

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

международный научный журнал

The Evolution
of Culture

THE SCIENCE
OF CULTURE

Modern Capitalist Culture



The Concept of Cultural Systems
A Key to Understanding Tribes and Nations

14
2016
Часть I

16+

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 14 (118) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Лесли Алвин Уайт (1900–1975) — американский антрополог, этнолог и культуролог.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*

Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*

Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*

Бидова Бэла Бертовна, *доктор юридических наук, доцент (Россия)*

Борисов Вячеслав Викторович, *доктор педагогических наук, профессор (Украина)*

Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

Данилов Александр Максимович, *доктор технических наук, профессор (Россия)*

Демидов Алексей Александрович, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, *доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)*

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, *доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)*

Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, *кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)*

Кайгородов Иван Борисович, *кандидат физико-математических наук (Бразилия)*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Россия)*

Колпак Евгений Петрович, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

Малес Людмила Владимировна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, *кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)*

Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, *доктор философских наук, профессор (Россия)*

Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*

Сорока Юлия Георгиевна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*

Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

Шарипов Аскар Калиевич, *доктор экономических наук, доцент (Казахстан)*

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Галина Анатольевна

Ответственные редакторы: Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.08.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Агеев П. В., Байчорова М. М.**
Использование имитационного моделирования при социально-экономическом прогнозировании 1
- Ахметов А. А., Байчорова М. М.**
Моделирование индекса промышленного производства 6
- Байчорова М. М., Агеев П. В., Комарова Н. Э.**
Современные процедуры голосования 9
- Егорова А. А., Касимова Я. А., Арасланова В. А.**
Динамическая адаптация эвристического алгоритма для задачи транспортной маршрутизации при использовании кросс-докинга 11
- Ибрагимов А. А.**
Замечательный квадрат и проблемы математики 15
- Касимова Я. А., Арасланова В. А., Егорова А. А.**
Патентная гонка пуассоновского типа 20
- Сахаров А. А., Лапин А. В.**
Применение алгоритмов теории расписаний при разработке медицинской информационной системы 23
- Чернышов Д. О., Сдобникова А. М., Христенко Е. А.**
Математическая модель репутации пользователей на сайте Avito 25

ФИЗИКА

- Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Габзалилов Э. Ф., Прокопьев К. В., Ситенков А. А., Пестеров Д. И., Юнусов Т. Ш.**
Математическое моделирование короткозамкнутого асинхронного двигателя в пакете SimPowerSystems 28
- Митяшкин Д. С., Шохов А. В.**
Покрyтия сложного комбинированного состава для электродов вакуумных приборов 34
- Рыков Е. А., Цветков Р. Ю.**
Исследование и моделирование спектров излучения газового разряда 37

- Цветков Р. Ю., Рыков Е. А.**
Разработка системы рентгенозащитных ограждений 41
- Шохов А. В., Митяшкин Д. С.**
Определение концентрации свободных носителей заряда в сильнолегированном азотом карбиде кремния политипа 4Н 45

ХИМИЯ

- Бабаева Т. А., Мамедов С. Э., Азмамедова Х. М., Ганбарова Э. А., Алиев Т. А.**
Превращение природного газа и метанола на цеолитах типа пентасила, модифицированных нанопорошками Zr, Cr и Mo 49
- Велиева Г. Х., Ахмедов Э. И., Мамедов С. Э., Гахраманов Т. О.**
Акилирование о-ксилола трет-бутанолом на цеолите типа У, модифицированном катионами переходных элементов 52

ИНФОРМАТИКА

- Балашова С. А.**
Соккрытие информации в коэффициентах спектральных преобразований файла формата JPEG 56
- Васильев В. Н.**
Обзор существующих ГИС 62
- Горковенко Д. К.**
Применение методов text mining для классификации информации, распространяемой в социальных сетях 66
- Ерилина И. И.**
Использование программных пакетов для решения экологических задач 72
- Краснов С. С.**
Проблема автоматической регистрации на веб-сайтах 78
- Nurjabova D. S., Saidov J.**
IMS-metadata specification on line test 80
- Петухов С. В., Назаров Ф. А.**
Разработка мобильного мультиплатформенного приложения аренды недвижимости 82

Петухов С. В.

Поисковые возможности контент-менеджмент
системы Adobe Experience Manager86

Радайкина С. А.

Изучение алгоритмов локального
позиционирования в пространстве, используя
Wi-Fi и LBS данные сотовых операторов89

Сабанов А. В., Михеев П. В.

Обзор программного обеспечения для системы
управления нефтяной базой92

Федорова А. А.

Распознавание английского текста сверточной
нейронной сетью97

Хачатрян А. Г.

Реализация сервиса для проверки уровня
безопасности построенного маршрута 102

МАТЕМАТИКА

Использование имитационного моделирования при социально-экономическом прогнозировании

Агеев Петр Владимирович, студент;
Байчорова Мария Маратовна, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

В данной статье рассматривается процесс использования имитационного моделирования для построения социально-экономических прогнозов, рассматриваются этапы и логика построения такой модели, с учетом межотраслевых балансов. Также проводятся эксперименты, предполагающие многократную прогонку модели с целью построения двух векторов развития социально-экономической сферы Санкт-Петербурга в зависимости от различных экспертных сценариев.

Ключевые слова: имитационное моделирование, математическое моделирование, прогнозирование, межотраслевые балансы, модель системной динамики Форрестера, социально-экономическое прогнозирование

Повышению эффективности региональной политики способствует применение научного подхода к принятию решений и выбору стратегий достижения установленных целей. Определить важнейшие направления, пути и факторы развития экономической системы, предусмотреть все возможные варианты и минимизировать риск развития кризисных ситуаций позволяет наличие достоверного прогноза последствий тех или иных управленческих решений. Для этого требуется создание специальных инструментов, которые бы позволяли органам государственной власти различных субъектов РФ осуществлять обоснованное прогнозирование принимаемых решений [1]. Главной частью такого инструмента должна являться экономико-математическая модель развития региональной экономики, которая давала бы возможность в перспективе оценить границы роста или снижения различных показателей, характеризующих экономическое состояние субъекта прогнозирования. Концепция этой модели должна базироваться на региональном производственном процессе, в котором потребление, производство, распределение и обмен образуют взаимодополняющее множество [2]. В связи с этим построение модели функционирования домашних хозяйств, которая является одним из блоков общей модели регионального экономического развития, является актуальной и востребованной задачей.

Целью исследования является создание имитационной модели домашних хозяйств субъектов РФ, описывающей процессы жизнедеятельности домохозяйств и их взаимодействия с другими сферами региональной экономики.

Под домашним хозяйством понимается совокупность лиц, которые проживают в одном жилом помещении или его части, как связанных, так и не связанных родством, совместно обеспечивающих себя всем необходимым для жизни, полностью или частично объединяя и расходуя свои средства. Домашнее хозяйство может состоять и из одного человека, живущего самостоятельно.

Решение данной задачи заключается в последовательном построении концептуальной модели; построении экономико-математической модели, основанной на идее межотраслевых балансов и отражающей все характеристики концептуальной модели; построении на ее основе имитационной модели, позволяющей осуществлять прогнозирование динамики социально-экономических показателей на среднесрочную перспективу; проведении экспериментов с использованием имитационной модели и построении прогноза динамики региональных социально-экономических показателей функционирования домохозяйств по реальным данным.

Построение модели. В разработанной модели учтено влияние друг на друга трех основных секторов региональной экономики: государственного, производственного и потребительского. Взаимное влияние рассматриваемых секторов выражается в направлении материальных, финансовых и трудовых потоков. Направление финансовых потоков осуществляется посредством государственного бюджета. Доходы бюджета формируются на основе налоговых и неналоговых поступлений, а также безвозмездных перечислений. К доходам населения относятся: оплата труда, доходы от предпринимательской деятельности

и собственности, социальные выплаты, другие доходы (включая «скрытые», от продажи валюты, денежные переводы и пр.). Основную часть доходов производственной сферы составляют доходы от реализации произведенных товаров и услуг. Оценка экономического развития региона осуществляется на основе валового регионального про-

дукта (ВРП). ВРП выступает в качестве результирующего показателя эффективности экономической деятельности региона и основного показателя, который отражает достигнутый уровень экономического роста. На рис. 1 представлена общая концептуальная схема решения в виде взаимосвязанных модулей и блоков.

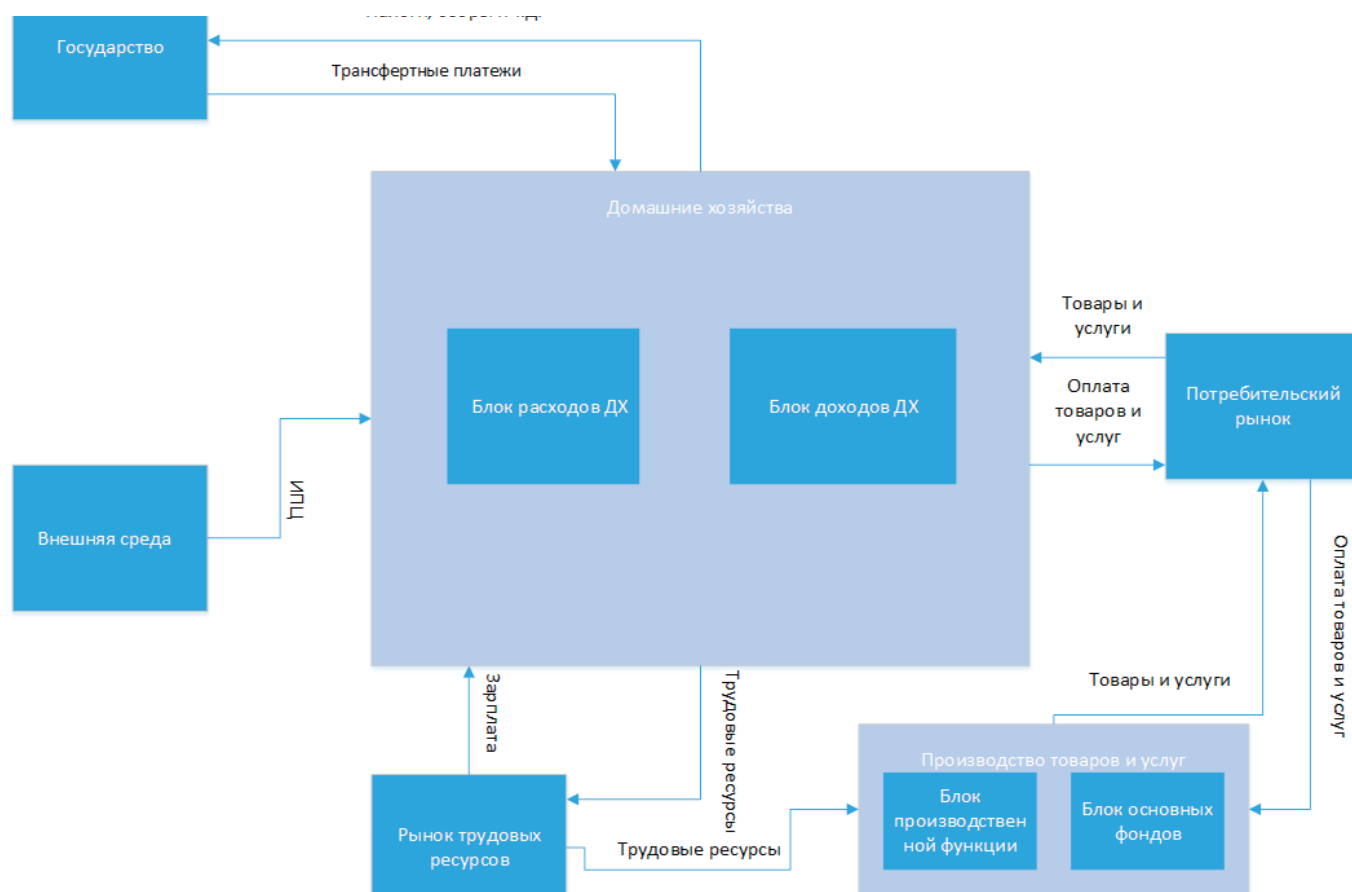


Рис. 1. Концептуальная схема решения

Общая концепция модели выглядит следующим образом: в модуле «Производство товаров и услуг» происходит расчет объема ВРП, а также стоимости основных фондов. Для расчета ВРП из модуля «Рынок трудовых ресурсов» поступает численность занятых в экономике, а из блока «Основные фонды» — полная стоимость основных фондов организаций. Часть ВРП поступает домохозяйствам в виде оплаты труда, которая расходуется на потребительском рынке на оплату услуг, покупку товаров и на общественное питание. Таким образом, осуществляется связь доходов домашних хозяйств с потребительским рынком через блок «Расходы населения». Также часть ВРП, созданного в предыдущий период, поступает в основные фонды организаций в виде инвестиций. Влияние внешней среды учитывается посредством ввода в модель индекса потребительских цен, подверженного влиянию политической и внешнеэкономической ситуации в регионе и стране.

Математическая модель состоит из шести взаимосвязанных блоков и модулей:

1. Модуль «Домашние хозяйства»:
 - Блок «Расходы населения»;
 - Блок «Доходы населения»;
2. Модуль «Производство товаров и услуг»:
 - Блок «Производственная функция»;
 - Блок «Основные фонды»;
3. Модуль «Рынок трудовых ресурсов»;
4. Модуль «Потребительский рынок».

Управление моделью осуществляется с помощью сценарных параметров, задаваемых на прогнозном периоде экспертным путем:

1. Темп роста численности постоянного населения (% к предыдущему году);
2. Доля трудоспособного населения от общей численности (%);
3. Индекс потребительских цен (% к предыдущему году);
4. Коэффициент выбытия основных фондов (%);
5. Индекс-дефлятор ВРП (% в к предыдущему году);
6. Темп роста социальных выплат (% к предыдущему году).

Для построения модельных зависимостей были использованы ежегодные данные с 2005 по 2014 год по Санкт-Петербургу, предоставленные Петростатом. Стоит отметить, что все полученные выражения были выведены самостоятельно согласно межотраслевым балансам, а коэффициенты в уравнениях являются значимыми по критерию Стьюдента и модель значима в целом по критерию Фишера на уровне значимости 5%. Также для каждого соотношения рассчитаны коэффициенты детерминации, значения которых колеблются между 0,79 для наихудшего варианта и 0,99 для наилучшего. Для математической модели в целом средняя ошибка аппроксимации составляет 4%. Поскольку модель считается хорошей при средней погрешности не более 10%, то можно утверждать, что разработанная модель достаточно точно описывает исследуемую экономическую систему.

Имитационная модель реализована в программном продукте VenSim. Данная модель относится к классу мо-

делей системной динамики Форрестера, которая учитывает прямые и обратные связи и является пригодной для описания социально-экономических процессов. Описанные выше блоки и модули в имитационной модели представлены по уровням. Таким образом, в модели имеется 6 уровней:

1. Уровень расчета производственной функции;
2. Уровень расчета трудовых ресурсов;
3. Уровень расчета стоимости основных фондов организаций;
4. Уровень расчета доходов населения;
5. Уровень расчета расходов населения;
6. Уровень расчета показателей потребительского рынка.

Виды данных уровней в VenSim представлены на рис.2–7. Одинарные стрелки на указанных рисунках обозначают тот факт, что показатель, от которого она направлена, является причиной, а показатель, к которому она направлена, — следствием.

