевич И. А. «Методы кластеризации пользовательских данных для прогнозирования бизнес-процессов» ... 224

Науменко В. В. «Об одной модели G-сети с несколькими типами заявок и ее применении» ... 226

Волков А. В., Яцков Н. Н., Гринев В. В. «Разработка имитационной модели и исследование алгоритмов автоматического выбора атрибутов экзонов генов» ... 228

Мелещеня Д. В., Бранцевич П. Ю. «Применение гетерогенных вычислительных систем для эмпирической модовой декомпозиции сигнала» ... 230

Кульгавик С. Г., Буй П. М. «Безопасность сегментов корпоративной сети Белорусской железной дороги» ... 232

Dronyuk I. M., Fedevych O. Yu., Polziukov V. Ye. «Traffic and telecommunication networks modeling using Ateb-transform» ... 234

Таранчук В. Б. «Методы, алгоритмы, инструментарий тестировщика компьютерных геологических моделей» ... 236

Костюк Д. А., Латий О. О., Шамонин В. П. «Микроконтроллерная система для биометрической оценки состояния пользователя ПК» ... 238

Самусь Н. С. «Коды переменной длины в кодировании геометрии сеток 3D изображений» . . . 240

Скобелева С. Н., Дорогой Л. С. «Стратегия информационной безопасности предприятия» . . . 242

Андрончик И. А., Жук Е. Е. «Статистическое прогнозирование бинарных опционов на основе случайного процесса арифметического броуновского движения» . . . 244

Артанова Д. П., Яцков Н. Н., Гринев В. В. «Программная реализация сборки транскриптома человека» . . . 246

Будилов В. Н., Ермолов А. Г. «Определение траектории движения объекта по изображению, размытому движением» . . . 248

Лобач В. И. Артем А. Ю. «Обнаружение моментов изменения характеристик сигнала на основе вейвлет-анализа» . . . 250

Лобач С. В. «Примение вейвлет-анализа для прогнозирования стационарных временных рядов» . . . 252

Обельовська К. М., Панова О. С. «Моделирование телекоммуникационных сетей» . . . 254

Парамонов В. В., Шигаров А. О. «Идентификация вычисляемых значений в слабоструктурированных табличных документах» . . . 256

Кадан А. М. и др. «Определение подлинности цифровых фотографий на основе характеристик цифровых устройств и графических редакторов» . . . 258

Кадан М. А. «Реализация модуля для безопасных облачных вычислений с использованием гомоморфной криптографии на платформе iOS» . . . 260

Кадан М. А. «Генеративно-состязательные сети и проблемы информационной безопасности» . . . 262

Вашкевич С. Ю., Вольская В. М. «Возможности фреймворков для работы с дополненной реальностью» . . . 264

Сазановец И. А. «Детектирование стеганографической информации в аудио- и графических файлах с использованием методов машинного обучения» . . . 266

Волчек А. А. и др. «Программный комплекс мониторинга паводковой ситуации на речной сети» . . . 268

Моженкова Е. В., Парамонов А. И. «Актуальность проблем и задач сопровождения корпоративных информационных систем» . . . 270

Чигирь И. В., Кузьмичев Н. К., Горшков С. А. «Модель комбинированной имитирующей и маскирующей помехи для подавления РЛС сопровождения» . . . 272

Лукашевич М. М., Сасин Е. А. «Основные подходы к предварительной обработке ОКТ-изображений» . . . 274

Рудикова Л. В., Жавнерко Е. В. «Об общей архитектуре системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности» . . . 276

Ревотюк М. П., Пушкина А. К. «Задача управления перемещениями по кратчайшим путям на нагруженных графах» . . . 278

Ревотюк М. П., Кот О. В. «Модель и алгоритм координации работы коммивояжера» . . . 280

Фролов И. И. «Алгоритм расширения обучающей выборки с использованием 3D-моделей лиц» . . . 282

Рудикова Л. В., Маскевич В. Э., Жавнерко Е. В. «Об особенности графической реконструкции на примере фары Витовта в Гродно» . . . 284

Ассанович Б. А., Веретило Ю. Н. «Биометрическая база данных на основе HOG-структур и кодов БЧХ» . . . 286

Муха В. С., Будный Р. И. «О линейной аппроксимации векторных статистических данных» 288

Довнар А. Д., Шилин Л. Ю. «Поиск оптимальной стратегии на основе эволюционных алгоритмов» 290

Квартальный М. А., Давыдов М. В. «Метод моделирования биологических тканей головного мозга человека на основе данных МРТ» 292

Денищик Р. И., Босько В. О., Рудикова Л. В. «О подходах к разработке мобильного приложения для стилистического анализа изображений» 294

Денисенко А. А., Новицкий И. О., Шилин Л. Ю. «Обработка и классификация изображений газоразрядной визуализации с помощью нейронных сетей» 296

Научное издание

Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017)

Материалы международной научной конференции
(БГУИР, Минск, Беларусь, 25 октября 2017)

Information Technologies and Systems 2017 (ITS 2017)

Proceeding of The International Conference
(BSUIR, Minsk, Belarus, 25th October 2017)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *А.Б. Гуринович Д. П. Кукин*
Компьютерная верстка *Н. С. Жилач, А.Ф.Трофимович*
Дизайн обложки *Н. С. Жилач*

Подписано в печать 16.10.2017. Формат 60x84 ⅛. Бумага офсетная. Гарнитура «Book Antiqua».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 41,15. Уч.-изд. л. 45,3. Тираж 150 экз. Заказ 391.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6.

ITS 2017

Qulix SYSTEMS

СООО "ГЕЙМ СТРИМ",
минский центр разработки

WARGAMING.NET
LET'S BATTLE

NETCO sports

itransition