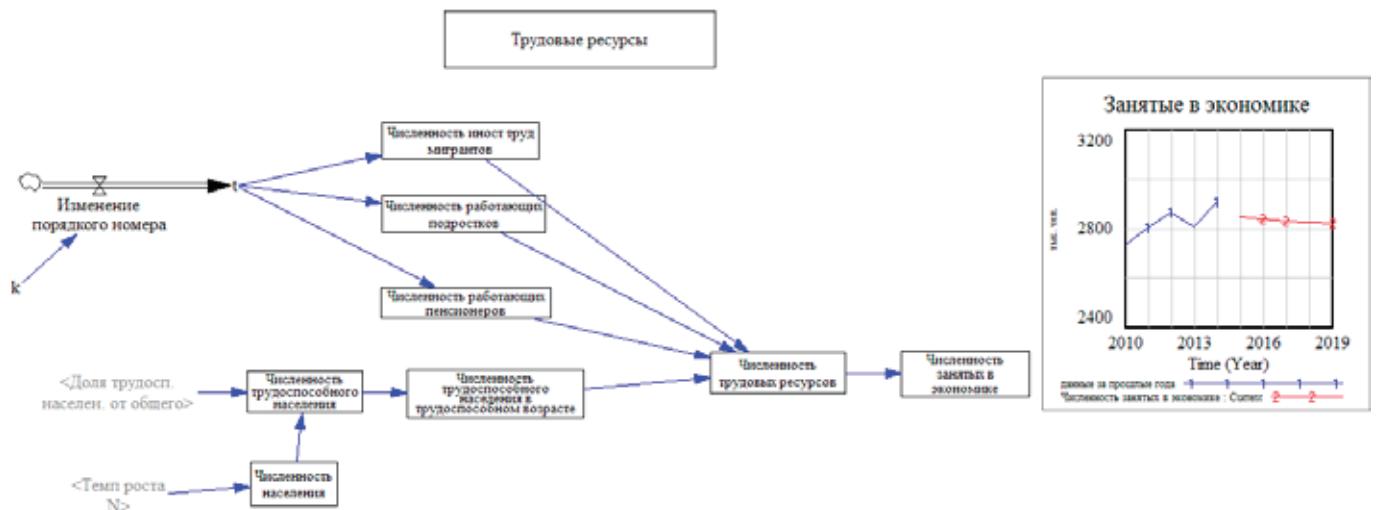


Рис. 2. Уровень расчета трудовых ресурсов

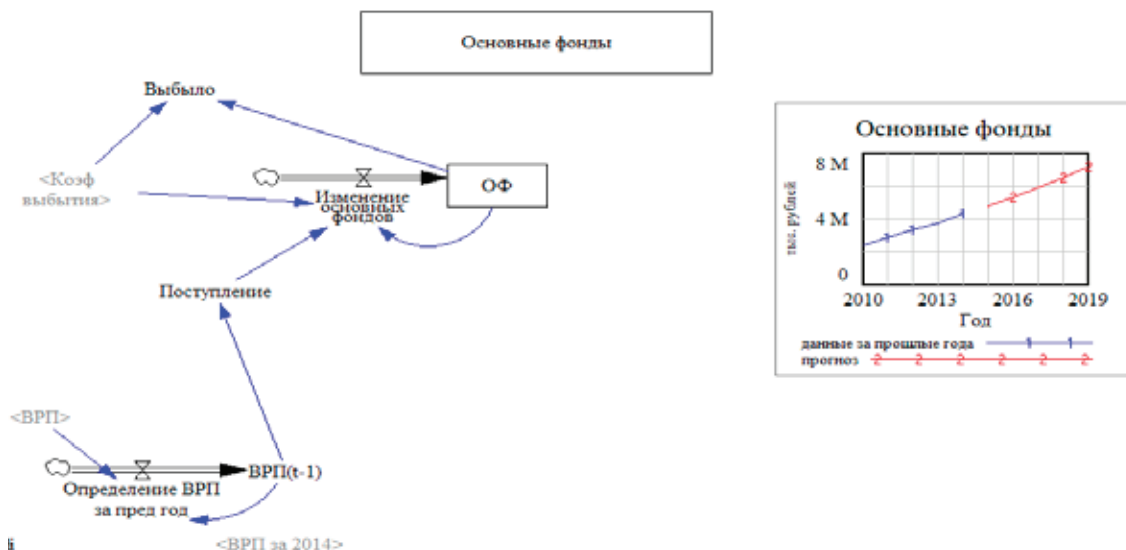


Рис. 3. Уровень расчета стоимости основных фондов

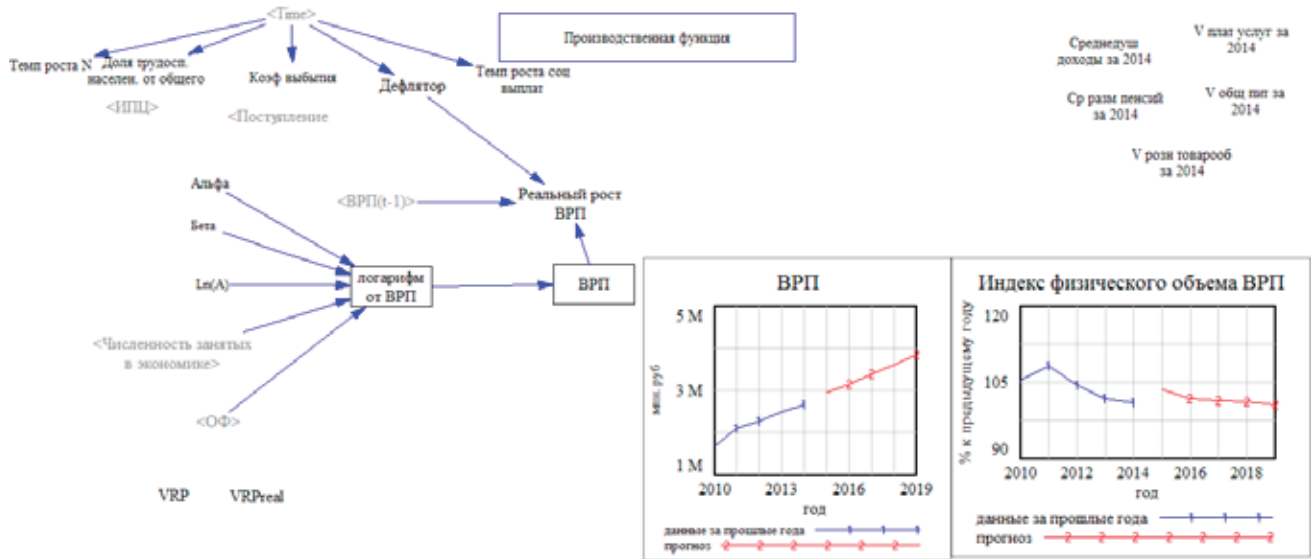


Рис. 4. Уровень расчета производственной функции

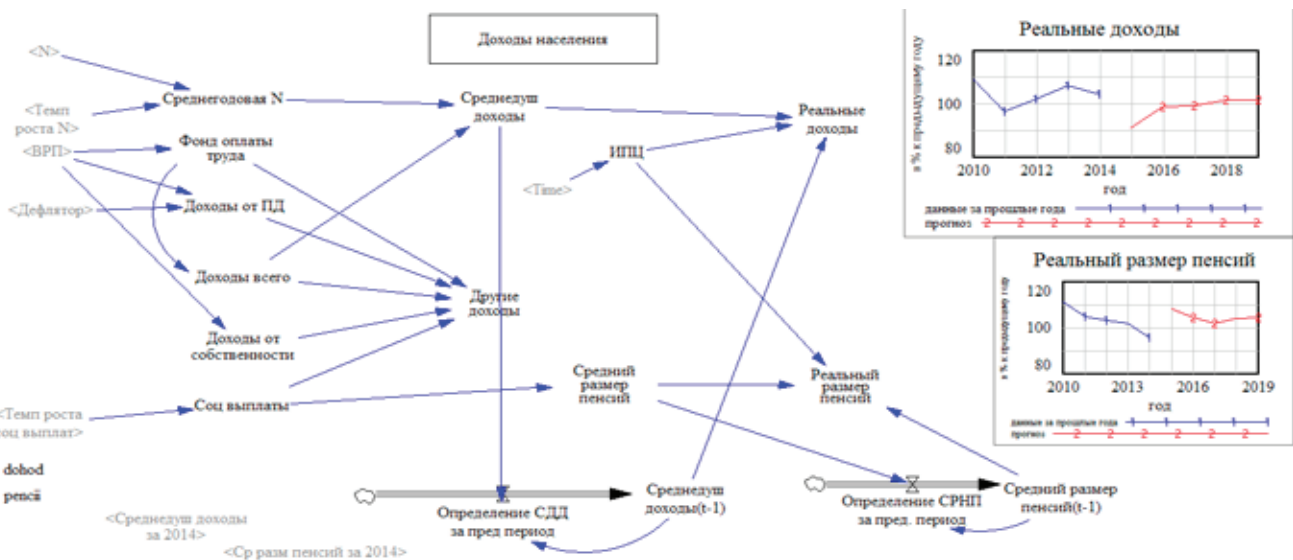


Рис. 5. Уровень расчета доходов населения

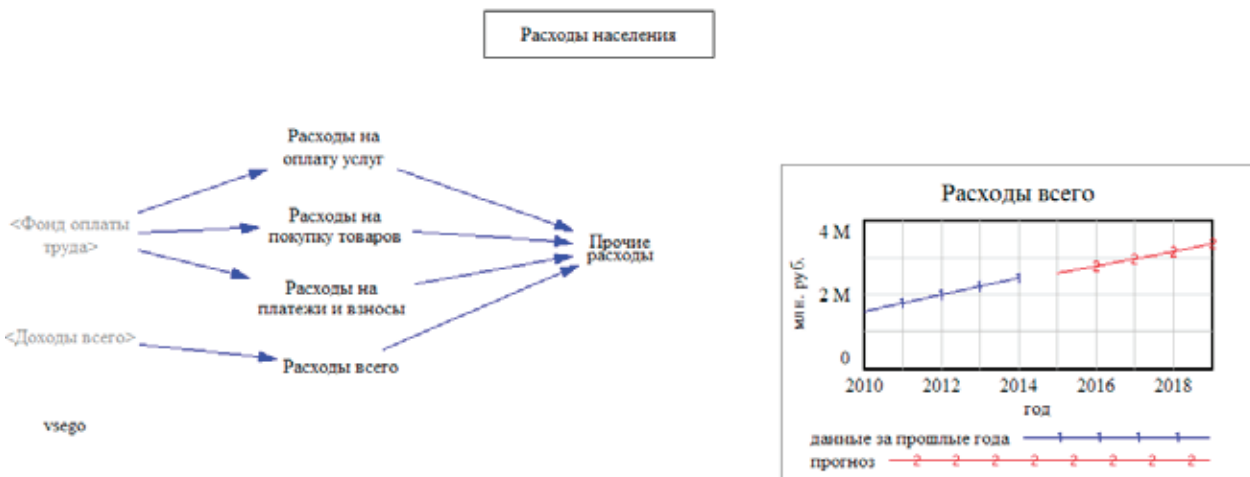


Рис. 6. Уровень расчета расходов населения

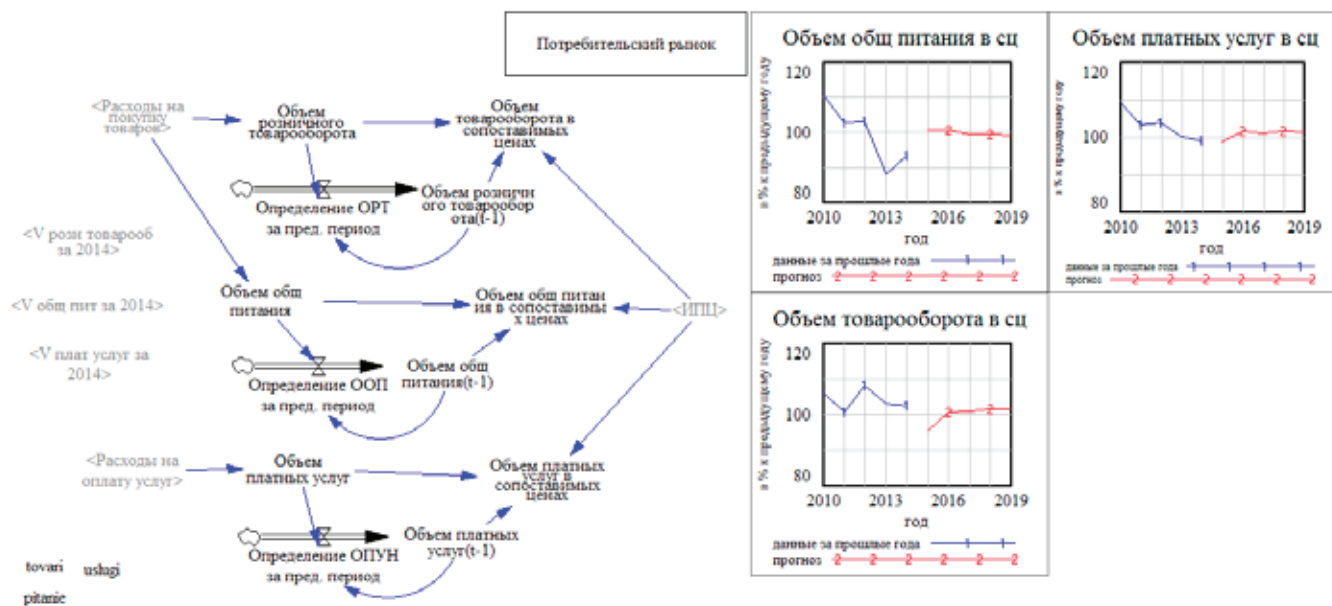


Рис. 7. Уровень расчета показателей потребительского рынка

Перейдем к описанию каждого уровня. На уровне расчета трудовых ресурсов вычисляются: численность иностранных трудовых мигрантов, численность работающих подростков, численность работающих пенсионеров, численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте. На основе данных показателей рассчитывается численность трудовых ресурсов, необходимая для вычисления численности занятых в экономике, поступающей в производственную функцию, описанную на другом уровне. Одновременно с описанными расчетами происходят вычисления на уровне расчета стоимости основных фондов. Здесь на основе ВРП за предыдущий год, а также коэффициента выбытия, рассчитывается стоимость основных фондов организаций на текущий год. Далее полученные данные поступают в уровень расчета производственной функции. Здесь на основе вычисленных показателей численности занятых в экономике и стоимости основных фондов вычисляется ВРП и индекс физического объема ВРП, учитывающий инфляцию. Полученное значение ВРП поступает в уровень расчета доходов населения, на котором вычисляются: фонд оплаты труда, доходы от предпринимательской деятельности, доходы от собственности, доходы от социальных выплат, доходы всего, прочие доходы. Рассчитанные на этом уровне значения передаются на уровень расходов населения, где определяются расходы населения на оплату услуг, на покупку товаров, на обязательные платежи и добровольные взносы, суммарная величина расходов, а также прочие расходы. На основе этих показателей на уровне расчета показателей потребительского рынка определяются объемы товарооборота, общественного питания и платных услуг населению. Далее указанные показатели пересчитываются в сопоставимых ценах с учетом инфляции. Стоит отметить, что практически на каждом

уровне присутствуют обратные связи, используемые для подсчета показателей за предыдущие периоды.

Также имитационная модель поддерживает возможность многократных прогонок с различными динамически изменяющимися сценарными показателями. Помимо этого, статистические данные на ретроспективные периоды визуализированы на графиках.

Проведение экспериментов. В данной главе описаны эксперименты, проведенные с использованием имитационной модели функционирования домашних хозяйств. На основе построенной имитационной модели реализуются два независимых прогноза: оптимистичный и пессимистичный. Два варианта сценарных условий развития Санкт-Петербурга, используемых для прогнозирования, разработаны экспертами на основании ретроспективной динамики показателей и ожидаемой социально-экономической ситуации в городе и с учетом условий развития страны, разработанных Минэкономразвития РФ.

Пессимистичный вариант сценарных условий предполагает продолжение действия санкций со стороны США и ЕС на протяжении всего прогнозного периода. Это означает сохранение ограничений доступа к мировому рынку капитала для российских компаний и достаточно высокий уровень чистого оттока капитала из частного сектора, связанный с погашением внешнего долга. Оптимистичный вариант сценарных условий базируется на предположении о более позитивной конъюнктуре рынка энергоносителей и частичной отмене экономических санкций с 2016 года. Значения сценарных показателей для пессимистичного (п.п.) и оптимистичного (о.п.) вариантов представлены в таблице 1.

В Таблице 2 представлены результаты прогнозирования по наиболее важным социально-экономическим показателям для обоих вариантов.

Таблица 1. Сценарные показатели

Наименование сценарного показателя	Год							
	2016		2017		2018		2019	
	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.
Доля населения трудоспособного возраста в общей численности населения на конец года	58,9	59	58	58,1	57,4	57,5	56,8	57
Коэффициент выбытия основных фондов	6,4	6,5	6,19	6,36	6,09	6,4	5,93	6,33
Индекс-дефлятор ВРП	106,3	105,2	105,9	104,4	105,8	104,4	106	104
Темп роста социальных пособий	107,5	107,6	105,5	106,1	109,6	111	109,6	111
Темп роста численности населения	100,07	100,08	100,01	100,07	99,96	100,05	99,7	100,01
Индекс потребительских цен (к декабрю предыдущего года)	106,4	106,2	106	105,5	105,1	104,7	105,1	104,7

Таблица 2. Результаты прогнозирования

Год	Индекс физического объема ВРП (%)		Занятые в экономике (тыс. человек)		Реальные доходы (%)		Реальный размер пенсий (%)		Объем общественного питания в сц (%)		Объем розничного товарооборота в сц (%)		Объем платных услуг в сц (%)	
	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.	о.п.	п.п.
2016	102,9	101,83	2841,6	2839,9	98,76	98,57	100,74	100,32	100,7	100,5	100,48	100,29	101,49	101,28
2017	102,68	101,3	2833,1	2831,1	100,21	99,85	102,31	101,12	99,45	99,02	100,89	100,48	101,1	100,68
2018	102,34	101,11	2829,5	2826,7	101,3	101,1	104,64	103,15	99,54	99,22	101,59	101,32	101,52	101,25
2019	102,5	100,6	2827,1	2820,9	101,33	101,21	105,2	103,58	99,23	98,87	101,5	101,11	101,32	100,96

Эксперименты показали, что модель является чувствительной даже для небольших изменений сценарных показателей, что говорит о ее высоком качестве и широких возможностях ее применения.

Заключение. Имитационное моделирование на сегодняшний день является востребованным и актуальным направлением в решении задач регионального управления.

С его помощью осуществляются различные исследования, направленные на изучение влияния тех или иных управленческих решений, а также на построение плана мероприятий, направленных на достижения требуемых результатов. Построенная имитационная модель является лишь частью общей модели регионального экономического развития, разработка которой является чрезвычайно сложной задачей.

Литература:

1. Калиниченко, А. Ю., Тарашнина С. И. Информационные технологии в целях обеспечения социально-экономического прогнозирования развития региона. // Технологии информационного общества в науке, образовании и культуре: сборник научных статей. Труды XVII Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество». 2014. с. 229–234.
2. Турунцева, М., Киблицкая Т. Качественные свойства различных подходов к прогнозированию социально-экономических показателей РФ. М.: ИЭПП, 2010. 148 с.

Моделирование индекса промышленного производства

Ахметов Айнур Артурович, студент;
Байчорова Мария Маратовна, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

В данной статье рассматриваются моделирование индекса промышленного производства России на основе индексов промышленного производства составляющих отраслей. В качестве данных использованы ИПП различных отраслей с 2011 по 2015 год в ежемесячном виде. Данные взяты из открытых источников РосСтата.

Ключевые слова: промышленность, ИПП, регрессионные модели, эконометрика

В наши дни часто возникает необходимость в анализе и получении точного прогноза какого-либо экономического показателя домохозяйства, предприятия, государства или даже союза нескольких государств (Европейский Союз, Евразийский Союз). Чаще всего для этого обращаются к статистическим методам, в том числе и к методам эконометрики, с помощью которых можно изучить зависимость между различными экономическими показателями, а также исследовать временной ряд показателя, после чего на основе проведенного анализа сделать прогноз.

Промышленное производство — важнейшая составляющая мировой и российской экономик. В России, как и во всем мире, промышленное производство оценивается с помощью Индекса Промышленного Производства (ИПП). Очевидно, что положительная динамика ИПП говорит о хорошем экономическом положении в стране, а отрицательная о плохом. Отсюда возникает необходимость понимать, как поведет себя ИПП в краткосрочной или долгосрочной перспективе.

Рассмотрим понятие индекса производства. Это показатель, который характеризует совокупное изменение производства всех видов работ, товаров и услуг за сравниваемые периоды времени [2].

Индекс промышленного производства — это агрегированный индекс производства по таким видам деятельности как: «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» [2]. Расчет и формированием индекса промышленного производства в России занимается Федеральная служба государственной статистики (Росстат).

Рассмотрим математическую формулу расчета индексов производства. Для начала изучим ее составляющие. Величина p_b это среднегодовая цена единицы товара в тысячах рублей в базисном году. Величины q_b, q_t, q_{t-1} производство в натуральном выражении в среднем за месяц базисного года, за t-период (период с начала года, отчетный месяц), t-1-период (соответствующие периоды предыдущего года, предыдущий месяц) соответственно. Также поясним понятие базисного года: это год, в котором структуры товарных цен, производства и добавочной стоимости относительно устойчивы.

Расчет индексов происходит в несколько шагов. На каждом рассчитывается три вида индексов:

1) Сначала рассчитывается индекс, который характеризует производственные изменения в отчетный период

t по сравнению со среднемесячным объемом базисного года — $i_{t/b}$

2) Далее считаем индекс, который характеризует изменение производства в прошедшем периоде t-1 по сравнению со среднемесячным объемом базисного года — $i_{t-1/b}$

3) И, наконец, рассчитываем индексы $i_{t/b}$, которые характеризуют изменение производства в периоде t в сравнении с t-1. Данные индексы получаем, проведя деление индексов, рассчитанных ранее

$$i_{t/t-1} = \frac{i_{t/b}}{i_{t-1/b}} \times 100$$

Согласно ОКВЭД (Общероссийский классификатор видов экономической деятельности) каждому виду экономической деятельности соответствует код. Так как индекс промышленного производства является агрегированным по видам деятельности таким, как **С** — «Добыча полезных ископаемых», **D** — «Обрабатывающие производства», **E** — «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», то для удобства можно использовать следующее обозначение: ИПП (**С+D+E**). А для краткого упоминания видов деятельности будем использовать эти самые коды, поэтому также введем в обращение: ИПП (**С**), ИПП (**D**), ИПП (**E**).

Стоит отметить, что у каждого подвида отрасли есть свой код согласно ОКВЭД. Например, химическое производство имеет код **DG**. Первая буква описывает вид экономической деятельности, к которой относится данное производство (обрабатывающие производства), а вторая буква уже является индивидуальной.

Самую большую долю в промышленности занимают «обрабатывающие производства». Разбирая структуру промышленности, выделим производства с самой большой долей: 24 % — это «добыча топливно-энергетических полезных ископаемых» (**CA**), 15 % — «производство кокса и нефтепродуктов» (**DF**), 12 % — «производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака» (**DA**), 11 % — «металлургическое производство и производство готовых металлических изделий» (**DJ**).

Построим корреляционную матрицу между ИПП (**С+D+E**), ИПП (**С**), ИПП (**D**) и ИПП (**E**). Данные по индексам промышленного производства взяты из открытых источников Росстата и представляют собой помесечные показатели с 2011 по 2015 год, в каждой выборке присутствует по 60 элементов, которые выражены в процентах (период с начала отчетного года к соответствующему периоду предыдущего года).

Таблица 1

ИПП	С+D+E	DA	DF	DJ
C+D+E	1			
DA	0,87	1		
DF	0,99	0,83	1	
DJ	0,17	0,28	0,05	1

Из таблицы 1 видно, что самый высокий коэффициент корреляции наблюдается между ИПП (C+D+E) и ИПП (D). Это может говорить о том, что отечественная промышленность в целом подвержена влиянию тех же факторов, которые влияют на отрасль «обрабатывающих производств». И так как доля D в структуре промышленности самая высокая, с большой вероятностью любые колебания ИПП (D) отразятся на ИПП (C+D+E).

Теперь построим корреляционную матрицу между ИПП (C+D+E), ИПП (DA), ИПП (DF) и ИПП (DJ). Отрасль СА рассматривать не будем по причине того, что она составляет 89% добывающих производств (С). Вместо нее рассматривается целиком все С.

Из второй таблицы видно, что имеется высокая зависимость между показателями всей промышленности и показателями металлургического производства (DJ).

Таблица 2

ИПП	C+D+E	DA	DF	DJ
C+D+E	1			
DA	0,59	1		
DF	0,59	0,29	1	
DJ	0,95	0,47	0,48	1

Теперь построим две линейные регрессионные модели и попытаемся понять, можно ли сделать прогноз ИПП в целом, в зависимости от данных ИПП (D) и ИПП (DJ). Построим первую парную регрессию. В качестве зависимой переменной y_i возьмем ИПП (C+D+E), а в качестве объясняющей x_i ИПП (D). Таким образом получим вид регрессии $y_i = a + bx_i + e_i$ где $e_i = y_i - \hat{y}_i$ остатки ре-

грессии, \hat{y}_i значения регрессионной модели. Сама модель имеет вид: $\hat{y}_i = a + bx_i$. Найдем коэффициенты модели с помощью «метода наименьших квадратов».

В каждой выборке будем строить модели по 56 элементам. Приведем рассчитанные показатели критериев качества для модели $\hat{y}_i = 43,26 + 0,57x_i$

R ²	\bar{A}	S _{ост}	t _{рассчет}	t _a	t _b	F _{рассчет}	Гомоскед.
0,97	0,30	0,42	45,53	33,23	45,12	2035	да

Для того чтобы интерпретировать модель, воспользуемся коэффициентом эластичности $E = b \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}_i}$. Он демонстрирует на сколько процентов меняется в среднем y_i когда x_i увеличится на 1 % от \bar{x}_i .

В нашем случае $E = 0,54$, это значит чуть меньше 1 %.

Вернемся к показателям качества, приведем табличные значения различных критериев при $t_{(1-0,05;56-2)}$ 2 и $F_{(1-0,05;1;56-2)}$ 4,02. Сделаем вывод: все показатели де-

монстрируют хорошее качество модели, она может быть использована для построения прогноза.

Далее построим вторую парную регрессию. В качестве зависимой переменной y_i возьмем ИПП (C+D+E), а в качестве объясняющей — x_i ИПП (DJ). Модель также будет иметь вид: $\hat{y}_i = a + bx_i$. Коэффициенты также найдем при помощи метода наименьших квадратов.

Получили модель: $\hat{y}_i = 50,06 + 0,51x_i$. Приведем показатели качества модели.

R ²	\bar{A}	S _{ост}	t _{рассчет}	t _a	t _b	F _{рассчет}	Гомоскед.
0,89	0,66	0,88	20,92	19,98	20,73	429,81	Да

Все показатели говорят о хорошем качестве модели. Высокий коэффициент детерминации, низкие \bar{A} и S_{ост}, все t-рассчетные и F-рассчетная выше табличных значений, модель гомостедастична.

Подведем итоги. Давать прогноз поведения динамики ИПП (C+D+E) можно основываясь и на ИПП от-

дельных подвидов промышленности, например, металлургии, так как динамики некоторых отраслей ведут себя в целом как динамика всего отечественного промышленного производства.

Литература:

1. Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования в экономике. М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003. 50 с.

2. Официальная статистическая методология исчисления индекса промышленного производства. Приказ Росстата от 08.05.2014 № 301 http://www.gks.ru/free_doc/new_site/metod/prom/ofic_met.doc

Современные процедуры голосования

Байчорова Мария Маратовна, студент;
 Агеев Петр Владимирович, студент;
 Комарова Наталья Эдуардовна, студент
 Санкт-Петербургский государственный университет

В данной статье рассматриваются основные процедуры голосования, применяемые на сегодняшний день, описывается механизм действия каждой из них и их работа иллюстрируется на решении конкретной задачи.

Ключевые слова: *голосование, выборы, правило Борда, принцип Кондорсе, последовательности предпочтений, парадокс Кондорсе*

Современные процедуры голосования имеют множество форм и проявлений, таких как голосования относительного и абсолютного большинства, мажоритарные избирательные системы, одобряющее голосование и многие другие. Они могут быть применены не только на государственном, но также и на муниципальном, и на региональном уровнях. Так же данные схемы могут найти достойное применение и при выборе президента фирмы или кампании, выборе главы совета директоров, выборе директора школы и других подобных ситуациях. Широкий спектр применения данных процедур делает их исследование и совершенствование задачей необыкновенной важности. Каждая из них имеет свои преимущества, которые могут быть различным образом использованы в зависимости от системы, в которой они находят применение. Для того чтобы более наглядно показать процесс работы каждой из них, рассмотрим некоторую конкретную задачу, опишем каждую из процедур, а затем попробуем решить задачу с помощью каждой из них.

Задача. Пусть у нас проводится голосование между тремя кандидатами. Назовем их a , b и c . В голосовании принимают участие N человек, и пусть по условию задачи $N=15$. Каждый из участников голосования имеет свои предпочтения, в соответствии с которыми он принимает решение и отдает свой голос. Допустим, что предпочтения некоторых людей совпадают, и имеется следующая картина:

$$n_1 = 20 : a > b > c$$

$$n_2 = 10 : b > c > a$$

$$n_3 = 20 : c > b > a$$

где n_i — число людей, имеющих одинаковые предпочтения. Выражение $a > b$ означает, что данный избиратель предпочитает кандидата a и в ситуации выбора между a и b склонен проголосовать за кандидата a .

Рассмотрим следующие процедуры голосования:

Голосование относительного большинства. Самый простой вид голосования. В своей цепи предпочтений избиратель имеет лидера, которому он и отдает свой голос. Каждый человек голосует только за одного кандидата. После проведения этой процедуры проводится подсчет голосов и человек, набравший наибольшее их количество, побеждает в выборах. Голосование будет безрезультатным лишь в том случае, если кандидаты наберут равное количество голосов избирателей.

Применим данную процедуру к нашей задаче. В ходе голосования кандидат a получит 20 голосов, кандидату b достанется 10 голосов, а кандидат c получит 15 голосов. Очевидно, что победит первый кандидат.

Однако после такого голосования количество людей, которые останутся недовольны результатами будет равно 25, что больше половины от всего количества голосующих. Данный факт говорит нам о том, что подобные выборы нельзя назвать в полной мере справедливыми, поэтому данный метод нуждается в модификации.

Голосование абсолютного большинства. Данная процедура отличается от первой тем, что для победы кандидату необходимо набрать строго больше половины голосов избирателей. Если в результате голосования это условие не выполняется, то обычно организовывается второй тур. Чаще всего в него проходят двое кандидатов, набравшие самое большое число голосов в первом туре. Голосование абсолютного большинства применяется при выборах президента страны во множестве государств мира. Россия также входит в их число.

Применим эту методику к задаче, описанной выше. При проведении первого тура голоса распределяются аналогичным прошлomu случаю образом. Однако количество поддерживающих победившего в первом туре кандидата a меньше 50% всех голосующих, поэтому возникает необходимость второго тура. Кандидат a набрал 20 голосов, кандидат c набрал 15 голосов, и именно они вдвоем проходят во второй тур. При голосовании во втором туре те же 20 человек вновь поддержат первого кандидата, 15

представителей третьей группы предпочтений проголосуют за кандидата c , поэтому решающими станут голоса людей, которые в первом туре поддерживали второго кандидата. Для них предпочтительнее победа кандидата c , поэтому они отдадут свои голоса за него. Таким образом, третий кандидат получит $15+10=25$ голосов и одержит победу. С подобным исходом будут согласны 56% избирателей, условие абсолютного большинства выполняется, и результаты второго тура могут быть признаны результатом выборов в целом.

Преимущества данного вида голосования, а именно более точное отражение воли большинства избирателей, особенно важно при большой раздробленности политических взглядов в обществе и большом количестве различных предпочтений среди избирателей. Факт отсеивания кандидатов в ходе процедуры выборов позволяет в итоге получить наиболее умеренный результат, обеспечивающий наиболее стабильное развитие общества.

Голосование с последовательным исключением. Иначе данную методику называют «олимпийской системой». Процедура данного голосования также довольно незатейлива. Будем считать, что в выборах участвует n кандидатов. Каждый кандидат последовательно, начиная с первого, сравнивается со следующим и победивший в парном противостоянии выходит в следующий

тур. Следовательно, всего проводится $n-1$ туров. Победитель последнего тура становится победителем всего голосования.

Применим этот метод к нашей задаче. В первом туре проводится голосование между первым и вторым кандидатами, т.е. a и b . Первый кандидат получает 20 голосов, второй — 25. Следовательно, дальнейшую борьбу продолжает кандидат b , кандидат a выбывает. Во втором туре его соперником становится кандидат c . Голоса распределяются следующим образом: b — 30, c — 15. В этом противостоянии также побеждает кандидат b . Таким образом, он одерживает победу и в выборах в целом.

Голосование по принципу Кондорсе. Данный метод был предложен французским математиком Маркизом де Кондорсе в XVIII веке. Согласно ему, при проведении выборов необходимо организовать попарные голосования между всеми кандидатами, вследствие которых победителем считается тот, кто одержал победу в каждом из них. Результаты данной процедуры записываются в таблице. В каждой ячейке с индексом ij записывается число голосов, которые были отданы за i -го кандидата в противостоянии с j -ым в ситуации, когда i -ый кандидат победил в противостоянии.

Построим эту таблицу для рассматриваемой нами задачи:

	A	b	C	Итог
A	-	20	20	40
B	25	-	30	55
C	25	15	-	40

Таким образом, из таблицы очевидно, что в выборах одерживает победу второй кандидат, так как он победил первого и третьего кандидатов в очных противостояниях.

Основной проблемой при проведении голосования при помощи данного метода является возникновение так называемого парадокса Кондорсе. Он заключается в том, что при проведении голосования в парных противостояниях среди кандидатов не оказывается единственного, который выиграл каждое из них. Иными словами, среди предпочтений избирателей образуется цикличность. Проиллюстрируем примером. Пусть предпочтения голосующих имеют следующий вид:

$$n_1 = 10: a > b > c$$

$$n_2 = 10: b > c > a$$

$$n_3 = 10: c > a > b$$

При проведении попарных голосований мы получим следующие результаты: при выборе между a и b победу одержит a , при выборе между a и c победу одержит c , при

выборе между b и c победу одержит b . Таким образом, цепь всеобщих предпочтений голосующих примет вид: $a > b, b > c, c > a$. Ни один кандидат не одержал победу во всех противостояниях, поэтому победителя по принципу Кондорсе выявить невозможно.

Голосование по правилу Борда. Эта методика аналогично предыдущей была предложена в XVIII веке во Франции членом Парижской Академии Наук Жан Шарлем де Борда. Будем считать, что в голосовании принимает участие n кандидатов. Каждый избиратель, ориентируясь на свои личные предпочтения, ранжирует кандидатов, выставляя каждому баллы от $n-1$ (для лучшего по его мнению) до 0 (для худшего соответственно). Затем проставленные баллы для каждого кандидата суммируются, и в итоге побеждает кандидат с максимальной суммой.

Проведем эту процедуру в условиях нашей задачи. Составим таблицу для подсчета баллов:

Количество людей в группе с одинаковыми предпочтениями	n1 = 20	n2 = 10	n3 = 15	Итог
A	2	0	0	20
B	1	2	1	55
C	0	1	2	40

Из таблицы очевидно, что победу в выборах одержит второй кандидат.

Кроме самих процедур голосования по правилу Борда и принципу Кондорсе существуют также и их обобщения.

Голосование при помощи подсчета очков. Данный способ является обобщением голосования по правилу Борда. Пусть в голосовании участвуют n кандидатов. Вводится последовательность чисел (или рангов) вида $r_0 \leq r_1 \leq r_{n-1}$, в которой обязательно должно выполняться условие $r_0 < r_{n-1}$. Затем каждый избиратель упорядочивает кандидатов по возрастанию в соответствии со своими предпочтениями и присваивает каждому ранг

из последовательности r_i . В выборах побеждает кандидат, набравший наибольшую сумму очков. Очевидно, что исход голосования зависит в первую очередь от выбора значений рангов в последовательности r_i . Покажем это на примере рассматриваемой задачи. Если мы примем за значения рангов числа от 0 до $n-1$, то мы получим исходное голосования по правилу Борда, т. е. случай 4), а его результат нам известен — победит кандидат b .

Теперь пусть значения рангов будут следующими: $r_0 = 0, r_1 = 1, r_2 = 4$. Рассчитаем табличные значения для данного случая:

Количество людей в группе с одинаковыми предпочтениями	n1 = 20	n2 = 10	n3 = 15	Итог
A	4	0	0	80
B	1	4	1	75
C	0	1	4	70

Таким образом, в данных условиях побеждает кандидат a .

Голосование по правилу Компленда. Данный метод — обобщение голосования по принципу Кондорсе. Введем функцию $F(a_i)$, где a_i — это i -ый кандидат. Далее будем попарно сравнивать кандидатов между собой. Рассмотрим двух кандидатов p и q . Если для большинства избирателей p предпочтительнее q , то $F(p) = +1$, если q предпочтительнее p , то $F(p) = -1$, если число предпочитающих p и q равно, то $F(p) = 0$. Побеждает кандидат, для которого значение функции F максимально.

Рассчитаем значения F для нашей задачи. Получим следующие значения:

$$F(a) = -2$$

$$F(b) = 2$$

$$F(c) = 0$$

При голосовании данным методом победит кандидат b . Подметим тот факт, что данный метод является обобщением правила Кондорсе, и результаты у обеих процедур совпадают.

Таким образом, были рассмотрены самые популярные на сегодняшний день процедуры голосования. Все они имеют ряд преимуществ и ряд недостатков, однако нельзя недооценивать важность каждой из них. Ведь именно характерные особенности одной из них могут сыграть ключевую роль при каждой уникальной ситуации голосования.

Литература:

1. Handbook of Social Choice and Welfare, Volume 1 / Edited by K. J. Arrow, A. K. Sen, K. Suzumura. Elsevier Science, 2002. P. 176–226.
2. В. И. Вольский. «Процедуры голосования в малых группах с древнейших времени до начала XX века». М.: Изд. дом. Высшей школы экономики, 2014. 76 с.

Динамическая адаптация эвристического алгоритма для задачи транспортной маршрутизации при использовании кросс-докинга

Егорова Анастасия Аркадьевна, студент;
 Касимова Яна Александровна, студент;
 Арасланова Валерия Альбертовна, студент
 Санкт-Петербургский государственный университет

В данной работе подробно рассмотрен один из видов задачи транспортной маршрутизации — при использовании кросс-докинга. В ходе работы рассматриваются различные эвристические алгоритмы, примененные

к данному типу задач. Более подробно был изучен и реализован на языке программирования C++ алгоритм итерационного локального поиска и была произведена его динамическая адаптация.

История задачи транспортной маршрутизации начинается со статьи [1], где авторы в 1959 году поставили математическую формулировку и решили задачу о поставке бензина на заправочные станции. На сегодняшний день эта задача является одной из самых известных в области комбинаторной оптимизации.

Общий вид задачи выглядит таким образом: m транспортных средств, первоначально находящихся в депо, должны доставить товар n покупателям. Цель задачи — уменьшить затраты на перевозку товара. Решением классической задачи транспортной маршрутизации является множество маршрутов, которые начинаются и заканчиваются в депо, и удовлетворяют тому условию, что каждый клиент посещается только один раз. Затраты на перевозку могут быть уменьшены за счет оптимизации пройденной дистанции или использования меньшего количества транспорта.

В данной работе исследуется задача, в которой выполняется условие, что склад, через который проходит товар, является кросс-доком. Кросс-докинг — относительно новая стратегия складирования в логистике. Под ним понимают консолидацию товара, поступающего на склад, для упорядочения его для последующих транспортировок. То есть товар, доставленный от поставщиков, перегруппировывают и отправляют прямо к уходящему транспорту без задержки на складе. Загрузка на складе занимает, как правило, менее 24 часов, иногда менее часа. Таким образом, кросс-докинг не только предостав-

ляет покупателям качественное обслуживание, но и дает существенные преимущества по сравнению с традиционным складированием: снижение затрат на хранение, дополнительное пространство на складе, управление стоимостью и циклами обработки заказов. Благодаря этим преимуществам, кросс-докинг широко распространен на практике.

Задача VRPCD формулируется следующим образом. Товар доставляют от поставщиков несколькими одинаковыми транспортными средствами на кросс-док, там товар консолидируют и немедленно отправляют их ритейлерам теми же транспортными средствами. Примеры маршрута и консолидации товара на кросс-доке представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

Одним из важных пунктов является одновременное прибытие транспорта на склад. Если же они придут не одновременно, некоторым транспортным средствам придется ждать разгрузки и загрузки. Следовательно, время поставок для всего транспорта должно быть синхронизировано, и товар должен быть правильно консолидирован. При правильной организации цепи поставок, товар должен доставляться от поставщика ритейлеру непрерывно, без задержек.

Математическая постановка

Задача транспортной маршрутизации при использовании кросс-докинга может быть определена как ориен-

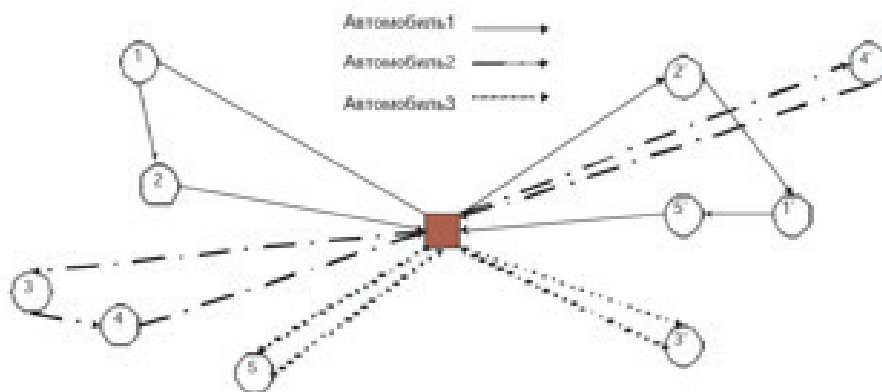


Рис. 1. Пример маршрута

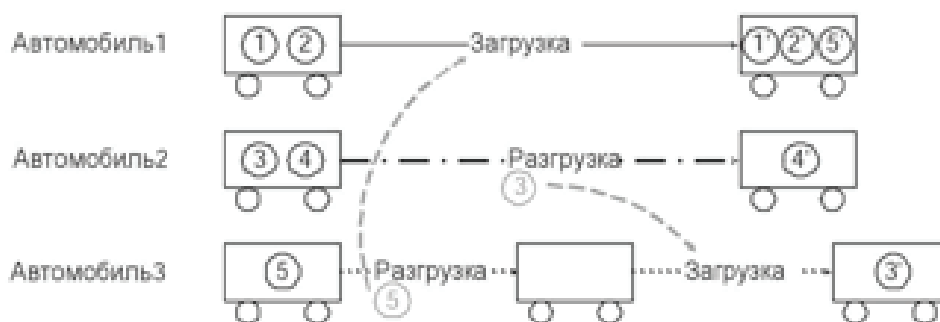


Рис. 2. Пример консолидации товара на кросс-доке

тированный граф $G = (N, E)$ с множеством узлов $N = P \cup D \cup \{0\}$, где $P = \{1, \dots, n\}$ — множество поставщиков, $D = \{1', \dots, n'\}$, 0 — кросс-док. Пусть $E = \{(i, j): i, j \in P\} \cup \{(i, j'): i, j' \in D\} \cup \{(0, i): i \in P\} \cup \{(0, i'): i' \in D\}$ — дуги сети. $R = \{r_1, \dots, r_n\}$ — множество запросов, при этом каждый запрос $g \in R$ определен набором $\{i_g, i'_g, o_g\}$, где $i_g \in P, i'_g \in D, o_g \in N$ — соответствующие спросы. Также пусть V будет множеством одинаковых транспортных средств с ограниченной вместимостью Q для груза. Каждая дуга $(i, j) \in E$ связана со временем транспортировки t_{ij} и стоимостью транспортировки c_{ij} . Каждый узел $i \in N$ связан с временными окнами $[a_i, b_i]$, где a_i и b_i представляют собой минимальное и максимальное время прибытия транспорта в этот узел. Задачей транспортной маршрутизации является нахождение множества S маршрутов для транспортных средств $V^S \in V$ с целью минимизации затрат на перевозку с учетом спроса в узлах, временных окон и вместимости транспорта. Маршрут транспортного средства делится на два этапа. Маршрут Pickup начинается на кросс-доке, проходит через поставщиков и заканчивается на кросс-доке. Маршрут Delivery также начинается на кросс-доке, проходит через покупателей и возвращается на кросс-док. Каждый поставщик и покупатель $i \in \{P \cup D\}$ посещается только один раз.

Транспортные средства могут оставлять и забирать товар с кросс-дока. Однако этот процесс занимает некоторое время. Если транспорт не меняет товар на кросс-доке, время, проведенное там, равно нулю. В случае если транспорту необходимо разгрузить или загрузить товар, время на кросс-доке считается следующим образом. Пусть A будет постоянным временем для подготовки транспортного средства, а B — время для разгрузки или загрузки одной единицы товара. Тогда время t_v^u для разгрузки товара, привезенного от поставщиков P_v : $t_v^u = A + B \sum_{i \in P} o_i$. Время для загрузки товара для покупателей D_v : $t_v^l = A + B \sum_{i \in D} o_i$.

Транспортное средство может начать движение от кросс-дока до покупателей только после разгрузки товара, привезенного от поставщиков P_v и после того, как весь товар для покупателей D_v будет загружен. Таким образом, время t_v^l , когда транспортное средство готово к погрузке товара на кросс-доке: $t_v^l = \max(t_v^a + t_v^u, t_v^{lu})$ где t_v^a — время, когда транспорт v прибывает на кросс-док, а t_v^{lu} — время, когда все транспортные средства, доставляющие

товар для дальнейшей транспортировки его транспортом v , заканчивают разгрузку. Тогда время t_v^d , в которое v покидает кросс-док: $t_v^d = t_v^l + t_v^u$, и соответственно время, проведенное на кросс-доке равно $t_v^d - t_v^a$.

Пусть $L = L^p \cup L^d$, где L^p — множество маршрутов Pickup, L^d — множество маршрутов Delivery. С каждым маршрутом l связана стоимость транспортировки c_q , в нашем случае равная времени транспортировки t_q . Рассмотрим бинарные константы $\lambda_{iq} \in \{0, 1\}$ и $\delta_{i'q} \in \{0, 1\}$, которые определяют соответственно посещается ли поставщик $i \in P$ с запросом $g \in R$ в маршруте Pickup $l_q \in L^p$ и покупатель $i' \in D$ с запросом $g \in R$ в маршруте доставки $l_q \in L^d$. Также рассмотрим две бинарные переменные $x_q \in \{0, 1\}$ и $y_q \in \{0, 1\}$, чтобы определить, выбраны ли в качестве пути маршруты l_q и l'_q . Таким образом, чтобы составить решение задачи, необходимо найти маршруты в L^p и L^d , которые минимизируют функционал

$$\sum_{q \in L} c_q x_q + \sum_{q' \in L} c_{q'} y_{q'} \rightarrow \min$$

с учетом ограничений:

$$\sum_{q \in L} \lambda_{iq} x_q = 1 \tag{1}$$

$$\sum_{q' \in L} \delta_{i'q'} y_{q'} = 1 \tag{2}$$

$$y_q, x_q \in \{0, 1\} \tag{3}$$

Ограничение (1) утверждает, что один маршрут Pickup проходит через поставщика $i \in P$, а ограничение (2), что один маршрут Delivery проходит через покупателя $i' \in D$. Маршруты Pickup и Delivery рассматриваются отдельно друг от друга.

Эвристические алгоритмы решения задачи

Ранее рассматривалось несколько алгоритмов для решения задачи: в статье [2] Tabu Search, в статье [3] Adaptive Multi-Restart algorithm, а в статье [4] Branch-and-Price algorithm. В данной работе был использован и реализован на языке C++ алгоритм Iterated Local Search, подробное описание которого можно найти в статье [5].

В таблице 1 представлены результаты работы данного алгоритма для различного количества узлов.

Таблица 1. Результаты реализации алгоритма Iterated local search

η	100	150	200	250	300
$f(x)$	9514	10973	17963	19750	27350

Динамическая адаптация

Эвристические алгоритмы дают приемлемое решение задачи в большинстве случаев, но не гарантируют его оптимальность. Это означает, что нарушается

принцип оптимальности Беллмана, который утверждает, что «оптимальное решение обладает таким свойством, что независимо от начальных данных и начальной точки, оставшееся решение будет оптимальным, с учетом реализации первой точки» [6]. То есть оптимальное решение

сохраняет оптимальность на любых подзадачах. Под временной состоятельностью понимают именно это свойство. С другой стороны, подзадачи имеют меньшую размерность, то есть меньшее пространство поиска, что повышает вероятность нахождения оптимального результата за меньшее время. Таким образом, можно найти лучшее решение, оставаясь в рамках эвристического алгоритма.

Так как решение задач маршрутизации можно представить в виде последовательности точек, которые посещает транспортное средство, то к ним применима оценка временной состоятельности.

Введем следующие обозначения: пусть P — множество тестовых примеров для задачи, $p \in P$ — соответственно один пример из этого множества, $s(p)$ — множество решений, полученное при помощи эвристического алгоритма для задачи. Каждое такое решение представляет собой порядок обхода узлов для каждого транспортного средства в течение T периодов, эта величина постоянна. Исходное решение $s(p)$ разделим на части, соответствующие каждому из периодов $t = 0, 1, \dots, T-1$. Количество узлов, пройденных в течение первых t периодов, вычисляется по формуле $n(t, s(p)) = \frac{nt}{T}$, где n — количество узлов в тестовой задаче. $s^+(t, p)$ — часть маршрута $s(p)$, соответствующая порядку обхода узлов после периода t , а $s^-(t, p)$ — до периода t соответственно. Тогда каждое решение можно представить в виде объединения двух частей $s(p) = s^+(t, p) \cup s^-(t, p)$.

Рассмотрим текущую задачу $p(s^-(t, p))$, которая отличается от начальной тестовой тем, что сокращено количество узлов, которые уже входят в часть маршрута $s^-(t, p)$. Через $s(p(s^-(t, p)))$ обозначим решение текущей задачи, найденное при помощи эвристического алгоритма.

Введем определение: решение $s(p)$ называется состоятельным по времени, если для каждого $t = 0, 1, \dots, T-1$ верно следующее неравенство

$$f(s^+(t, p)) \leq f(s(p(s^-(t, p)))) \tag{4}$$

где f — целевая функция рассматриваемой задачи.

Для каждого решения $s(p)$ проведем M вычислительных экспериментов, которые состоят в проверке решения на состоятельность по времени. Через $b(s(p), t)$ обозначим число экспериментов, для которых нарушается это свойство после периода t .

Введем определение: экспериментальным уровнем временной состоятельности алгоритма называется величина, определяемая по следующей формуле

$$\text{con} = 1 - \frac{1}{M|P|} \sum_{p \in P} \frac{1}{|S(p)|} \sum_{s(p) \in N} \sum_t^{T-1} b(s(p), t) \tag{5}$$

где $S(p)$ — множество решений, сгенерированных эвристическим алгоритмом для задачи p .

Заметим, что $0 \leq \text{con} \leq 1$. Чем ближе значение оценки временной состоятельности к 0, тем чаще решение, полученное эвристическим алгоритмом, теряет свойство оптимальности в ходе своей реализации.

Описание работы динамической адаптации

Метод динамической адаптации алгоритмов для задачи маршрутизации и управления запасами подробно был рассмотрен в статье [7]. Используя его идею, адаптируем его для рассматриваемой в этой работе задачи.

Динамическую адаптацию можно описать следующим образом: на начальном этапе для каждого узла при помощи алгоритма Iterated Local Search генерируется N решений. Из них выбирается то, которое обладает наименьшим значением целевой функции. Каждый маршрут делится на T периодов, после каждого периода задачи рассматривается новый этап, но уже с меньшим количеством узлов для каждого транспорта. На каждом этапе снова запускается эвристический алгоритм. Если на новом этапе удастся найти лучшее решение, то маршрут меняется. Улучшения эвристического алгоритма таким способом возможны из-за уменьшения количества рассматриваемых узлов на каждом этапе.

Применение динамической адаптации

В среднем, маршрут для каждого транспортного средства, сгенерированный при помощи алгоритма Iterated Local Search, состоит из 3–5 узлов. Следовательно для проведения эксперимента возьмем параметр $T = 3$. В качестве всего множества задач P рассмотрим одну задачу с различным количеством узлов, т.е. $|P| = 5$. Для каждой тестовой задачи сгенерируем по 10 решений, количество тестов M для одного решения $s(p)$ равно 5.

По результатам экспериментов был найден средний экспериментальный уровень временной состоятельности для алгоритма Iterated Local Search: $\text{conILS} = 0.385$, что означает, что чуть больше трети решений, сгенерированных на начальном этапе, сохраняют свойство оптимальности в процессе своей реализации, т.е. существуют другие маршруты, которые можно получить при помощи динамической адаптации, значение целевой функции которых будет меньше по сравнению с начальным решением. В таблице 2 представлены результаты динамической адаптации алгоритма Iterated Local Search для задач с различным количеством узлов при $T = 3$.

Таблица 2. Результаты реализации динамической адаптации алгоритма

Н	100	150	200	250	300
f(x)	9514	10908	17640	19118	26146

При анализе данных из таблиц 1 и 2 можно заметить, что в большей части случаев динамический алгоритм показал лучшие значения. В примерах малой размерности полученное эвристическим алгоритмом решение уже является оптимальным или близким к оптимальному, поэтому получить улучшение не удалось. Улучшение решения при помощи динамической адаптации по сравнению с эвристическим алгоритмом находится в пределах 0–4,4%.

Заключение

В данной работе был исследован один из видов задачи транспортной маршрутизации — при использовании

кросс-докинга. Среди нескольких, примененных ранее к этому типу задач, алгоритмов был выбран алгоритм Iterated Local Search, который был реализован на языке C++ и рассмотрен на тестовых данных. Была произведена оценка уровня временной состоятельности алгоритма, среднее значение данной величины равно 0,385, что означает, что эвристика не дает оптимального решения. Также был разработан метод динамической адаптации алгоритма. Улучшение значения решения в экспериментах для задачи с различным количеством узлов принимает до 4.4%. Результаты показали, что использование на практике алгоритма динамической адаптации позволяет генерировать маршруты меньшей длины, и, соответственно, меньшие по времени.

Литература:

1. Dantzig, G. B., Ramser J. H., The Truck Dispatching Problem, 1959.
2. Wen, M., Larsen J., Clausen J., Cordeau J. — F., Laporte G., Vehicle routing with cross-docking // Journal of The Operational Research Society, 2009.
3. Tarantilis, C. D. Adaptive multi-restart Tabu Search algorithm for the vehicle routing problem with cross-docking, 2012.
4. Santos, F. A., Mateus G. R., Salles da Cunha A. A Branch-and-price algorithm for a Vehicle Routing Problem with Cross-Docking // Electronic Notes in Discrete Mathematics, 2011.
5. Morais, V., Mateus G., Noronha T. Iterated local search heuristics for the Vehicle Routing Problem with Cross-Docking // Expert Systems with Applications, 2014.
6. Беллман, Р. Динамическое программирование. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 400 с.
7. Shirokikh, V. A., Zakharov V. V. Dynamic Adaptive Large Neighborhood Search for Inventory Routing Problem. // Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 359, 2015.

Замечательный квадрат и проблемы математики

Ибрагимов Абдуфаттах Абдурашидович, кандидат технических наук, доцент
Ташкентский институт ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Введены понятия замечательный квадрат и средняя арифметическая площадь треугольника. С помощью их исследованы такие проблемы математики, как проблема бесконечно малых и бесконечно больших величин, проблема параллельных прямых, проблема континуума Кантора.

1. Замечательный квадрат. Рассмотрим *единичный квадрат* $K \equiv A_1ABB_1$, сторона которого является единичным отрезком; $|AA_1| = 1$ (рис. 1). Проводим прямую CC' , содержащую в себе отрезок A_1B_1 . Определим на луче A_1C' точки $C_2, C_3, \dots, C_n, \dots$ так, чтобы $|A_1B_1| = |B_1C_2| = |C_2C_3| = \dots = |C_{n-1}C_n| = \dots$. Проводим наклонные отрезки $AB_1, AC_2, AC_3, \dots, AC_n, \dots$, пересекающие отрезок B_1B в пунктах $B_2, B_3, \dots, B_n, \dots$ соответственно. Из этих пунктов проводим горизонтальные отрезки $A_2B_2, A_3B_3, \dots, A_nB_n, \dots$, соединяющие две стороны A_1A и B_1B и параллельные в смысле Евклида стороне A_1B_1 квадрата K . Единичный квадрат K вместе с горизонтальными $A_2B_2, A_3B_3, \dots, A_nB_n, \dots$ и наклонными отрезками $AB_1, AB_2, \dots, AB_n, \dots$ называется *замечательным квадратом*.

Теорема 1. В замечательном квадрате $K = A_1ABB_1$: 1) горизонтальные отрезки $A_2B_2, A_3B_3, \dots, A_nB_n, \dots$ расположены так, что $|B_1B_n| = 1 - 1/n$; 2) наклонные отрезки $AB_1, AB_2, \dots, AB_{n-1}$ разделяют горизонтальный отрезок A_nB_n на n равных частей длины $1/n$.

Доказательство. Наклонные отрезки $AB_1, AB_2, \dots, AB_{n-1}$ пересекают горизонтальный отрезок A_nB_n в точках $A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{n,n-1}$ и разделяют его на n частей. Из подобия треугольников AA_nB_n и AA_1C_n следует: $|AA_n| = 1/n, |B_1B_n| = 1 - 1/n$. Из пропорций

$$\frac{|A_nA_{n1}|}{|A_1B_1|} = \frac{|A_{n1}A_{n2}|}{|B_1C_2|} = \frac{|A_{n2}A_{n3}|}{|C_2C_3|} = \dots = \frac{|A_{n,n-1}B_n|}{|C_{n-1}C_n|}$$

следует утверждение теоремы.

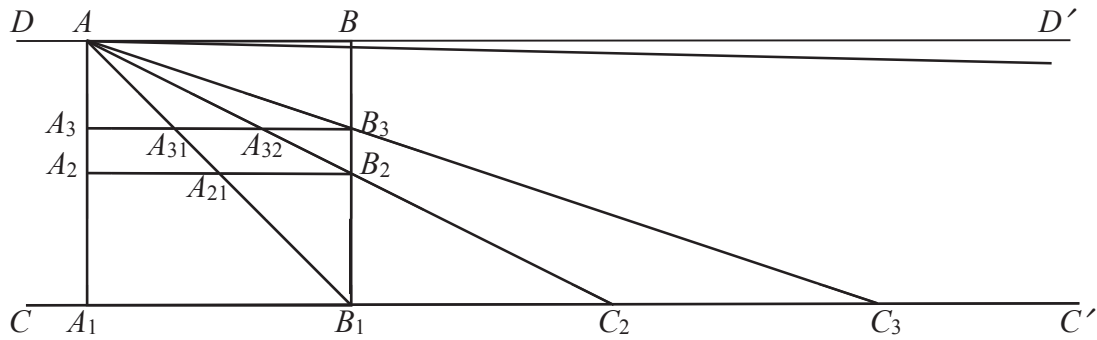


Рис. 1

2. Средняя арифметическая площадь треугольника. Обозначим через $L(\eta)$ прямую, проходящую через точку P под углом $\alpha = \frac{\pi}{2} \eta$ ($0 \leq \eta \leq 1$) к перпендикуляру PQ , опущенному на прямую AA' (рис. 2). Заметим, что $L(1)$ представляет собой параллельную к AA' прямую BB' , а $L(0)$ — перпендикулярную к AA' прямую PQ . Откладываем на луче QA' отрезки $QQ_1, Q_1Q_2, \dots, Q_{n-1}Q_n, \dots$, равные PQ . В пунктах $Q_1, Q_2, \dots, Q_n, \dots$ луча QA' восстановим перпендикуляры $Q_1P_1, Q_2P_2, \dots, Q_nP_n, \dots$. В результате полоса $B'PQA'$ разбивается на квадраты. Прямая $L(\eta)$ пересечет Q_1P_1 в пункте L_1, Q_2P_2 в пункте L_2 и т. д. (рис. 2).

Примем длину отрезка PQ равной единице. Пусть s_1 — площадь трапеции PL_1Q_1Q , s_2 — площадь трапеции $L_1L_2Q_2Q_1$ и т. д. Если прямая $L(\eta)$ не пересечет Q_nP_n , то положим $s_{n+1} = s_{n+2} = \dots = 0$. Площадь треугольника $T(\eta)$, ограниченная прямыми $PQ, QA', L(\eta)$ определяется суммой $S[L(\eta)] = \sum_{n=1}^{\infty} s_n$. Рассмотрим n -ю частичную сумму данного ряда S_n

$[L(\eta)] = s_1 + s_2 + \dots + s_n$. Величина $g[L(\eta)] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S_n[L(\eta)]}{n}$ называется *средней арифметической площадью треугольника $T(\eta)$ в единичном квадрате PP_1Q_1Q* . Заметим, что фигура $T(1)$ представляет собой полосу $B'PQA'$, для которой $g[L(1)] = 1$. Ясно, что когда площадь треугольника $T(\eta)$ конечна, то $g[L(\eta)] = 0$. Представляет интерес случай, когда $\eta \rightarrow 1$, т. е. когда угол ϵ между прямыми линиями $L(\eta)$ и PB' является бесконечно малой величиной в смысле Коши.

Рассмотрим числовую последовательность $\{\chi_n, n \geq 1\}$, удовлетворяющую условие $\text{tg} \frac{\pi}{2} \chi_n = n$. Отсюда имеем $\chi_n = \frac{2}{\pi} \arctg n, n \in \mathbf{N}$.

1°. Пусть прямая $L(\eta_n)$ пересекает луч QA' в точке Q_n . Тогда $\eta_n = \chi_n$ и площадь треугольника PQ_nQ_n равна $S_n[L(\eta_n)] = n/2$. Отсюда имеем $g[L(1 - o)] = 1/2$.

2°. Пусть прямая $L(\eta_n)$ пересекает луч QA' в точке Q'_n (рис. 3), лежащей за точкой Q_n . Тогда $\eta_n > \chi_n$. Положим: $|QQ'_n| = cn, c > 1$ ($c = \text{const}$). Прямая $L(\eta_n)$ пересекает перпендикуляр P_nQ_n в точке H . Отрезок Q_nH имеет длину x . Треугольники $PQ_nQ'_n$ и $HQ_nQ'_n$ подобны, поэтому имеют место равенства $1/cn = x/(cn - n), x = 1 - 1/c$. Отсюда находим площадь трапеции QQ_nHP $S_n[L(\eta_n)] = (1 - 1/2c)n$. Следовательно, $g[L(1 - o)] = 1 - 1/2c$.

3°. Пусть в пункте 2° точка Q'_n лежит перед точкой Q_n . Тогда $\eta_n < \chi_n$. Положим $|QQ'_n| = n/c, c > 1$. Площадь треугольника $PQ_nQ'_n$ $S_n[L(\eta_n)] = n/2c$. Отсюда имеем $g[L(1 - o)] = 1/2c$. Заметим, что если в пп. 2° и 3° положить $c = 1$, то получится результат п. 1°.

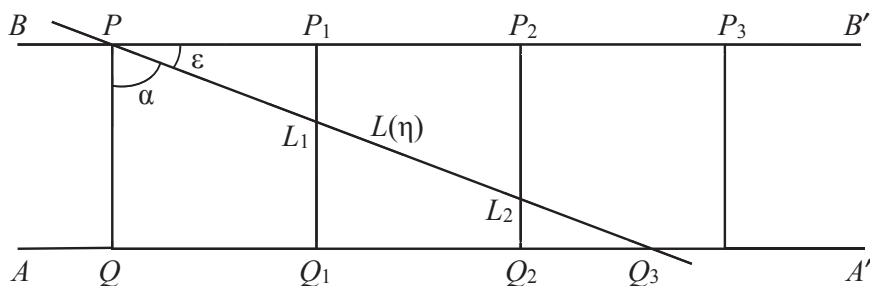


Рис. 2

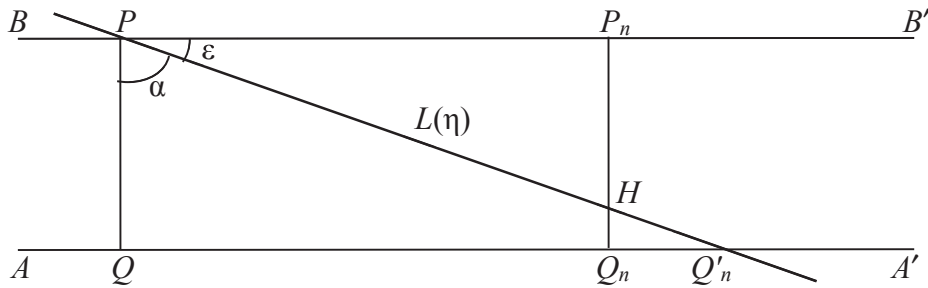


Рис. 3

4°. Пусть в п. 2° $|QQ'_n| = 2^n$. Тогда справедливы соотношения:

$$S_n[L(\eta_n)] = \left(1 - \frac{n}{2^n}\right)n, \quad g[L(1-0)] = 1.$$

5°. Пусть в п. 3° $|QQ'_n| = \sqrt{n}$. Тогда справедливы соотношения:

$$S_n[L(\eta_n)] = \frac{\sqrt{n}}{2}, \quad g[L(1-0)] = 0.$$

Длину отрезка QQ'_n можно выразить через угол $QPQ'_n = \frac{\pi}{2}\eta_n$ (рис. 3) в виде равенства $|QQ'_n| = \operatorname{tg} \frac{\pi}{2}\eta_n$, которое может быть использовано для нахождения средней арифметической площади различных треугольников $T(\eta)$.

6°. Пусть $\eta_n = 1 - \lambda/n$, где λ — положительное число. Предположим, что $\eta_n < \chi_n$. Тогда

$$g[L(1-0)] = \lim_{n \rightarrow \infty} g \left[L \left(1 - \frac{\lambda}{n} \right) \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n} \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\lambda}{n} \right) = \frac{1}{\pi\lambda}.$$

Поскольку точка Q'_n лежит перед точкой Q_n , то $1/\pi\lambda < 1/2$ или $\lambda > 2/\pi$.

7°. Пусть в п. 6° $\eta_n > \chi_n$. Длина отрезка P_nH равна $y = n \operatorname{tg} \frac{\pi\lambda}{2n}$ (рис. 3). Так как $x = 1 - y$ (см. п. 2°), площадь трапеции QQ_nHP равна $S_n[L(\eta_n)] = (1 - y/2)n$. Отсюда имеем

$$g[L(1-0)] = \lim_{n \rightarrow \infty} g \left[L \left(1 - \frac{\lambda}{n} \right) \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{n}{2} \operatorname{tg} \frac{\pi\lambda}{2n} \right) = 1 - \frac{\pi\lambda}{4}.$$

Поскольку Q'_n лежит за точкой Q_n , то $1/2 < 1 - \pi\lambda/4 < 1$ или $0 < \lambda < 2/\pi$.

Заметим, что если в пп. 6° и 7° положить $\lambda = 2/\pi$, то получится $g[L(1-0)] = 1/2$. Такой же результат получится, если в п. 1° точки Q_n и Q'_n совпадают.

8°. Пусть $\eta_n = 1 - 1/\sqrt{n}$. Тогда $\eta_n < \chi_n$ и также как в п. 6° получим

$$g[L(1-0)] = \lim_{n \rightarrow \infty} g \left[L \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n} \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) = 0.$$

9°. Пусть $\eta_n = 1 - 1/2^n$. Тогда $\eta_n > \chi_n$ и также как в п. 7° получим

$$g[L(1-0)] = \lim_{n \rightarrow \infty} g \left[L \left(1 - \frac{1}{2^n} \right) \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{n}{2} \operatorname{tg} \frac{\pi}{2^{n+1}} \right) = 1.$$

3. Предел бесконечного деления. Полученные результаты могут быть рассмотрены как геометрическая интерпретация следующих пределов

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\lambda}{n} \right)^n = e^{-\lambda}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{2^n} \right)^n = 1, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right)^n = 0.$$

Далее, с помощью замечательного квадрата будем изучать числовую последовательность $\{1/n, n \geq 1\}$, пределом которой является число нуль — ничто. В силу этого, соответствующая последовательность отрезков $\{A_nB_n, n \geq 1\}$ стремится к отрезку AB (рис. 1), которая представляет собой континуум (не имеет частей — ни один из отрезков $AB_n, n \in \mathbf{N} = \{1, 2, \dots, n, \dots\}$ не пересечет AB), ибо каждая часть деления A_nA_{n+1} в процессе деления укорачивается, стремится исчезнуть.

Отрезок A_nB_n с точками разделения $A_nA_{n+1}, A_nA_{n+2}, A_nA_{n+3}, \dots, A_nA_{n+n-1}$ замечательного квадрата представим на отдельном рисунке 4.

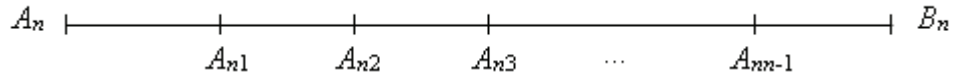


Рис. 4

Если взят $BB_n = A_nA_{n1}$ в качестве эталона длины (единичного отрезка), то A_nB_n имеет длину n , что можно выразить в виде отношения

$$\frac{|A_nB_n|}{|A_nA_{n1}|} = n. \tag{1}$$

Поскольку $|A_nB_n| = 1, |A_nA_{n1}| = 1/n$, то равенство (1) может быть представлено в виде

$$\frac{1}{1/n} = n. \tag{2}$$

Когда $1/n$ стремится к нулю, n , как длина отрезка при эталоне длины A_nA_{n1} , стремится к мощности континуума, ибо A_nB_n стремится к AB . По Кантору континуум как множество точек отрезка имеет мощность континуума c . Следовательно, имеет место утверждение: когда $1/n \rightarrow 0$, то $n \rightarrow c$, а не к бесконечности, выражаемой символом ∞ . Здесь бесконечность понимается как бесконечное множество единиц: $\infty = \{1, 1, 1, \dots\}$. Мощность (число элементов) бесконечного множества единиц обозначают буквой омега ω , хотя и ∞ , и ω имеют одно и то же смысл.

Исходя из сказанных и равенства (2) мощность континуума символически может быть представлена в виде равенства

$$c = \frac{1}{0}. \tag{3}$$

4. Проблема бесконечно малых и бесконечно больших величин. Континуум как отрезок реален, а по поводу реальности бесконечного множества нет однозначного ответа, имеется всего лишь аксиома бесконечности: бесконечное множество существует (Бурбаки) [1, с. 21].

Следующая цепочка рассуждений приводит к выводу, затрагивающему основание математики:

Вселенная бесконечна \rightarrow существует луч CC' (рис. 1) \rightarrow множество натуральных чисел \mathbf{N} существует актуально \rightarrow множество отрезков $\{AB_1, AC_2, AC_3, \dots, AC_n, \dots\}$ (рис. 1) существует актуально \rightarrow в замечательном квадрате имеется отрезок $A_\omega B_\omega$, состоящий из бесконечного числа равных частей $A_\omega A_{\omega1}, A_{\omega1} A_{\omega2}, A_{\omega2} A_{\omega3}, \dots, A_{\omega, m-1} A_{\omega m}, \dots$, длина которых равна $\frac{1}{\infty}$.

Каждая из частей $A_{\omega, m-1} A_{\omega m}$ ($m \geq 1$) имеет протяженность, но она по сравнению с отрезком $A_\omega B_\omega$, в котором таких частей бесконечное множество, равна нулю $\frac{1}{\infty} = 0$, ибо $\infty \pm 1 = \infty$ (луч, имеющий бесконечную длину, не станет длиннее, если к началу его прибавляется единичный отрезок, – не станет короче, если от начала отнимается единичный отрезок). Между тем, $A_{\omega, m-1} A_{\omega m}$ не точка, а отрезок, поэтому ее длина не *истинный (абсолютный)*, а *вырожденный (относительный) нуль*. Вырожденного нуля обозначим буквой o . Отсюда имеет место равенство $\frac{1}{\infty} = o$. Следовательно, $\frac{1}{0} = \blacklozenge$. Ввиду (3) данное отношение может быть названо *вырожденным континуумом*.

Здесь уместно взглянуть в историю бесконечно малых величин.

Когда в первой половине XVII в. Кеплер и Кавальери ввели в научное употребление понятие бесконечно малой величины, то она представлялась им как актуальная бесконечно малая величина, постоянная и неизменная, образующаяся в итоге завершения процесса бесконечного деления конечной величины. На эту точку зрения встали и другие математики того времени [2, с. 94]. Много сделал для того, чтобы утвердить концепцию бесконечной делимости, Л. Эйлер. Он опирался при этом, по-видимому, не столько на математику, сколько на физику и даже биологию, отмечая, что протяженность всегда имеет величину, а всякая величина делима. Чем больше частей, тем они ближе будут к нулю, «но сущими нулями не будут», пишет он «...Два нуля могут иметь друг другу любое геометрическое отношение», пишет Эйлер, и поэтому нельзя смешивать различные нули, которыми являются различные бесконечно малые величины. Все же диалектическая идея Эйлера о содержательности нуля не нашла последователей среди крупных математиков не столько из-за несообразностей в рассуждениях, сколько из-за всеобщего распространения метафизического мышления [3, с. 71].

Поскольку вырожденный нуль равен абсолютному нулю, то вырожденный континуум равен континууму, т. е.

$$\infty = c.$$

Это равенство может быть истолковано как, как «бесконечность есть континуум». Именно такую трактовку в свое время выдвигал Лейбниц.

Г. В. Лейбниц, размышляя о непрерывности отметил: «Все непрерывное бесконечно» [3, с. 51]. Он в соответствии с принципом непрерывности своей философии понимает «истинное бесконечное» как не имеющее частей, нерасчлененное абсолютное. «Истинная бесконечность, — пишет он, — в точном смысле слова заключается лишь в *абсолютном*, которое предшествует всякому соединению и не образовано путем прибавления частей» [3, с. 44–45].

Итак, бесконечно малые величины — это вырожденные нули, а бесконечно большие величины – это вырожденные континуумы. Бесконечность есть континуум.

5. Проблема параллельных прямых. Как было выяснено в п. 4, из посылки «множество натуральных чисел \mathbf{N} существует актуально» следует вывод «в замечательном квадрате имеется отрезок $A_\omega B_\omega$, состоящий из бесконечного

числа равных частей, длина которых равна $\frac{1}{\omega}$. Если через точек A и B_ω провести прямую, то она имеет такое положение $L(\eta_*)$ в полосе $DD'C'C$ (рис. 1), что средняя арифметический площадь треугольника $T(\eta_*)$ равна $\frac{1}{2}$. Действительно, числовая последовательность $\{1/n, n \geq 1\}$ стремясь к нулю достигнет вырожденного нуля $1/\omega = 0$. Соответствующая числовая последовательность прямых $\{L(\eta_n), n \geq 1\}$, где $\eta_n = \frac{2}{\pi} \arctg n$ (см. п. 1) достигнет такого положения $L(\eta_\omega)$ при котором $g[L(\eta_\omega)] = \frac{1}{2}$. Если рассмотреть числовую последовательность $\{\alpha_n, n \geq 1\}$, где $\alpha_n = \frac{\pi}{2} \eta_n$ (см. п. 2), то когда $1/n \rightarrow 0$ величина $\eta_n \rightarrow \eta_\omega = 1 - o'$, а угол $\alpha_n \rightarrow \alpha_\omega = \frac{\pi}{2} - o''$ (вырожденному прямому углу), где $o'' = \frac{\pi}{2} o'$ – вырожденный нуль.

Прямая $L(\eta_\omega)$, частью которой является луч AC' , представляет собой параллельную в смысле Лобачевского прямой CC' по направлению A_1C' для точки A . Следует заметить, что отрезок AB_ω является частью луча AC' . В геометрии Лобачевского прямая DD' (рис. 1) называется сверхпараллельной линией к прямой CC' . Эти рассуждения позволяют сформулировать теорему.

Теорема 2. Аксиома Лобачевского о параллельных прямых верна.

Идея Эйлера о различных нулях свое время была игнорирована, и это привело к тому, что угол ε между прямыми $L(\eta_\omega)$ и DD' т. е. угол BAB_ω был принят Лобачевским больше нуля, а в самом деле он представляет собой вырожденный нуль $\varepsilon = \frac{\pi}{2} - \alpha_\omega = o''$.

6. Проблема континуума Кантора. Заметим, что $tg(\angle A_1AC') = tg(\angle A_1AB_\omega) = \omega$ (луч A_1C' имеет длину ω) и $tg(\angle A_1AD') = tg(\angle A_1AB) = c$ (отрезок AB не имеет частей).

Континуум-гипотеза Кантора может быть сформулирована так: между лучами AC' и AD' никаких лучей, исходящих из точки A не существуют. Возможно и такая трактовка континуум-гипотезы: между отрезками AB и $A'B_\omega$ никаких отрезков не существуют. Но отрезок BB_ω в замечательном квадрате может быть разделен на две части. Это значит, что между отрезками AB и AB_ω может находиться еще один отрезок $A_\mu B_\mu$. Из этих рассуждений вытекает следующая

Теорема 3. Между мощностью ω и мощностью континуума c имеется промежуточная мощность μ .

Следствие 1. Континуум- гипотеза Кантора неверна.

7. Множество натуральных чисел. Для полноты изложенных результатов, представим теорему, касающуюся множества натуральных чисел.

В основе математики лежит следующее

Высказывание 1. Каждый элемент множества натуральных чисел \mathbf{N} конечное число, а само \mathbf{N} — бесконечное множество.

Насколько верно такое утверждение покажет следующая

Теорема 4. Если бесконечное множество единиц $\infty = \{1, 1, 1, \dots\}$ существует, то оно является элементом множества натуральных чисел, т. е. $\infty \in \mathbf{N}$.

Доказательство. Рассмотрим бесконечную прямоугольную матрицу

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & n & \dots \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n & \dots \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}.$$

Каждая строка P_n , диагональ D , совокупность номеров строк S матрицы P представляет собой множество натуральных чисел \mathbf{N} . Удалим из P все наддиагональные элементы. В результате получим бесконечную треугольную матрицу

$$T = \begin{pmatrix} 1 & & & & & \\ 1 & 2 & & & & \\ 1 & 2 & 3 & & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}.$$

T_n — n -я строка матрицы T представляет собой отрезок $\mathbf{N}_n = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ множества натуральных чисел \mathbf{N} . В этой связи матрица T может быть представлена в виде $T = \{\mathbf{N}_1, \mathbf{N}_2, \mathbf{N}_3, \dots\}$. Согласно высказыванию 1 каждый отрезок \mathbf{N}_n из T имеет конечную длину или, то же самое, каждая строка T_n матрицы T содержит конечное число элементов. Это значит, что у матрицы T нет строки с бесконечным числом элементов, т. е. $\mathbf{N} \notin T$.

Между тем, когда удаляются наддиагональные элементы матрицы P , число столбцов «не уменьшается», оно остается быть бесконечным. Этот факт может быть установлен из следующих соображений. Обозначим n -й столбец матрицы P , состоящий из одних n , через E_n . Матрицу P представим в виде $P = \{E_1, E_2, E_3, \dots\}$. В диагонали D каждый столбец E_n имеет своего «представителя» — число n . Когда удаляются наддиагональные элементы матрицы P , часть элементов столбцов E_1, E_2, E_3, \dots исчезает, но ни один из них не исчезает полностью, ибо элементы диагонали D остаются в сохранности. Отсюда можем заключить, что матрица T имеет бесконечное число столбцов. А это возможно только в том случае, когда матрица T имеет строку с бесконечным числом элементов, т. е., когда $\mathbf{N} \in T$.

Таким образом, если мы исходим из положения, что каждый элемент множества натуральных чисел \mathbf{N} является конечным числом, то приходим к выводу $\mathbf{N} \notin T$. Если же мы исходим из положения, что множество натуральных чисел \mathbf{N} является бесконечным множеством, то приходим к выводу $\mathbf{N} \in T$. Отсюда следует

Следствие 2. Высказывание 1 ложно.

Понятия «замечательный квадрат» и «средняя арифметическая площадь треугольника» появились в результате исследования марковской игры «Большой матч» [4–7].

Литература:

1. Наан, Г.И. Понятие бесконечности в математике и космологии // Бесконечность и Вселенная. М.: Мысль, 1969. 325 с.
2. Свидерский, В.И., Кармин А.С. Конечное и бесконечное: Философский аспект проблемы. М.: Наука, 1966. 320 с.
3. Бурова, И.Н. Развитие проблемы бесконечности в истории науки. На материалах истории философии и математики. М.: Наука, 1987. 134 с.
4. Ибрагимов, А.А. Существование значения в общих марковских играх // Известия РАН. Теория и системы управления. 2004. № 2. С.5–15.
5. Ибрагимов, А.А. Марковская игра «Большой матч» в классе стационарных стратегий // Журнал «Молодой ученый» № 4 (84), март, 2015 г. Москва. с. 4–7.
6. Ибрагимов, А.А. Решение общей марковской игры путем аппроксимации ее игрой с переоценкой // Журнал «Молодой ученый» № 13 (117), июль-1, 2016 г. Москва.

Патентная гонка пуассоновского типа

Касимова Яна Александровна, студент;
Арасланова Валерия Альбертовна, студент;
Егорова Анастасия Аркадьевна, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

Данная работа посвящена модели патентных гонок пуассоновского типа. Рассмотрен частный случай патентной гонки между монополистом и новичком на рынке, найдена ситуация равновесия по Нэшу.

В данной статье рассмотрена модель патентной гонки пуассоновского типа между монополистом (игрок 1, А) и новичком (игрок 2, Е). В ней мы учитываем затраты на текущие исследования и разработки (ИР) и не берем в рассмотрение опыт, накопленный двумя игроками ранее, что существенно упрощает нам анализ данной модели. Патентная гонка пуассоновского типа дает ответ на вопрос, является ли монополист более склонным к инновациям, чем новичок. Сам патент, за который борются игроки, может послужить как улучшению технологии производства определенного продукта, так и созданию нового товара в сегменте рынка, который до инновации занимала первая фирма — монополист. Предполагается, что фирма, которая первой осваивает новую технологию, приобретает и использует патент, который имеет неограниченный срок действия. Конкуренция в области ИР между двумя фирмами характеризуется интенсивностями инвестиций на исследования, заданными в виде функций времени $x_1(t) \in R_+^1$ и $x_2(t) \in R_+^1$, $t \in (0, \infty)$. В каждый момент t , если ни одна из фирм не сделала открытие, игра, начавшаяся в этот момент, идентична первоначальной. Поэтому стратегии игроков x_1 и x_2 не зависят от времени. Так как мы рассматриваем патентную гонку без памяти, то время, когда фирма i сделает открытие будет иметь экспоненциальное распределение и вероятность для фирмы сделать открытие в момент t будет зависеть только от интенсивности ее инвестиций в этот период. Будем предполагать, что функция распределения $F_i(x, t)$ того, что фирма i сделает открытие до момента t при уровне инвестиций x имеет вид:

$$F_i(x_i, t) = P(T_i(x) \leq t) = 1 - e^{-h(x)t}, \quad t \in [0, \infty),$$

Где $T_i(x)$ - время, когда фирма i делает открытие, $h(x)$ - заданная дважды дифференцируемая функция, удовлетворяющая следующим условиям:

$$h(x) \geq 0, x \geq 0,$$

$$h''(x) \leq 0, x \geq 0,$$

$$h'(x) \geq 0, x \geq 0,$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} h'(x) = 0 = h(0).$$

В предположениях модели:

$$P(T_i(x_i) \in (t, t + dt) | T_i(x_i) > t) = h(x_i) dt, t \in [0, \infty).$$

Данное выражение следует из свойств экспоненциального распределения, позволяющего не учитывать опыт и знания, которые фирмы накопили ко времени t , т.е. $h(x_i) dt$ - это условная вероятность того, что открытие произошло во временном промежутке $(t + dt)$, если до момента t открытия не было.

Пусть игра начинается в момент t_0 и заканчивается, когда одна из фирм сделала первой открытие, т.е. выиграла патентную гонку. Пусть \hat{T}_i - время, когда фирма i первой сделает открытие в патентной гонке, т.е. $\hat{T}_i = \min_{j \neq i} T(x_j)$.

Тогда \hat{T}_i также имеет экспоненциальное распределение $F(t)$. По определению функции распределения:

$$F(t) = P(\hat{T}_i < t).$$

По свойству распределения вероятностей

$$P(\hat{T}_i < t) = 1 - P(\hat{T}_i \geq t)$$

По условию, что $\hat{T}_i = \min_{j \neq i} T(x_j)$, получаем

$$P(\hat{T}_i \geq t) = P(\min_{j \neq i} T(x_j) \geq t).$$

$$P(\min_{j \neq i} T(x_j) \geq t) = P(T(x_1) \geq t) \dots P(T(x_n) \geq t).$$

Так как $T_i(x_i)$ - независимые величины. Используем снова определение функции распределения

$$P(T(x_1) \geq t) \dots P(T(x_n) \geq t) = (1 - F_1(t)) \dots (1 - F_n(t)).$$

Тогда

$$F(t) = 1 - \prod_{j \neq i} (1 - (1 - e^{-h(x_j)t})).$$

$$F(t) = P(\hat{T}_i \leq t) = 1 - e^{-\sum_{j \neq i} h(x_j)t}.$$

Пусть P_1^A прибыль монополиста до получения патента, P_1^W его прибыль, если он выиграл патентную гонку и P_1^L если проиграл, P_2^E прибыль новичка, если он первый сделал открытие. Тогда интегральный выигрыш в игре с предписанной продолжительностью $[t_0, T]$, выражается следующим образом:

$$\int_{t_0}^T [P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}] e^{-rt} dt.$$

Где $r \geq 0$ - заданная процентная ставка.

Так как в нашей постановке момент окончания игры \hat{T}_i - величина случайная, то под выигрышем в игре будем понимать математическое ожидание от интегрального выигрыша, т.е.:

$$E \left(\int_{t_0}^T [P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}] e^{-rt} dt \right).$$

Таким образом, ожидаемый выигрыш представляет собой следующий интегральный функционал:

$$V^1(x_1, x_2) = \int_{t_0}^{\infty} \int_{t_0}^t [P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}] e^{-rt} dt dF(t).$$

С помощью перестановки интегралов в интегральном функционале, ожидаемый выигрыш может быть представлен в виде:

$$\int_{t_0}^T [P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}] e^{-rt} (1 - F(t)) dt.$$

Т.е.:

$$V^1(x_1, x_2) = \int_0^{\infty} e^{-(h(x_1)+h(x_2))t} [P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}] e^{-rt} dt.$$

Рассуждая аналогично, ожидаемая прибыль новичка вычисляется следующим образом.

Интегральный выигрыш новичка:

$$\int_{t_0}^T (h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2) e^{-rt} dt.$$

Ожидаемый выигрыш новичка:

$$E \left(\int_{t_0}^T (h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2) e^{-rt} dt \right),$$

$$V^2(x_1, x_2) = \int_{t_0}^{\infty} \int_{t_0}^T (h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2) e^{-rt} dt dF(t).$$

Переходим от двойного интеграла к следующему виду:

$$\int_{t_0}^{\infty} (h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2) e^{-rt} (1 - F(t)) dt.$$

Т.е.:

$$V^2(x_1, x_2) = \int_0^{\infty} e^{-(h(x_1)+h(x_2))t} (h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2) e^{-rt} dt.$$

Вычисляя интегралы, мы получаем выигрыши игроков в явном виде:

$$V^1(x_1, x_2) = \frac{P_1^A - x_1 + h(x_1) \frac{P_1^W}{r} + h(x_2) \frac{P_1^L}{r}}{r + h(x_1) + h(x_2)},$$

$$V^2(x_1, x_2) = \frac{(h(x_2) \frac{P_2^E}{r} - x_2)}{r + h(x_1) + h(x_2)}.$$

В итоге мы построим бесконечную игру двух лиц в нормальной форме: $G_2 = X, X, V^1, V^2$, где $X = \{x | x \geq 0\}$ - множества стратегий игрока 1 и 2, а функции выигрыша V^1, V^2 заданы в явном виде по формулам, представленным выше.

Рассмотрим вторые частные производные от V^1, V^2 :

$$\frac{d^2 V^1(x_1, x_2)}{d^2 x_1} = \frac{h''(x_1) \left(P_1^W + h(x_2) \frac{P_1^W}{r} - P_1^A + x_1 - h(x_2) \frac{P_1^L}{r} \right)}{(r + h(x_1) + h(x_2))^4}$$

$$\frac{d^2 V^2(x_1, x_2)}{d^2 x_2} = \frac{h''(x_2) \left(P_2^E + h(x_1) \frac{P_2^E}{r} - x_2 \right)}{(r + h(x_1) + h(x_2))^4}$$

Учитывая полученные результаты и предположения относительно свойств $h(x)$, в игре $G_2 = X, X, V^1, V^2$ существует равновесие по Нэшу в чистых стратегиях, которое находится из условий первого порядка:

$$\left(h'(x_1^*) + \frac{1}{r} h'(x_1^*) h(x_2^*) \right) P_1^W - h'(x_1^*) P_1^A - r - h(x_1^*) - h(x_2^*) - h(x_2^*) \frac{P_1^L}{r} + x_1 h'(x_1^*) = 0$$

$$\left(h'(x_2^*) + \frac{1}{r} h'(x_2^*) h(x_1^*) \right) P_2^E - r - h(x_1^*) - h(x_2^*) + x_2^* h'(x_2^*) = 0$$

В общем случае, система, составленная из двух представленных уравнений не имеет аналитического решения.

Литература:

1. Tirole, J. The Theory of Industrial Organization. London: The MIT Press, 1990. P. 619–623.

Применение алгоритмов теории расписаний при разработке медицинской информационной системы

Сахаров Алексей Александрович, студент;
Лапин Александр Вадимович, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

Статья описывает алгоритм автоматизированного построения расписаний, использованный при разработке специализированной информационной системы. Он основан на взвешенной SPT модели и дополнен идеями построения расписаний для многопроцессорных работ. (SPT = Shortest — processing — time sequencing — упорядочение по минимуму длительностей работ). В статье описываются условия, в которых необходимо создавать расписание, и алгоритм, позволяющий выполнить эти условия.

Ключевые слова: теория расписаний, информационные системы, алгоритмы, SPT модель

Целью нашей работы является создание медицинской информационной системы, позволяющего систематизировать текущий рабочий процесс психотерапевтического центра для упрощения оформления и обслуживания клиентов. Важной особенностью данной разработки является автоматизация построения расписаний с возможностью его дальнейшей корректировки. В данной статье описывается алгоритм, позволяющий получить расписание работы сотрудников медицинского центра, удовлетворяющее входным критериям

Описание рабочего процесса

На текущий момент в центре работают сотрудники с различными профессиональными обязанностями. В течение рабочего дня у сотрудников происходят события:

- индивидуальный прием пациента;
- групповая терапия (групповой прием);
- собрания, совещания, планерки и т.д.

События третьего типа, как правило, назначаются в фиксированное, редко изменяемое время. Для событий первого и второго типов каждый месяц строится расписание, которое зависит от различных нормативов, а также, к примеру, фактического участия сотрудника в рабочем процессе в данном месяце.

Индивидуальный прием — это обычный прием пациента «врач-пациент». Групповой прием сложнее. Его можно описать, как отношение «врачи-пациенты». Основная идея заключается в том, что проводить групповой прием могут одновременно один или сразу два сотрудника. Поэтому при составлении индивидуальных расписаний сотрудников необходимо постоянно контролировать их согласованность. Также все другие события расписания не имеют «содержимого» на момент построения (не указывается пациент, для которого проходит прием) и поэтому между ними нет различий, а групповые приемы известны заранее, поэтому при их добавлении в расписание им приходится уделять большое внимание.

Описанные особенности приводят к тому, что специалисту по расписанию требуется несколько часов для построения расписания работы центра вручную. В этой работе используется идея применения алгоритмов теории расписаний для автоматизации их построения.

Основные понятия теории расписаний

Определение: «Теория расписаний (ТР) — это раздел исследования операций, в котором строятся и анализируются математические модели календарного планирования (т.е. упорядочивания во времени) различных

целенаправленных действий с учетом целевой функции и различных ограничений» [2].

Определение: *Работой* называется некоторое действие, которое необходимо обслужить. Работы состоят из операций — элементарных нераздельных частей. В силу того, что событие в расписании сотрудника рассматривается как неделимое, то термины операции и работы для этой задачи эквивалентны.

Рассматриваемый здесь пример можно определить, как детерминированную задачу упорядочивания календарного планирования с суммарными критериями оптимизации. Детерминированной называется задача теории расписаний, в которой все начальные данные поступают одновременно, перед решением задачи.

В качестве суммарного критерия применим суммарную **взвешенную длительность прохождения** работы в системе.

Обозначим p_i — длительность **выполнения** работы i ; $P_{[i]}$ — аналогично, но $[i]$ — индекс после упорядочения; W_i — длительность **ожидания** начала работы. Тогда $F_i = W_i + p_i$ — длительность **прохождения** работы i в системе.

Суммарная длительность прохождения работ в системе $\sum_{k=1}^n F_i$.

Если в системе определить **вес** работы (u_i), обозначающий приоритетность одной работы перед остальными,

то можно определить **суммарную взвешенную длительность** прохождения работы:

$$F = \sum_{k=1}^n u_i F_i.$$

Выбранная математическая модель называется SPT (Shortest — processing — time sequencing) — упорядочением по минимуму длительностей работ [1]. Для решения данной задачи эта модель дополняется учетом **веса** работы — условной единицы, обозначающей приоритет работы над остальными.

Теорема [1]: Минимальное значение суммарной взвешенной длительности прохождения (1) в системе достигается при расписании, для которого

$$\frac{P_{[1]}}{u_{[1]}} \leq \frac{P_{[2]}}{u_{[2]}} \leq \dots \leq \frac{P_{[n]}}{u_{[n]}}.$$

Графически этот метод представлен на рис. 1. Каждый прямоугольник — работа, а его ширина — длительность, высота — вес. Суммарная взвешенная длительность является суммой площадей прямоугольников и площади под ними, поэтому для минимизации F необходимо упорядочить работы в порядке уменьшения модуля угла вектора, лежащего на диагонали прямоугольника, к горизонтальной оси. Коэффициент угла равен $\frac{u_{[i]}}{P_{[i]}}$.

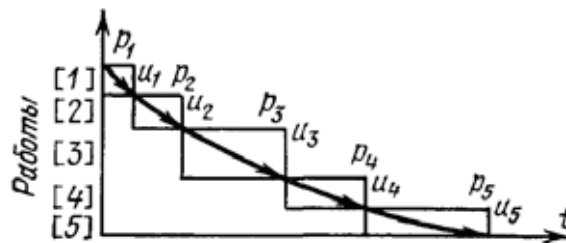


Рис. 1. Геометрическое представление

Для решения проблемы групповых занятий используем теорию, описанную Brucker’ом [4]. Для решения мультипроцессорных задач (т.е. задач, требующих одновременного выполнения на нескольких процессорах) он вводит следующую модификацию начальных данных.

Пусть в системе с m процессорами задано n мультипроцессорных задач $i = 1, \dots, n$. Сопоставим задаче i множество μ_i процессоров, необходимых для её выполнения. Это множество определяет тип задачи i . Выделим $R \leq 2^m - 1$ типов задач и сгруппируем все задачи по этим типам [4]. Здесь под типом задачи понимается характеристика взаимно однозначная структуре порождающего множества процессоров. Тип может быть порожден как отдельным сотрудником, так и парой сотрудников.

В итоге получился набор «сущностей» (множеств, порождающих типы). Для этих «сущностей» нет требования на одновременное выполнение задачи. Есть только требования предшествования вида: групповой прием, исполняемый составной «сущностью», должен стоять после (или до) первичного приема, исполняемого одним из сотрудников, состоящим в этой «сущности». Можно использовать ту же теорию, что и в классической задаче по множеству независимых исполнителей с ограничением на последовательность выполнения.

Описание алгоритма построения расписания сотрудников

Опишем алгоритм составления шаблона расписания на одну неделю.

Входными параметрами для алгоритма являются:

- таблица нагрузок сотрудника на неделю по всем видам события расписания, кроме групповых приемов (данные указываются на примере одного события, для остальных событий этого типа данные аналогичны);
- данные по групповым приемам с указанием ведущих и необходимых нагрузок на неделю (данные указываются для каждой группы);
- данные о весе событий расписания.

Предполагается, что суммарная длительность работ не превышает ограничений длительности рабочего времени. Для упорядочивания применяется взвешенная SPT модель, описанная выше.

На первом этапе создаются «сущности» — пары сотрудников. Создание расписания для них сложнее, чем для отдельных сотрудников, поэтому начнем с них.

Для каждой пары сотрудников упорядочим групповые приемы и добавим их в личное расписание обоих сотрудников с учетом сохранения условия, указанного в теореме. При этом начинать стоит с групповых приемов с наибольшим

коэффициентом $\frac{u_{[i]}}{P_{[i]}}$, чтобы не возникало конфликтов. На

данном этапе строится только порядок групповых приемов, без указания времени начала. В конце этого этапа проводится разбиение всего списка на дни недели.

На втором этапе для разбитых на дни групповых приемов устанавливается время начала с учетом согласованности расписаний связанных сотрудников. Свободное время заполняется оставшимися событиями других типов.

Литература:

1. Конвей, Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний / пер. с англ. Кокотушкина В. А., Михалева Д. Г., под ред. Башарина Г. П. М.: Наука, 1975.
2. Лазарев, А. А., Гафаров Е. Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: МГУ, 2011.
3. Smith, J. Patterns — WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern // MSDN Magazine. 2009. February.
4. Brucker, P. Scheduling Algorithms. // Springer Verlag, 2007.

При необходимости, для соблюдения правила упорядочивания, можно изменить начало групповых приемов.

Далее каждому событию назначается доступный кабинет.

В итоге получаем расписание, не всегда оптимальное, но допустимое и близкое к оптимальному.

Реализация

Описанный подход был реализован в многопользовательском приложении, имеющем всю необходимую функциональность. Для разработки применялись следующие инструменты: C# (.NET Framework 4.5), WPF-технология с шаблоном проектирования MVVM (см. [3]), MS SQL Server 2012 (с Entity Framework 6.1.3).

Результаты

В итоге была создана медицинская информационная система, содержащая набор функций, полностью удовлетворяющих работу данного психотерапевтического центра.

Реализован описанный алгоритм автоматизированного построения расписаний.

В процессе тестирования были настроены веса для каждого вида работ.

Этот алгоритм не отменяет необходимость проверки и корректировки готового расписания специалистом по составлению расписаний. Но большая часть работы теперь производится системой, освобождая сотрудника от необходимости подготовки начального варианта расписания. В связи с этим процесс, занимавший больше половины рабочего дня, стал проходить за час-полтора.

Математическая модель репутации пользователей на сайте Avito

Чернышов Дмитрий Олегович, студент;
Сдобникова Анна Михайловна, студент;
Христенко Евгений Александрович
Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассматривается задача построения математической модели системы репутации пользователей на сайте Avito. Данная модель адаптирована к искусственным оценкам, цель которых — устранение конкурентов или совершение мошеннических действий.

На данный момент сайт Avito не участвует в процессе сделки между пользователями и не является

гарантом. Данный факт значительно отличает сайт от таких популярных торговых площадок, как Ebay, Amazon,

Таобао. В 2015 году компания приобрела сервис доставки Checkout, который является агрегатором доставок для интернет-магазинов, позволяющий выбирать из нескольких способов доставки, таких как «Почта России», SPSR Express, DPD, PickPoint и автоматически рассчитывает стоимость доставки до клиента.

Постановка задачи

Учитывая то, что используя данный сервис сайт Avito будет контролировать процесс сделки, появится необходимость во введении шкалы репутации продавцов. Таким образом, каждый продавец будет стремиться заработать показатель репутации, стремящийся к 100%. Рейтинг показывает надежность [1] и является одним из главных критериев выбора покупателем того или иного продавца [2]. Задача состоит в построении такой модели системы рейтинга, которая минимизирует искусственное завышение репутации с целью последующих мошеннических действий, минимизирует искусственное занижение конкурентами, учитывает показатели репутации предыдущих месяцев. Также необходимо, чтобы вес новой оценки репутации был больше, чем, например, вес оценки за предыдущие месяцы.

Результаты и обсуждение

Оставить отзыв покупатель сможет после совершения сделки в собственном личном кабинете на сайте. Должны быть доступны два варианта отзыва: «Положительный» и «Отрицательный». При расчёте они должны иметь значения «1» и «-1» соответственно. Последний подразумевает поле для подробного описания жалобы. Данные отзывы должны обрабатываться соответствующим отделом сотрудников.

К сожалению, не исключены случаи искусственного повышения или понижения рейтинга с целью введения в заблуждение потенциального покупателя и проведения в отношении него каких-либо мошеннических действий или устранения конкурентов. Чтобы снизить количество искусственных оценок репутации, нужно ввести регистрационный сбор, который уплачивается новым пользователем при регистрации на сайте. Данный взнос должен возвращаться на кошелек пользователя спустя некоторое время или после его первой продажи на сайте [3]. Кроме того, оставить отрицательный отзыв о конкретном продавце каждый пользователь может только один раз. Это объясняется тем, что покупатель не будет совершать сделку с человеком, с которым уже был неприятный опыт сотрудничества. Также стоит не принимать первую жалобу на продавца и отклонить её до появления аналогичной уникальной жалобы. Данные условия помогут минимизировать процент искусственных отзывов и предоставят потенциальным покупателям реальный рейтинг продавца.

Для расчёта репутации нужно учитывать стоимость товара. Таким образом, вес отрицательного отзыва для

более дорогого лота, является большим, относительно отрицательного отзыва для дешевого товара. Это позволит избежать случаев, когда продавец искусственно увеличивает свою репутацию посредством продажи дешевых товаров и совершает в дальнейшем мошеннические действия, предлагая дорогие товары. Следует установить границы ценовых диапазонов и производить расчёт репутации отдельно для каждой из них. При совершении сделки покупатель оставляет отзыв о продавце. После этого рассчитывается общий рейтинг для всех ценовых диапазонов за текущий месяц. В данном моменте должны учитываться цены на проданные товары. Если рейтинг в-ом диапазоне < 0.9 , то вес отзыва по данному диапазону уменьшается в i раз. Это объясняется тем, что десятая часть отрицательных отзывов может быть допустимой на случаи недопонимания между продавцом и покупателем. Если репутация в-ом диапазоне < 0 , то данное значение увеличивается в i раз. Формула для расчёта выглядит так:

$$M_i = \sum_{j=1}^3 \frac{1}{3n} \left(\frac{c_{j,i}}{k_{j,i}} \right),$$

$c_{j,i}$ — сумма оценок продавца в-ом диапазоне цен, за i -ый месяц;

$k_{j,i}$ — количество оценок в-ом диапазоне цен, за i -ый месяц;

$$n = \begin{cases} 1, & N_j = [0.9; 1] \\ j, & N_j = [0; 0.9] \\ \frac{1}{j}, & N_j = (-\infty; 0) \end{cases}$$

Заключительным этапом расчёта рейтинга является учет показателей за предыдущие 5 месяцев. Кроме того, нужно учитывать то, что новые показатели репутации важнее, чем прошлые. Поэтому нужно увеличить вес отрицательных отзывов, в зависимости от месяца. Таким образом, значение репутации продавца, которая будет видна зарегистрированному пользователю, рассчитывается за последние полгода и имеет вид:

$$F = \sum_{i=1}^6 \frac{1}{6m} M_i,$$

$$m = \begin{cases} 1, & i = [1, 2]; \\ 2, & i = [3, 4]; M_i = [0; 0.9] \\ 3, & i = [5, 6]; M_i = [0; 0.9]; \\ \frac{1}{2}, & i = [3, 4]; M_i = (-\infty, 0) \\ \frac{1}{3}, & i = [5, 6]; M_i = (-\infty, 0) \end{cases}$$

Примеры

Рассмотрим различные сценарии сделок на сайте и изменение репутации продавца.

Сценарий 1.

Допустим, что все оценки продавца в текущем месяце были положительными для 1-го и 2-го диапазона и, соответственно, его рейтинг составлял «1». Следующей его оценкой стала «-1» для 3-го диапазона. Предложенная модель поведет себя следующим образом.

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	-1			

j	1	2	3	4	5	6
M_j	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	

$M_6 = -0.33$

$F = 0.59$

Сценарий 2.

Пусть, продавец совершил ещё одну сделку с ценой, входящей в 3-й диапазон. Тогда его рейтинг изменится следующим образом:

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	-1	1		

j	1	2	3	4	5	6
M_j	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	

Литература:

1. Wu, F., Li H. H., Kuo Y. H. Reputation evaluation for choosing a trustworthy counterparty in C2C e-commerce Electronic Commerce Research and Applications, 2011. Vol. 18, № 3, P. 428–436.
2. Chang, J. S., Wong H. J. Selecting appropriate sellers in online auctions through a multi-attribute reputation calculation method Electronic Commerce Research and Applications, 2011. Vol. 10, № 2, P. 144–154.
3. Panayotis, F. A novel reputation-based model for e-commerce Operational Research, 2013. Vol. 13, № 1, P. 113–138.

$M_6 = 0.66$

$F = 0.79$

Сценарий 3.

Пусть продавец имел положительные оценки в 1-м диапазоне и, соответственно, максимальный рейтинг. При получении отрицательной оценки в 3 диапазоне, его репутация поведет себя следующим образом:

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	1	1	1	1
3	-1			

j	1	2	3	4	5	6
M_j	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	

$M_6 = -0.5$

$F = 0.5$

Заключение

В работе реализована математическая модель, которая сразу же пресекает самый распространенный вид мошенничества, в котором продавец сначала продает дешевый товар и получает максимальный рейтинг, тем самым зарабатывая доверие у потенциального покупателя, а при следующей сделке уже дорогого товара совершает мошеннические действия.

ФИЗИКА

Математическое моделирование короткозамкнутого асинхронного двигателя в пакете SimPowerSystems

Емельянов Александр Александрович, доцент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, ассистент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Прокопьев Константин Васильевич, студент;
 Ситенков Александр Александрович, студент;
 Пестеров Дмитрий Ильич, студент;
 Юнусов Тимур Шамильевич, студент.

Российский государственный профессионально-педагогический университет

Целью данной работы является овладение технологией сборки модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АКЗ) в пакете SimPowerSystems для использования в лабораторной работе по дисциплине «Математическое моделирование в электромеханических устройствах».

Виртуальная модель для исследования прямого пуска АКЗ на холостом ходу с последующим приложением номинального момента показана на рис. 1 [1], [2].

Модель содержит трехфазную асинхронную машину (Asynchronous Machine SI Units), запитанную от трехфазного источника напряжения (Three-Phase Source), блок для измерения скорости и момента машины (Bus Selector), блок момента нагрузки (Step) и блоки измерения (Scope, To Workspace). Для работы модели в SimPowerSystems необходимо добавить блок Powergui. Данный блок, помещенный в модель, позволяет задать начальные

значения переменных модели, выполнить расчет установившегося режима, осуществить инициализацию схемы, содержащей электрические машины, и найти полное сопротивление (импеданс) цепи.

При запуске модели осуществляется прямой пуск АКЗ, по истечении некоторого времени прикладывается момент нагрузки.

Рассмотрим подробнее алгоритм построения модели.

1. Блок асинхронного двигателя (Asynchronous Machine SI Units)

Находим в обозревателе библиотек блоков (Simulink Library Browser) библиотеку Simscape и раскрываем следующий путь до раздела Machines (рис. 2). Переносим блок Asynchronous Machine SI Units на рабочее поле сборки модели.

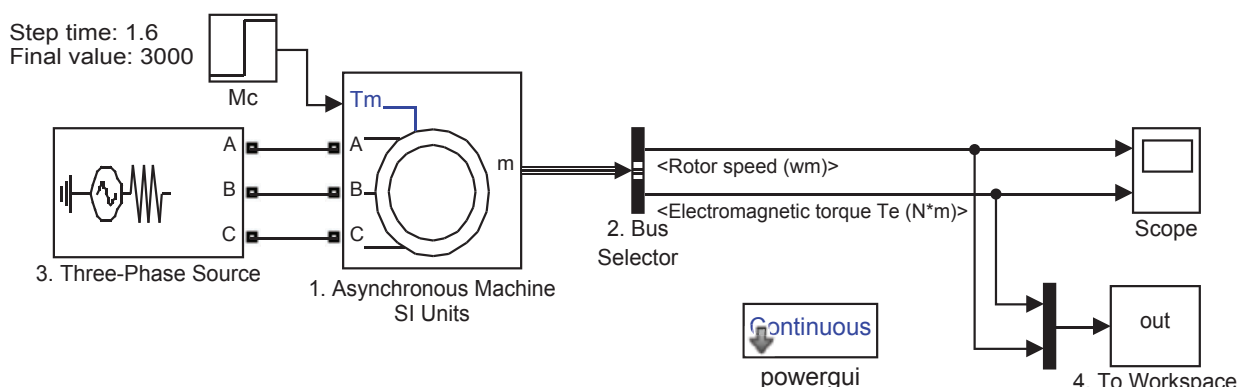


Рис. 1. Моделирование прямого пуска короткозамкнутого асинхронного двигателя в SimPowerSystems

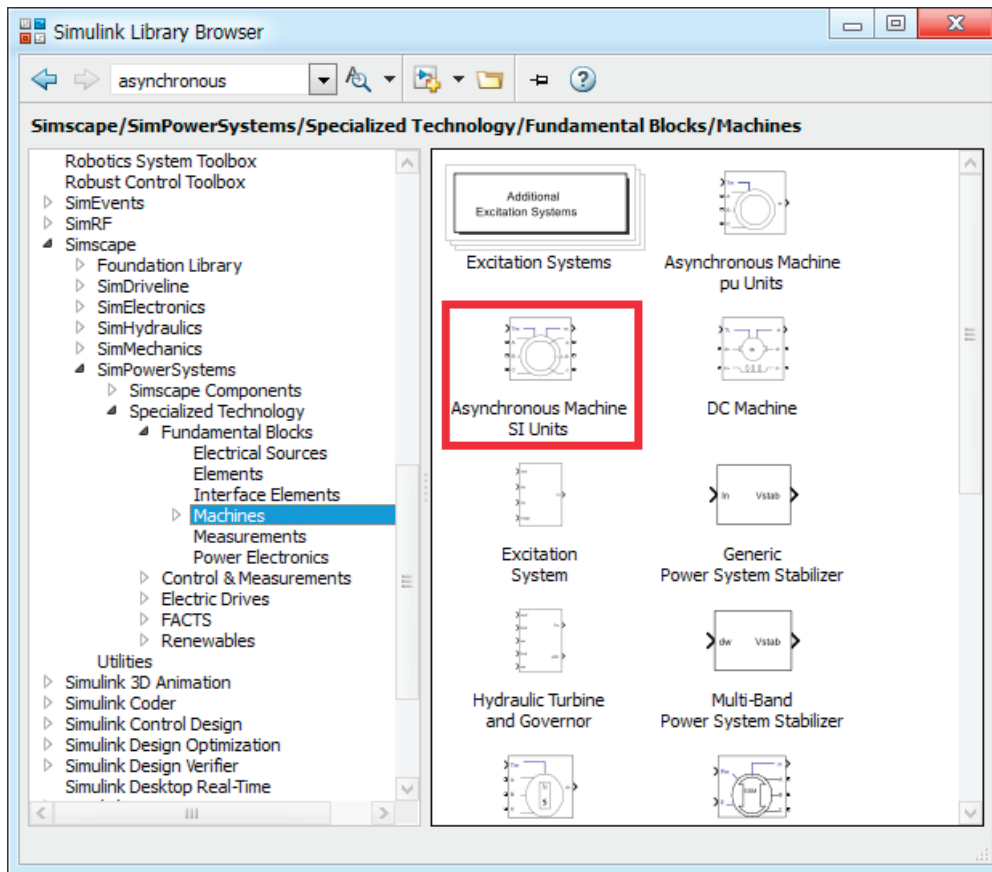


Рис. 2. Расположение блока Asynchronous Machine SI Units в окне библиотеки SimPowerSystems

Открываем блок асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Появится окно, в котором производим следующие действия:

- на вкладке «Конфигурация» (Configuration) в поле «Тип ротора» (Rotor type) выбрать белочью клетку

(Squirrel-cage), в поле Squirrel-cage preset model установить значение «No», позволяющее изменение параметров двигателя (рис. 3, а);

- на вкладке «Параметры» (Parameters) устанавливаем параметры двигателя (рис. 3, б), например, $J = 28$.

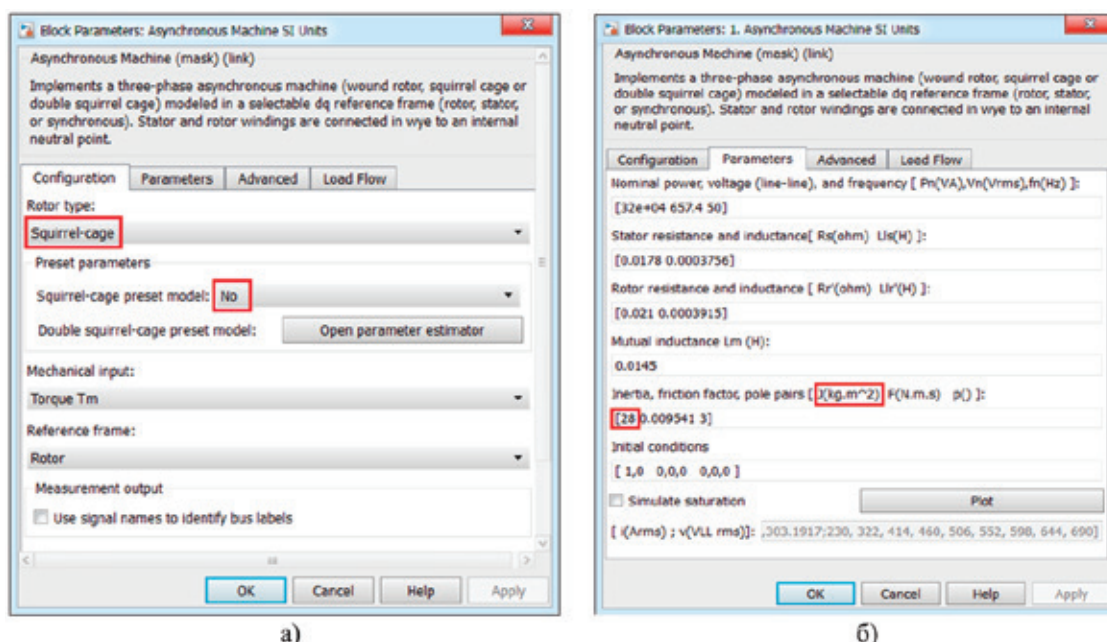


Рис. 3. а) вкладка «Конфигурация»; б) вкладка «Параметры»

2. Блок шинного селектора (Bus Selector)

В библиотеке Simulink раскрываем следующий путь до группы блоков «Разводка сигнала» (Signal Routing) (рис. 4). Переносим блок Bus Selector на рабочее поле.

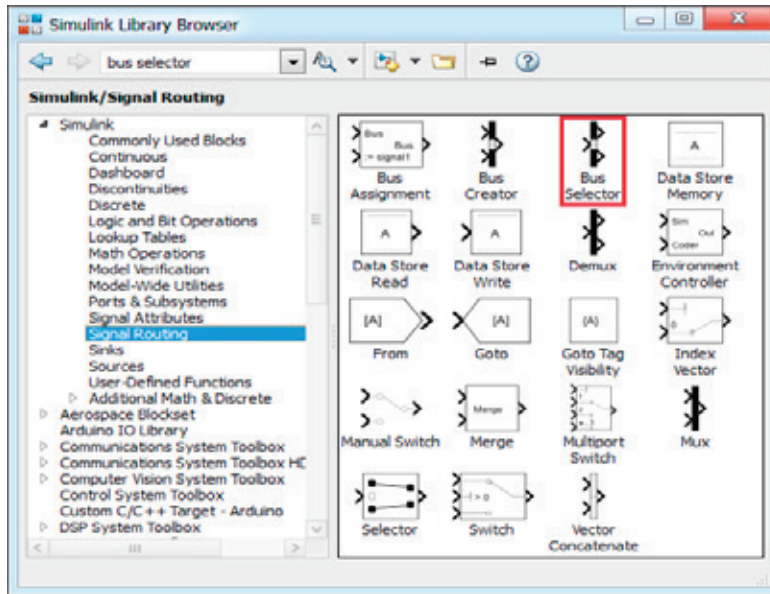


Рис. 4. Расположение блока Bus Selector в окне библиотеки Simulink

Открываем блок шинного селектора. Из списка механических характеристик (Mechanical) выбираем электромагнитный момент (Electromagnetic torque T_e (N*m))

и скорость вращения ротора (Rotor speed (wm)) и добавляем их в список выбранного (Selected signals) кнопкой Select (рис. 5).

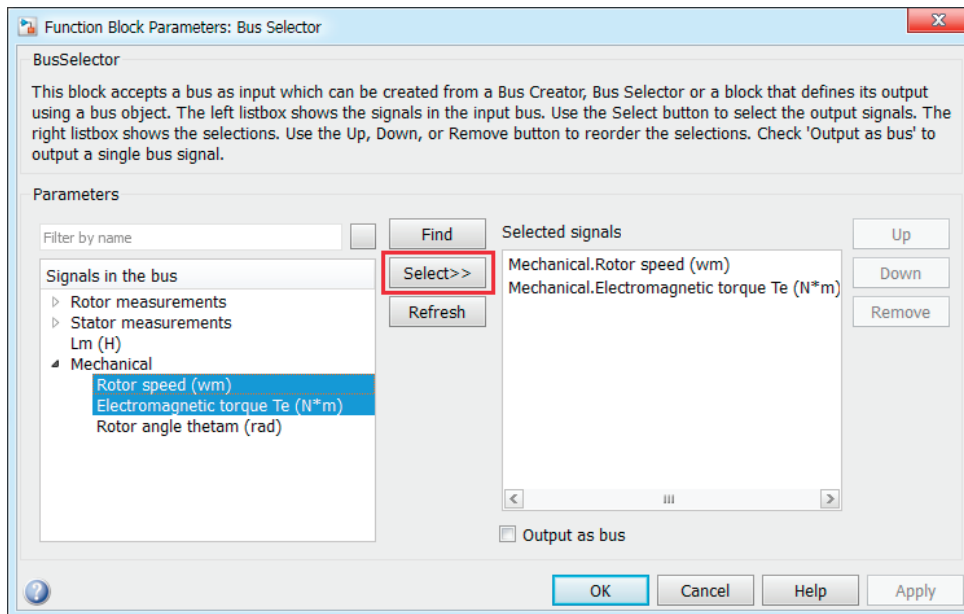


Рис. 5. Выбор характеристик в блоке Bus Selector

3. Блок «Трёхфазный источник питания» (Three-Phase Source)

Находим в Simulink Library Browser библиотеку Simscare и раскрываем следующий путь до источников элек-

трической энергии (Electrical Sources) (рис. 6). Переносим блок Three-Phase Source на рабочее поле.

Открываем блок трёхфазного источника питания. Появляется окно, в котором устанавливаем следующие параметры (рис. 7):

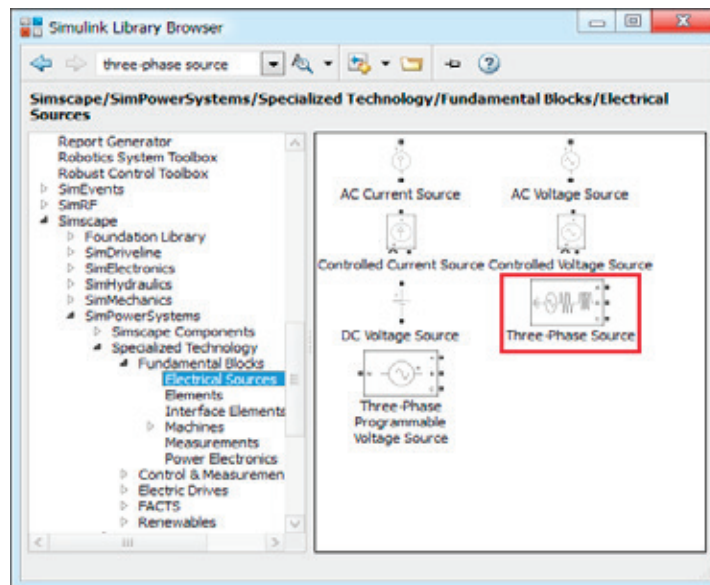


Рис. 6. Расположение блока Three-Phase Source в окне библиотеки SimPowerSystems

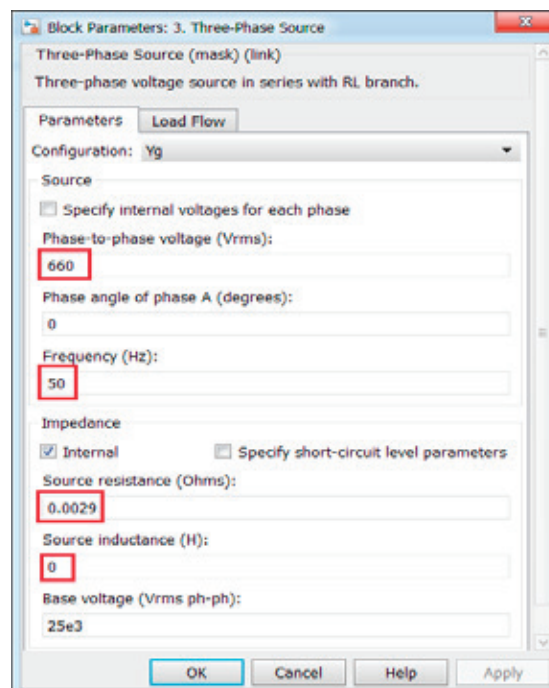


Рис. 7. Установка параметров источника питания

- фазное напряжение (Phase-to-phase voltage, Vrms): 660;
- частота (Frequency, Hz): 50;
- сопротивление источника питания (Source resistance, Ohms): 0.0029;
- индуктивность источника питания (Source inductance, H): 0.

4. Блок сохранения данных в рабочей области (To Workspace)

В библиотеке блоков Simulink раскрываем следующий путь до раздела «Приемники сигнала» (Sinks) (рис. 8). Переносим блок To Workspace на рабочее поле.

Открываем блок To Workspace. Вводим следующие параметры (рис. 9):

- имя переменной (Variable name): out;
- формат сохранения данных (Save format): Array;
- способ сохранения сигналов (Save 2-D signals as): Inherit from input;
- снять галочку с Log-fixed point data as fi object.

Результаты моделирования прямого пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в SimPowerSystems даны на рис. 10, которые совпадают с результатами расчетов, приведенных в статье [4].

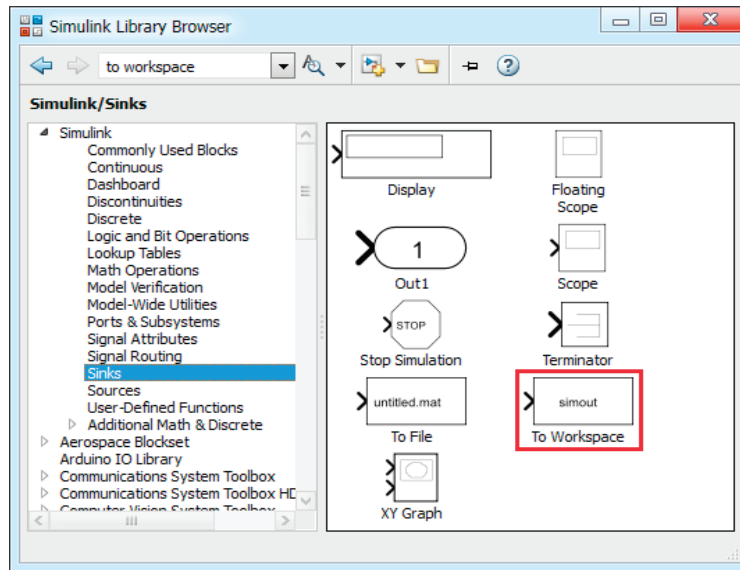


Рис. 8. Расположение блока To Workspace в окне библиотеки Simulink

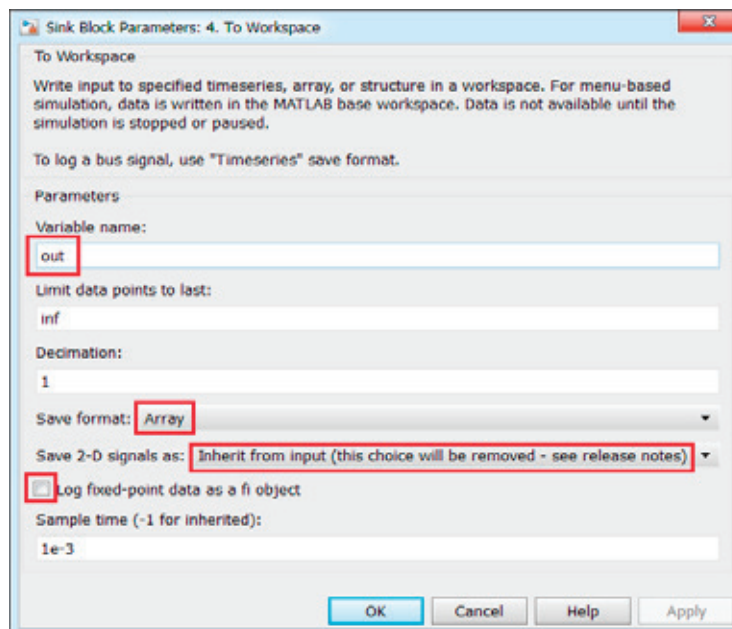


Рис. 9. Установка параметров блока To Workspace

Примечания:

1. Во избежание ошибок при запуске расчета модели необходимо открыть меню Simulation, выбрать Model Configuration Parameters. В открывшемся окне в меню Diagnostics перейти к пункту Connectivity и установить значение Mux blocks used to create bus signals: error, как показано на рис. 11.

2. Паспортные данные двигателя приняты из работы [3].

Номинальные данные:

Номинальный режим работы	S1;
Номинальная мощность	$P_N = 320 \text{ кВт}$;
Номинальное фазное напряжение	$U_{s,N} = 380 \text{ В}$;
Номинальный фазный ток	$I_{s,N} = 324 \text{ А}$;

Номинальная частота	$f_N = 50 \text{ Гц}$;
Номинальная синхронная скорость	$\Omega_{0,N} = 104,7 \text{ рад/с}$;
Номинальная скорость ротора	$\Omega_N = 102,83 \text{ рад/с}$;
Номинальный КПД	$\eta_N = 0,944$;
Номинальный коэффициент мощности	$\cos \varphi_N = 0,92$;
Число пар полюсов	$z_p = 3$.

Параметры T-образной схемы замещения при номинальной частоте:

Активное сопротивление обмотки статора	$R_s = 0,0178 \text{ Ом}$;
Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора	$X_{s\sigma} = 0,118 \text{ Ом}$;
Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к статору	$R_r = 0,0194 \text{ Ом}$;

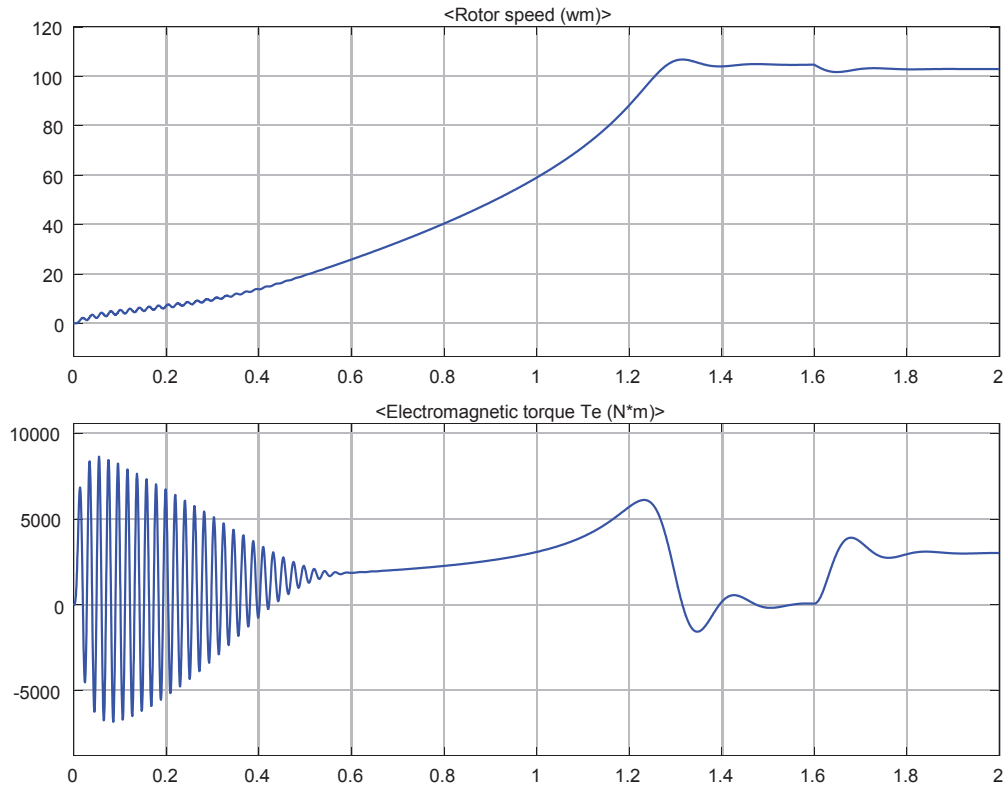


Рис. 10. Скорость и электромагнитный момент при прямом пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

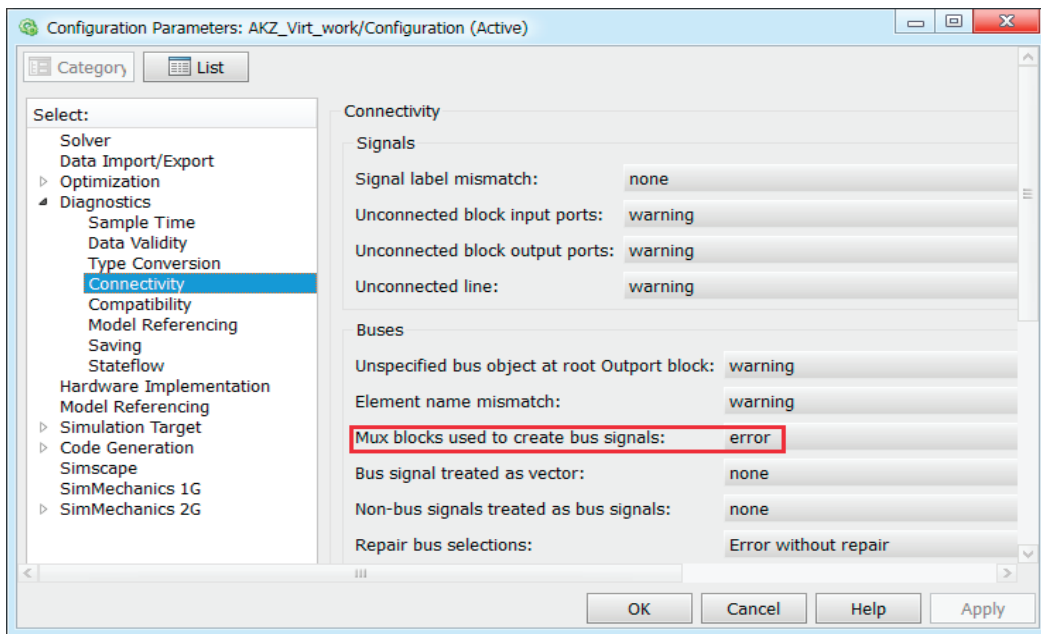


Рис. 11. Окно параметров модели

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное статору $X_{r\sigma} = 0,123 \text{ Ом};$

Главное индуктивное сопротивление $X_m = 4,552 \text{ Ом};$

Индуктивность рассеяния обмотки статора $L_{s\sigma} = 0,0003756 \text{ Гн};$

Индуктивность рассеяния обмотки ротора $L_{r\sigma} = 0,0003915 \text{ Гн};$

Суммарный момент инерции двигателя и механизма $J_{\Sigma} = 28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$

Литература:

1. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с.
2. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. — СПб.: КОРОНА принт, 2007. — 320 с.
3. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин. Под ред. проф. д.т. н. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2008. — 361 с.
4. Емельянов, А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Габзалилов Э. Ф., Аюпов В. И., Федоров А. П., Прокопьев К. В., Ситенков А. А., Бурхацкий В. В. Математическая модель асинхронного двигателя с переменными R — I_S в системе абсолютных единиц на основе интегрирующих звеньев // Молодой ученый. — 2016. — № 11. — с. 85–101.

Покрyтия сложного комбинированного состава для электродов вакуумных приборов

Митяшкин Дмитрий Сергеевич, студент;

Шохов Артем Викторович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В представленной работе рассматривается метод формирования покрытий из металлической плазмы вакуумно-дугового разряда. Предложен метод получения покрытия, состоящего из последовательно напыленных нанослоев чистого металла и карбидов переменного состава.

Ключевые слова: вакуумно-дуговой разряд, плазменный поток, покрытие, карбидные фазы, интерметаллид, катодное пятно

Сеточные электроды генераторных ламп, выполненные из молибденовой или вольфрамовой проволоки, располагаются непосредственно в зоне электронного потока и должны обеспечивать высокое тепловое рассеивание, сохранять при этом свои геометрические размеры и обладать малым коэффициентом вторичной эмиссии. Для большинства типов мощных генераторных приборов, установленная норма паразитной термоэлектронной эмиссии составляет 10–5 А/см².

1. Методы нанесения антиэмиссионных покрытий

Сеточные электроды генераторных ламп, выполненные из молибдена, вольфрама, или тантала, имеют антиэмиссионное покрытие, полученное по технологии, включающей получение промежуточного слоя, образованного металлоидом и металлом, из которого выполнена сетка, и поверхностного слоя платины.

1.1 Особенности формирования покрытий на сеточных электродах генераторных ламп

Изготовление антиэмиссионного покрытия на сеточных электродах из молибдена, включающий в себя: формирование катафорезом слоя карбида циркония толщиной порядка 10 мкм; припекание в вакууме при температуре 1000...1300 с. В композиционном покрытии,

полученным таким способом, антиэмиссионным слоем является платина, а карбид циркония выполняет роль диффузионного барьера между платиной и керном сетки.

Для уменьшения термоэлектронной эмиссии сеточный электрод покрывают металлом 8-й группы периодической системы, в частности, платиной. Для уменьшения диффузии в керн сетки и повышения излучающей способности, между основным металлом и платиной наносят промежуточный слой, состоящий из соединений Zr — Pt или Ti — Pt.

Такой способ получения антиэмиссионного покрытия включает в себя следующие технологические операции: на сетку методом катафореза осаждается порошкообразное интерметаллическое соединение Zr — Pt или Ti — Pt толщиной 5...10 мкм, после чего оно в течение 20 минут припекается при температуре 1500...1600 С в атмосфере инертных газов или в вакууме; после чего сетку вновь отжигают в вакууме при температуре 1500...1600 С.

На сегодняшний день широкое практическое применение нашло интерметаллическое покрытие Pt₃Zr.

1.2 Разработка и промышленное освоение оборудования для нанесения покрытий в производстве мощных генераторных ламп

В настоящее время особый интерес с технологической точки зрения вызывают вакуумно-дуговые источники плазмы, что объясняется высокой их эффективно-

стью при получении ионизированных и высокоскоростных потоков вещества; открывшейся возможностью управления, протеканием технологического процесса нанесения покрытий из плазмы различных материалов: чистых металлов, например — Cu, Al, Ti, C, W, Zr; осуществления плазмохимического синтеза простых и сложных соединений — Ti_2N , ZrN, CrN, ZrC, AlN, TiCN, ZrCN; воспроизведения сплавов и получения сложных комбинированных покрытий — CoCrAlY, Ti_2AlN . Особенностью получаемых покрытий является высокая их адгезия на материалах с различными физико-химическими свойствами.

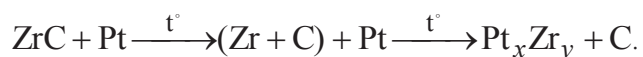
При разработке технологического процесса нанесения покрытий с применением вакуумных дуговых источников плазмы выделяют три основные стадии: формирование потока плазмы, обеспечение его транспортировки в рабочем объеме с минимальными потерями и осаждение плазменного конденсата на обрабатываемую поверхность.

2. Методы получения антиэмиссионных покрытий

Показано, что для мощных генераторных ламп с экраняющим сеточным электродом основные решения сводятся к использованию многослойных покрытий с окончательным использованием платины. При этом, наиболее эффективным, следует считать интерметаллическое покрытие Pt_3Zr с температурой плавления свыше 2540 С. Интерметаллиды на основе платины сохраняют стабильные свойства в узком температурном интервале. Это связано с высоким поляризующим действием платины и развивающимся при нагревании ее соединений эффектом, приводящим к разрушению химических связей и восстановлению исходного металлического состояния.

В этом способе, при получении антиэмиссионных покрытий, для формирования слоя карбида циркония (ZrC) используются вакуумно-дуговые источники плазмы. Данный тип испарителей позволяет интенсифицировать процесс нанесения покрытий, обеспечить высокую их чистоту и хорошую адгезию.

Образование интерметаллического соединения Pt_3Zr протекает при высокой температуре в вакууме на тугоплавкой подложке (Mo, W) при наличии слоя стабильного состава карбида циркония (ZrC) в присутствии и платины (Pt). Термическая обработка осуществляется в вакууме в диапазоне температур от 1670 до 1870 с. В сформированной системе, в результате высокотемпературных диффузионных процессов, определяющих кинетику изменения свойств материалов и характер фазовых превращений, а также обменных химических реакций, происходит взаимодействие элементов с образованием интерметаллического соединения



Содержание нового интерметаллического соединения не всегда подчиняется правилам валентности. Его состав

зависит и от качества, и от толщины сформированного слоя карбида циркония (ZrC), поверхностных свойств подложки, еще от толщины слоя платины (Pt), а также за время отжига.

Благодаря наличию свободной платины активно протекают процессы встречной диффузии атомов свободной платины (Pt) в подложку и материала подложки (Mo, W) в покрытие. Это все обуславливается хаотическим тепловым движением атомов, и наличием градиента концентраций.

Процессы диффузии в покрытиях снижаются за счет использования многослойных покрытий, потому что любая граница фаз представляет собой энергетический барьер для диффундирования атомов, и за счет того, что образуются многокомпонентные фазы благодаря диффундирующим элементам. Эти фазы состоят из нескольких структурных зон, которые расположены последовательно по мере удаления от границы раздела «поверхность — покрытие».

Данный способ получения интерметаллического антиэмиссионного покрытия Pt_3Zr на сеточных электродах мощных генераторных ламп, включает последовательное формирование слоев карбида материала сеточного электрода, слоя циркония, с образованием комбинированной системы слоев $[Mo - (Mo_2C - MoC) + (ZrC - Zr)]$, напыления покрытия карбида циркония (ZrC), осаждения гальваническим способом слой платины (Pt) и диффузионного отжига.

Использование предварительно сформированного слоя из карбида материала сетки ($Mo_2C - MoC$) в процессе получения антиэмиссионного покрытия позволяет в процессе эксплуатации создать барьерный слой для диффузии платины в kern материала сетки.

Когда сформировался подслой карбида материала сетки на подложку, которая имеет толщину до 2 μm , сразу происходит напыление переходного слоя циркония. Тогда, из-за высокоэнергетичных ионов (ZrII, ZrIII) и одновременной диффузии атомов, которые осаждаются на границе поверхностного раздела ($MoC - Zr$), начинает происходить образование новой комбинированной фазы ($Mo - MoC - C - Zr$), которое сопровождается появлением зерновой структуры. Наличие циркония приводит к возрастанию растворимости углерода в молибдене и формированию твердых растворов замещения.

Образование промежуточного слоя, у которого имеются согласованные свойства покрытия и подложки снижает напряжения, поднимается показатель прочности сцепления и является основой для синтеза из потока металлической плазмы вакуумно-дугового разряда в среде газа C_6H_6 покрытия карбида циркония (ZrC), которое имеет толщину порядка 7 мкм.

Для осуществления плазмохимического синтеза карбида циркония (ZrC) в плазменный поток вакуумно-дугового разряда вводится углеродосодержащий рабочий газ — бензол (C_6H_6).

Время напыления определяется толщиной формируемого слоя. В процессе напыления такие рабочие режимы как ток разряда и давление рабочего газа не изменяются.

Состав исходного углеродосодержащего газа определяет как выход углерода, так и характер протекания химической реакции образования карбидных соединений. Качество слоя карбида циркония определяет качество формируемого интерметаллида.

3. Технология формирования антиэмиссионного покрытия сложного состава

Техническим результатом данной работы является создание бездефектного слоя карбида циркония, обеспечивающего как получение интерметаллического соединения высокого качества, так и повышение эксплуатационных свойств приборов.

Получение слоя карбида циркония, состоящего из комбинированного набора нанослоев, получается за счет изменения давления реакционного газа, подаваемого в рабочий объем, в пределах, обеспечивающих последовательное формирование следующих покрытий:

– при давлениях ниже $2 \cdot 10^{-2}$ Па покрытие, осаждаемое из потока металлической плазмы, формируется из

чистого металла, распыляемого катодным пятном вакуумно-дугового разряда;

– при давлениях порядка $4.5 \cdot 10^{-2}$ Па и выше начинается процесс плазмохимического синтеза соединения с образованием карбида переменного состава;

– в интервале давлений $7.5 \cdot 10^{-2}$ Па и выше протекает процесс образования слоя карбида на фоне осаждения на обрабатываемой поверхности свободного углерода.

Таким образом, предлагаемая технология, с указанными технологическими режимами для данного варианта, позволяет получить интерметаллическое соединение высокого качества и тем самым обеспечить заданные эксплуатационные свойства антиэмиссионных сеточных покрытий.

Заключение

Данный метод позволяет получить плазмохимическое покрытие, за счет изменения подачи рабочего газа. Данный способ применим для любого типа покрытий, в том числе, и для получения интерметаллического антиэмиссионного сеточного покрытия, обеспечивающий повышение качества, и оказывающий влияние на долговечность выпускаемых приборов.

Литература:

1. Кудинцева, Г. А. Термоэлектронные катоды. Л.: Энергия, 1968.
2. Никонов, Б. П. Оксидный катод. М.: Энергия, 1979.
3. Прилуцкий, В. С. Вольфрамовый торированный карбидированный катод.
4. Лисенков, А. А., Ветров Н. З. Вакуумные дуговые источники плазмы. СПб.: Энергоатомиздат, 2000.
5. Лисенков, А. А., Фролов В. Я. Вакуумно-дуговые устройства: Учеб. пособие / СПбГПУ. СПб., 2008.
6. Венгрия. Патент № 161846. Заявл. 25.09.71, опубл. 30.03.74.
7. ФРГ. Патент № 2202827. Заявл. 21.01.72, опубл. 08.11.799.
8. Франция. Патент № 1.573.686. Заявл. 19.07.68, опубл. 04.07.69.
9. Вильдгрубе, В. Г., Церпицкий Б. Д., Шаронов В. Н., Шаталов С. М. Сетки мощных генераторных ламп. Проблемы, пути развития. Электронная техника. Серия электровакуумные и газоразрядные приборы. Вып. 2 (125), 1989. с. 43–52.
10. Lisenkov, A. A., Valuev V. P. Vacuum Arc Discharge on Integrally Cold Cathode // *Vakuum in Forschung und Praxis*. 2011. V. 23. Iss. 6. P. 32–36.
11. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. A vacuum arc plasma source with extended design // *Vakuum in Forschung und Praxis*. 2013 Vol. 25 Iss.4 P. 45–48.
12. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Kostrin D. K. Technological Capabilities of Vacuum Arc Plasma Sources // *Vakuum in Forschung und Praxis*. 2014; Vol. 26. Iss. 5. P. 19–23.
13. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Kostrin D. K. Cathode Sports of Vacuum Arc Discharges. Motion Control on the Working Surface // *Vakuum in Forschung und Praxis*. 2015; Vol. 27. Iss. 2. P. 22–25.
14. Vinogradov, M. L., Barchenko V. T., Lisenkov A. A., Kostrin D. K., Babinov N. A. Gas Permeation through Vacuum Materials. Mass-spectrometry Measurement System // *Vakuum in Forschung und Praxis*. 2015. Vol. 27. Nr. 3. P. 24–27.
15. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Plasmachemical Synthesis of Titanium Carbide on Copper Substrates // *Technical Physics Letters*. 2011. Vol. 37. № 8. с. 707–709.
16. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Plasmachemical Synthesis of Aluminum Based Nitride Compounds in Vacuum Arc Discharge Plasma. // *Technical Physics Letters*. 2012; Vol. 38. № 10: P. 938–940.
17. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Special Aspects of Structure Formation of a Multicomponent Layer from Arc-Vacuum Plasma // *Technical Physics Letters*. 2013; Vol. 39, № 10. P. 914–916.
18. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Peculiarities of the Formation of Intermetallic Coatings Based on Platinum and Zirconium. // *Technical Physics Letters*. 2014; Vol. 40, № 12. P. 1126–1129.

19. Barchenko, V. T., Lisenkov A. A. (ИПМаш РАН), Vinogradov M. L. Apparatus and method for determining the gas permeability and flux of Helium through the materials and coatings // LTD Coating 2014. Journal of Physics: Conference Series 567 (2014) 012002.
20. Barchenko, V. T., Lisenkov A. A. (ИПМаш РАН), Babinov N. A. Module for dielectrics surface modification by fast neutral particles beams // LTD Coating 2014. Journal of Physics: Conference Series 567 (2014) 012029.
21. Barchenko, V. T., Trifonov S. A., Lisenkov A. A. Modernization of ion plasma modules for application of nanostructured carbon coatings // Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57. № 11–3. с. 5–7.
22. Vetrov, N. Z., Kostrin D. K., Lisenkov A. A., Popova M. S. Antiemissive coatings // Journal of Physics: Conference Series 652 (2015) 012032.
23. Pavlenko, T. S., Lisenkov A. A., Babinov N. A Features of formation concentration profile in structured materials // Journal of Physics: Conference Series 669 (2016) 012039.

Исследование и моделирование спектров излучения газового разряда

Рыков Евгений Анатольевич, студент;
Цветков Роман Юрьевич, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В данной работе рассматриваются исследование плазмы газового разряда и её параметров, представления об излучении плазмы, методах диагностики и написание программного кода для моделирования спектров излучения газоразрядной плазмы. Разработка способа моделирования спектров излучения плазмы газового разряда с дальнейшим его применением в области диагностики и определения параметров плазмы по сравнительному анализу экспериментальных и промоделированных спектральных характеристик.

Ключевые слова: плазма газового разряда, излучение плазмы, методы диагностики, спектры излучения, спектральный анализ, сравнительный анализ

На сегодняшний день роль плазмы газового разряда и интерес к ее изучению обусловлен тем, что диапазон ее практического применения очень широк и разнообразен. С помощью управляемого термоядерного синтеза можно получить из нее источник энергии, с последующим преобразованием из тепловой в электрическую энергию. Достаточно часто ее используют в качестве активной среды лазера, а также в плазмохимии и плазменных технологиях.

1. Исследование и моделирование

1.1 Определение плазмы

Плазма — это ионизованный газ, состоящий из большого числа положительных и отрицательно заряженных частиц, иногда из нейтральных атомов и молекул. Именно наличие в плазме большого числа заряженных частиц обуславливает ее характерные свойства, позволяющие считать плазму как четвертое агрегатное состояние вещества [1].

1.2 Параметры плазмы

Плотность (концентрация) как заряженных, так и нейтральных частиц. В плазме необходимо достижение высокой концентрации частиц.

$$N r_d^3 \gg 1$$

где N — концентрация заряженных частиц; r_d — радиус Дебая.

Степень ионизации. Число ионизаций, производимых одним электроном на единицу пути от катода к аноду.

$$\alpha = \frac{Ne}{Nn}$$

где Ne — концентрация заряженных частиц; Nn — концентрация нейтральных частиц. Можно представить в виде:

$$\alpha(E, p) = A p \exp\left(\frac{-B}{E/p}\right),$$

где E — напряженность электрического поля; p — давление газа; A и B — константы, зависящие от рода газа.

Температура. Представляется либо в целом плазменной системы, либо отдельных составляющих, в частности электронная температура.

1.3 Газовый разряд

Газовый разряд — это комплекс явлений, сопровождающихся протеканием электрического тока через газовую среду [2, 3]. Под действием внешних факторов, в частности электрического поля, происходит изменение состояния газа, сопровождающееся ионизацией, образо-

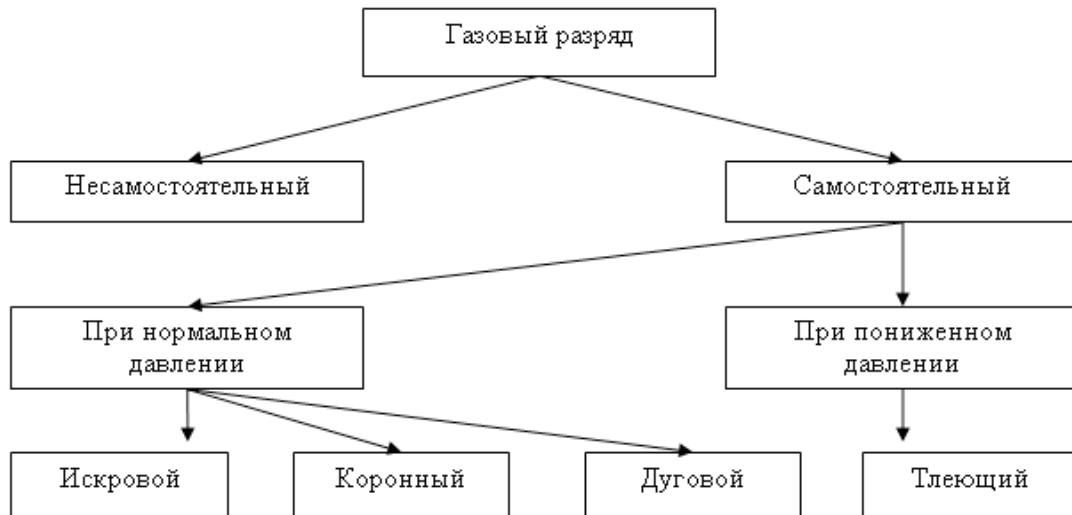


Рис. 1. Виды газового разряда

ванием свободных электронов и ионов. Также может наблюдаться перераспределение по всему объему плазмы носителей заряда.

В нашем же случае, нас интересует тлеющий и дуговой.

1.4 Излучение плазмы

Плазма по своей структуре способна излучать, представляется в виде электромагнитных волн, длина которых может достигать от радиоволн до волны рентгеновского излучения. Это излучение возникает ввиду движения отдельных или коллективных частиц плазмы.

Возникновение атомного спектра характеризуется поглощением излучения или его испусканием, состоящий в совокупности из единичных спектральных линий свободных атомов газа [5]. Такой спектр характеризуется отдельным параметром — частотой излучения, которая в свою очередь равняется энергии межуровневым переходом атома:

$$h\nu = E_2 - E_1.$$

Фактически все спектры излучения атома располагаются в видимых и ультрафиолетовых областях, длина волны которых достигает от 200 до 1190 нм.

С помощью квантовых чисел описывают положение электрона на оболочке или внутри атома. Существуют следующие квантовые числа:

- главное n , описывает нахождение электрона в зависимости от ядра;
- орбитальное углового момента l , описывает распределение электронов в пространстве, называемое электронной плотностью;
- орбитальное магнитное m_l ;
- спиновое m_s .

В итоге имеем следующее, каждый элемент соответствует своему индивидуальному спектру. По наличию в спектре некоторых характеристических для данного элемента линий можно провести качественный элементный анализ объекта.

Также как и в излучении в атоме, в плазме излучение характеризуется интенсивностью процессов испускания или поглощения электромагнитной энергии [4]. Спектральная излучательная способность представляет собой распределение фотонов по длине волны, создаваемых в единице объема плазмы.

Одним из главных видов потерь плазмы как раз и является ее излучение. Данный вид получения энергии довольно широко используют в данное время в промышленности.

1.5 Диагностика плазмы

О любом веществе, которое способно к излучению, необходимо иметь полное представление о составе, его параметрах, способов влияния. Поэтому на сегодняшний день проводят полный анализ вещества. В данном случае это диагностика плазмы, представляющее собой полное или частичное определение параметров плазмы и их значений, которые описывают и характеризуют ее состояние.

Сама по себе плазма представляет собой достаточно сложную многокомпонентную неравновесную неоднородную систему с огромными различными вероятностями значений параметров и состояний [4]. Поэтому, для определения этих параметров необходимо выполнение многих достаточно сложных условий, не нарушающих как саму плазму, так и проходящих в ней процессов. Ее диагностика встречается с большими принципиальными и техническими трудностями. Возникают проблемы со снятием и изучением таких характеристик, как: большие температуры, огромные плотности и скорости протекания процессов в плазме, мощное внешнее воздействие.

Зондовый метод. Контактный метод. Зонд представляет собой вспомогательный электрод, вводимый в плазму для ее исследования [6]. Относительно одного из электродов на зонд задается потенциал и снимается зависимость поступающего тока от этого потенциала. Электрический ток складывается из токов электронов и положительно заряженных ионов:

$$I_z = I_e + I_i.$$

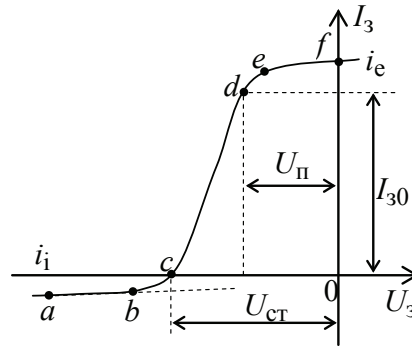


Рис. 2. Вольтамперная характеристика зонда

1.6 Спектральный анализ

Спектральный анализ позволяет точно определить химический состав вещества. Основные требования, относимые к данному методу, это определение количества всех элементов (качественный анализ), входящих в со-

став плазмы, и их концентрация (количественный анализ). Спектральный анализ обладает большим преимуществом в сравнении с химическим методом: быстрота определения и повышенная чувствительность. Именно поэтому анализ по спектрам довольно широко используется в современном производстве и научных опытах и исследованиях.

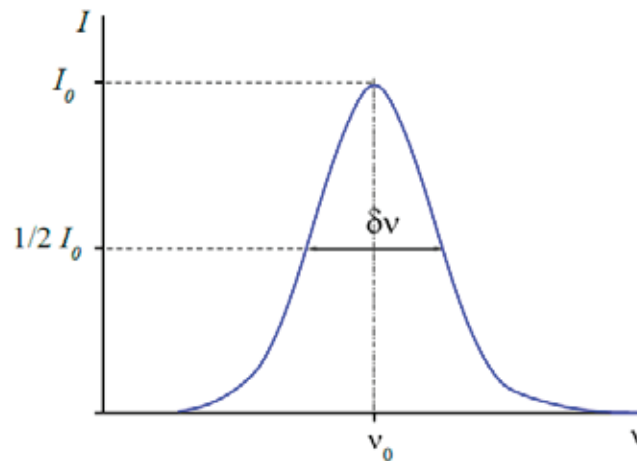


Рис. 3. Спектр излучения и его уширение

1.7 Моделирование

Спектр излучения плазмы газового разряда строится на основе следующей формулы:

$$E_i = \frac{1}{4\pi} \frac{hc}{\lambda_i} A_{ul,i} g_u \frac{n_g}{Q(T)} \exp\left(-\frac{E_{u,i}}{kT}\right),$$

где E_i — коэффициент излучения для i — той длины волны; h — постоянная Планка; c — скорость света; $A_{ul,i}$ — вероятность перехода с одного энергетического уровня на другой; g_u — статистический вес; n_g — концентрация компонентов плазмы; k — коэффициент Больцмана; T — температура плазмы.

Также, для построения качественного спектра излучения газоразрядной плазмы все значения, полученные при помощи формулы (3.1), были умножены на функцию распределения по длинам волн:

$$P = \frac{0.3}{2\pi} \frac{1}{(\lambda_j - \lambda_i)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)^2},$$

что позволило также анализировать значения не только для заданных длин волн, но и на всем промежутке рассмотрения от 300 до 800 нм с шагом 0.01 нм.

Результат моделирования на примере излучения Ti в промежутке от 200 до 250 нм, все необходимые данные берутся с международной базы данных Kurucz Data Base.

Заключение

Полностью был изучен спектральный метод диагностики, на основе которого была написана программа в среде Mathcad для моделирования спектров излучения. Данное моделирование оказалось достаточно точным

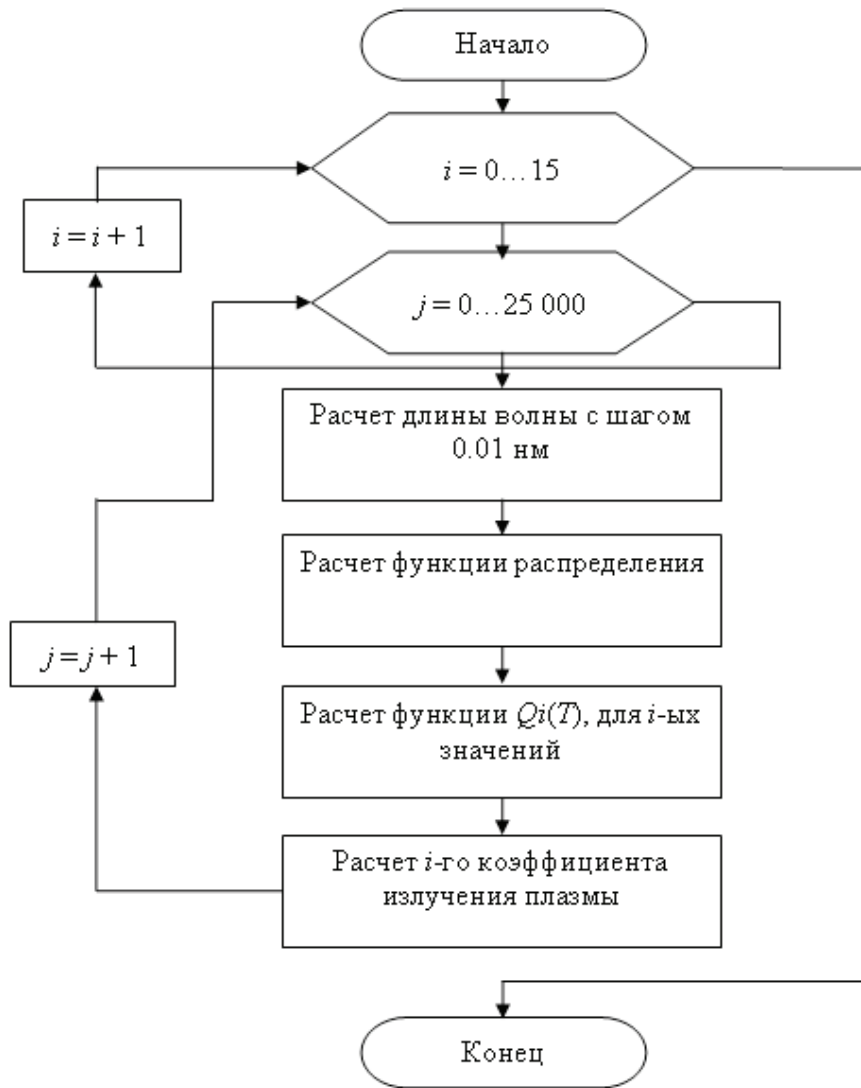


Рис. 4

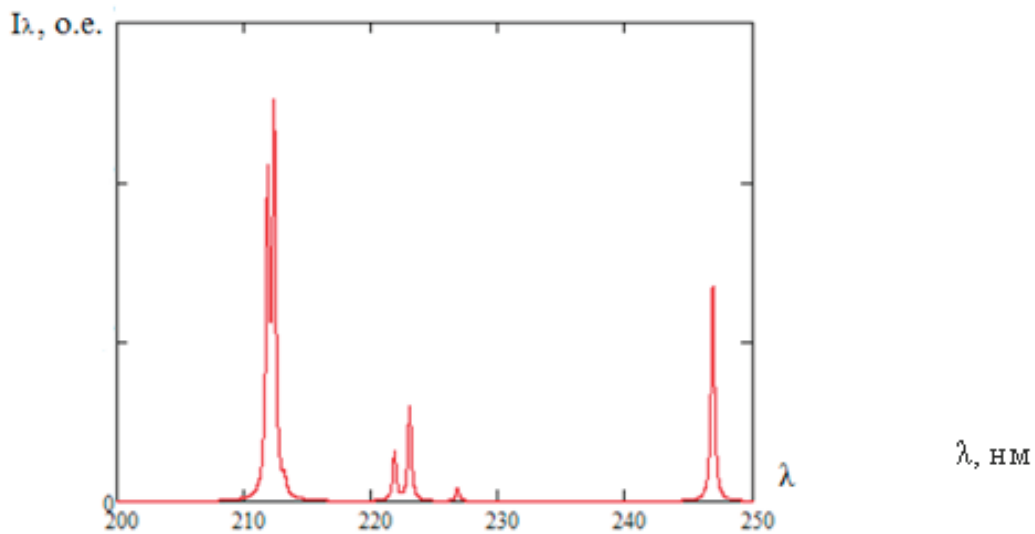


Рис. 5

и способствовало упрощению анализа спектральных характеристик плазмы газового разряда. С его помощью

были определены интенсивные линии экспериментального спектра.

Литература:

1. Александров, А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А. Основы электродинамики плазмы, М.: Высшая школа, 1988.
2. Райзер, Ю. П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992. 536 с.
3. Грановский, В. Л. Электрический ток в газе. Т. 2. М.: Наука, 1971.
4. Голант, В. Е. Диагностика плазмы. М.: Мир, 1973.
5. Гарифзянов, А. Р. Атомно-абсорбционная спектроскопия. К.: Казанский федеральный университет, 2009.
6. Моделирование процессов плазменной электроники. Методические указания к лабораторным работам / сост.: В. Т. Барченко, О. И. Гребнев, С. А. Марцынюков, В. В. Черниговский. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 48 с.

Разработка системы рентгенозащитных ограждений

Цветков Роман Юрьевич, студент;

Рыков Евгений Анатольевич, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В данной статье рассматривается явление ослабления рентгеновского излучения защитными материалами с последующей разработкой специальной системы защиты от пагубного воздействия рентгеновского излучения на человека. Для реализации используется расчётная методика — метод номограмм. Также имеет место корреляция результатов, полученных с помощью используемого расчетного метода и экспериментально полученных значений.

Ключевые слова: радиационная защита, защита от рентгеновского излучения, метод номограмм, экспериментальная методика

В наши дни, рентгеновская дефектоскопия является наиболее распространенным способом диагностики внутренних органов и тканей, его плюсы заключаются в дешевизне и легкости проведения исследования. Вследствие того, что рентгеновское излучение обладает большой проникающей способностью и способностью ионизировать молекулы веществ, имеет место беспрепятственное проникновение излучения сквозь органы и ткани. В результате чего имеет место нарушение первоначальной структуры клеток, что несет за собой множество негативного воздействия на человеческий организм. Предотвращение этих последствий — одна из актуальнейших тем современной рентгеновской техники, в связи с чем, тема статьи, в которой рассматривается и анализируется методика расчета защиты от рентгеновского излучения является весьма актуальной.

1. Рентгеновская дефектоскопия

Для того чтобы обеспечить заданное производителем качество конечного продукта (законченного производством изделия), требуется ввод наблюдения не только за соответствием качества материала, но и за соблюдением режимов технологических процессов.

Дефектоскопия — это специализированный комплекс методов и инструментов неразрушающего контроля материалов и изделий с целью обнаружения дефектов [1]. Дефектоскопия включает в себя следующие стадии:

- разработка инструментов и методов анализа и исследования;
- создание и эксплуатация аппаратов (дефектоскопы);
- создание методов контроля;
- обработка результатов.

В основе метода дефектоскопии лежит изучение и наблюдение за изменениями физических свойств материалов при воздействии на них разными видами излучения [2]. Рентгеновская дефектоскопия основывается на явлении поглощения рентгеновского излучения, зависящего от плотности среды и от атомного номера элементов материалов среды. Энергия рентгеновских квантов напрямую зависит от ускоряющего напряжения в рентгеновской трубке и определяет проникающую способность данного излучения.

Поглощение рентгеновского излучения в материале зависит от толщины поглотителя и коэффициента поглощения [4], определяется формулой:

$$I = I_0 \times e^{-\mu d},$$

где:

- I — интенсивность излучения, прошедшего через поглотитель;
- I_0 — интенсивность падающего излучения.

На следующем схематичном рисунке представлен процесс рентгеновского просвечивания:

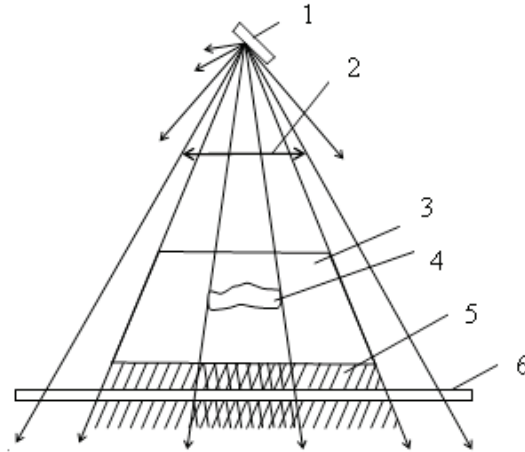


Рис. 1. Схема рентгеновского просвечивания: 1 — источник излучения; 2 — пучок рентгеновских квантов; 3 — исследуемая деталь или материал; 4 — внутренний дефект или неоднородность; 5 — не воспринимаемое человеческим глазом рентгеновское изображение за деталью; 6 — регистратор рентгеновского изображения

2. Расчет защиты от рентгеновского излучения методом номограмм

Одним из видов технических средств, предназначенных для защиты от ионизирующего излучения, служат специальные экраны и заграждения [3]. Рассчитывая такое защитное ограждение, определяется его толщина и материал, которые зависят от типа излучения, энергии квантов и ослабления в материале. Источником рентгеновского излучения в современных рентгеновских аппаратах используются рентгеновские трубки. Основная характеристика рентгеновской трубки — радиационный выход. Прежде всего, величину радиационного выхода определяют напряжение трубки и фильтрация пучка излучения.

Главным параметром номограмм, с помощью которого и определяется защита, является коэффициент:

$$k_I = 2,5 \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2}$$

где D_T — радиационный выход рентгеновской трубки, для которой определяется защита; D_{T_0} — радиационный выход некоторой стандартной рентгеновской трубки; m — отношение проектной предельно допустимой мощности эквивалентной дозы для помещений постоянного пребывания персонала категории А при 36 — часовой рабочей неделе; i — сила тока в рентгеновской трубке; R — расстояние от анода трубки до рабочего места. [3]

Расчет производился с помощью следующих номограмм:

$$\dot{D}_{T_0}, \frac{\text{мГн} \cdot \text{м}}{\text{мин} \cdot \text{м}}$$

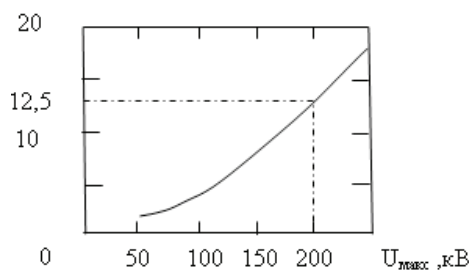


Рис. 2. Радиационный выход трубки в зависимости от напряжения трубки

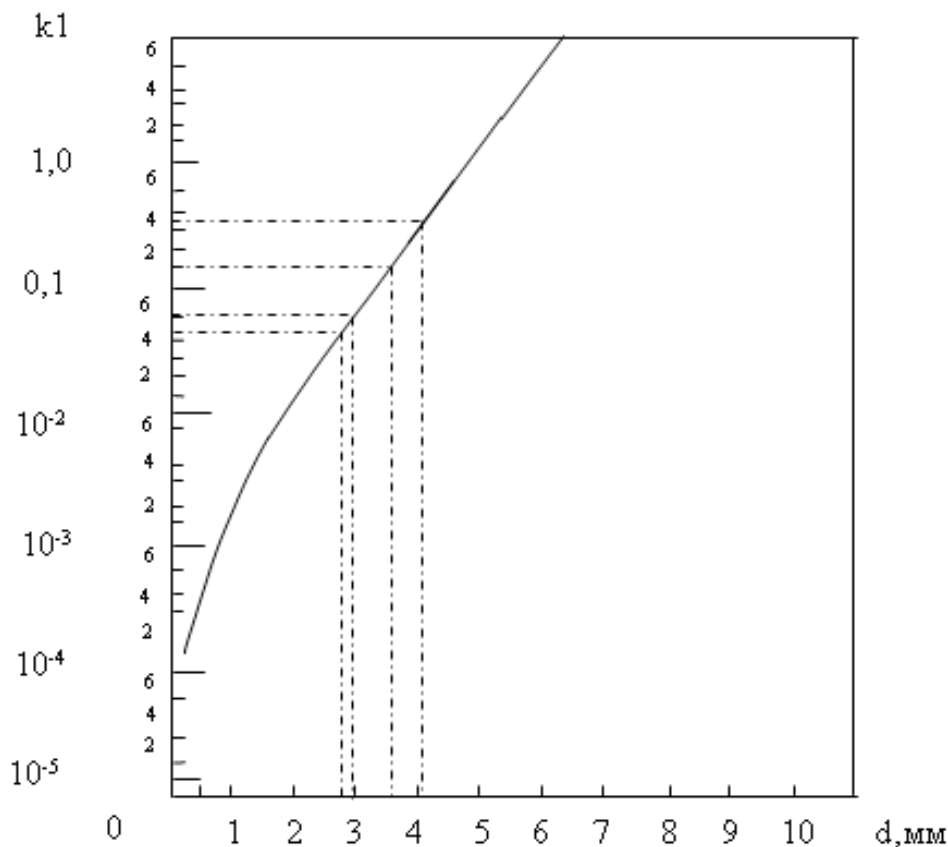


Рис. 3. Номограмма для расчета защиты из свинца от рентгеновского излучения

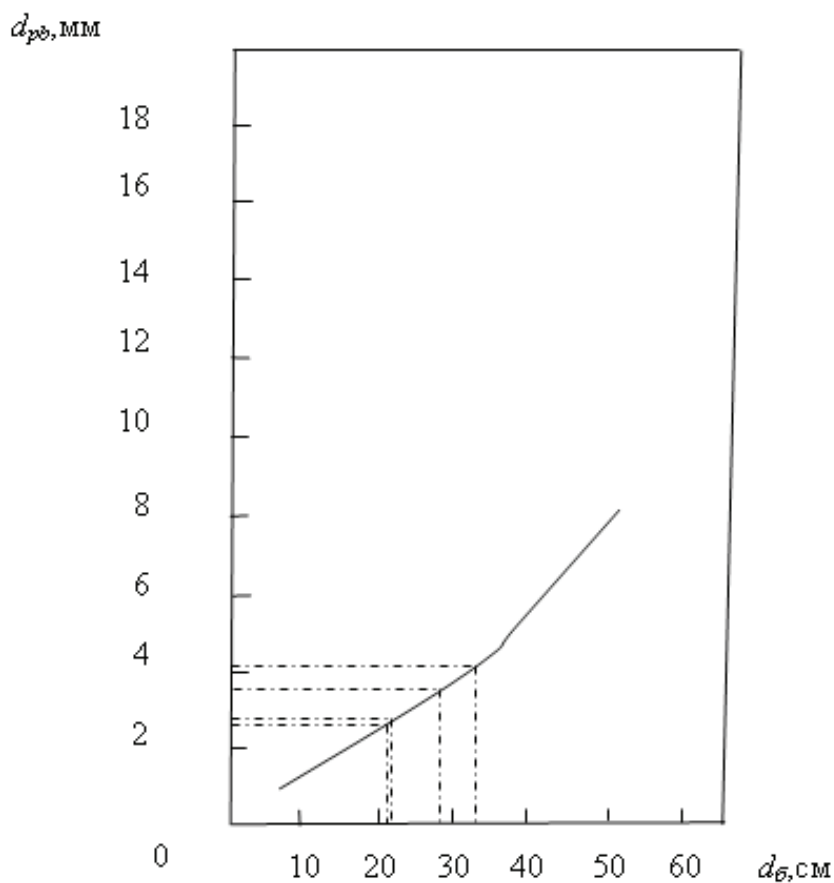


Рис. 4. Номограмма отношения эквивалентной толщины между свинцом и бетоном

3. Результаты использования данного метода

Рассчитав необходимые коэффициенты, были получены соответствующие параметры номограмм, с помощью которых, в последствие, была произведена оценка необходимой толщины рентгенозащитных ограждений. Данные параметры рассчитывались с учетом направленности излучения, а также с учетом коэффициента эпизодичности для получения наиболее точного результата.

Полученные параметры номограмм:

$$k_1 = 2.5 \times k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} = 2.5 \times 4.3 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{36}{36} \times \frac{0.8}{25} = 0.443$$

$$k_2 = 2.5 \times k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 1.2 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{1.6} \times 0.05 = 0.115$$

$$k_3 = 2.5 \times k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 0.3 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{10.272} \times 0.05 = 0.0449$$

$$k_4 = 2.5 \times k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 4 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{10.272} \times 0.05 = 0.0599$$

Оценка необходимой защиты из свинца:

- при $k_1 = 0.443$, толщина защиты из свинца составила $d_{Pb} = 4.1 \text{ мм}$;
- при $k_2 = 0.115$, толщина защиты из свинца составила $d_{Pb} = 3.6 \text{ мм}$;
- при $k_3 = 0.0449$, толщина защиты из свинца составила $d_{Pb} = 2.7 \text{ мм}$;
- при $k_4 = 0.0559$, толщина защиты из свинца составила $d_{Pb} = 2.8 \text{ мм}$.
- Оценка необходимой защиты из бетона:
- при $k_1 = 0.443$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 34 \text{ см}$;
- при $k_2 = 0.115$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 28.5 \text{ см}$;
- при $k_3 = 0.0449$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 21 \text{ см}$;
- при $k_4 = 0.0559$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 21.5 \text{ см}$.

Заключение

В данной статье был исследован один из методов расчета защиты от рентгеновского излучения, метод номограмм. С помощью данного метода были рассчитаны реальные толщины защитных ограждений необходимые для обеспечения безопасной работы в рентгенодефектоскопической лаборатории. Расчеты произведены в соответствии со всеми нормами и правилами в области обеспечения радиационной безопасности.

Литература:

1. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности М.: Энергоатомиздат, 1991. 335 с.
2. Блохин, М. А. Физика рентгеновских лучей. — М.: Гос. изд-во тех. — теор. лит-ры, 1953. 518 с.
3. Алешин, Н. П. Физические методы неразрушающего контроля. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
4. Машкович, В. П. Защита от ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1995. 494 с.

Определение концентрации свободных носителей заряда в сильнолегированном азотом карбиде кремния политипа 4H

Шохов Артем Викторович, студент;

Митяшкин Дмитрий Сергеевич, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В представленной работе рассматривается метод получения концентрации свободных носителей заряда в сильнолегированном азотом карбиде кремния политипа 4H. Определение концентрации осуществляется путем рассмотрения спектра отражения, полученного с помощью фурье-спектроскопии, исследуемого образца карбида кремния. Для точного определения используется моделирование в математическом пакете Mathcad.

Ключевые слова: карбид кремния, легирование, фурье-спектроскопия, спектр отражения, моделирование, плазменный резонанс, Mathcad, концентрация свободных носителей заряда

На сегодняшний день карбид кремния, в основном, используется в силовой электронике, микроэлектронике специального назначения, полупроводниковой элементной базе, работающих в экстремальных условиях. Таким образом очень важно проводить качественный анализ карбида кремния, использующегося в данных устройствах. Это возможно с помощью фурье-спектроскопии.

1. Карбид кремния

Карбид кремния является неорганическим бинарным химическим соединением кремния и углерода, при взаимодействии, образующих непрямозонную полупроводниковую кристаллическую структуру.

1.1 Политипизм

Политипизм является частным случаем полиморфизма и наблюдается в некоторых кристаллах со слоистой структурой. Политипные модификации построены из одинаковых слоев или слоистых «пакетов» атомов и различаются способом и периодичностью наложения таких пакетов или слоев. Известно, что карбид кремния при комнатных температуре и давлении, может существовать в виде различных политипных форм. На данный момент количество известных политипов кремния составляет около двухсот пятидесяти в любом политипе карбида кремния сохраняется ближний порядок, то есть атом углерода, находится в тетраэдрическом окружении атомов кремния и наоборот. Воспроизведение того или иного политипа зависит от многих факторов таких как: температура и скорость роста, состав кристаллизационной среды, тип легирующих примесей и др. [1]

1.2 Свойства карбида кремния

— Большая ширина запрещенной зоны (варьирующаяся от 2,3 до 3,3 эВ для различных политипов) — данное свойство обеспечивает, приборам, созданным на

основе SiC, работу в большом интервале температур, а также способность излучать в диапазоне от 0.38 до 0.78 микрон [2].

— Теплопроводность (3–5 Вт/см²). Благодаря высокой теплопроводности SiC, приборы могут работать при больших плотностях тока и высоких уровнях мощности, эффективно рассеивая избыток тепла.

— Термическая стабильность, характеризуемая температурой Дебая. Данная характеристика определяет температуру, при которой возникают упругие колебания кристаллической решетки с максимальной частотой. При превышении данной температуры, колебания могут стать неупругими, что приведет к разрушению материала.

— Наличие собственной подложки, которая может иметь проводимость n или p типа, также у карбида имеется собственный окисел SiO₂. Это способствует тому, что на основе SiC можно создавать любые типы полупроводниковых структур, которые могут быть использованы в создании приборов в областях микро, СВЧ, мощной и сильноточной электроники, фотодетекторов, фото — электро — преобразователей ультрафиолетового излучения.

— Радиационная стойкость (за счет высокой энергии дефектообразования 25–35 эВ) — означает, что параметры полупроводника или прибора который на нем основываются останутся неизменными при взаимодействии с радиоактивным излучением. При облучении полупроводников возникают радиационные дефекты — глубинные центры в полупроводнике акцепторной или донорной природы. Если рассматривать полупроводник n типа, то в результате облучения, возникает радиационный дефект акцепторной природы и электроны из зоны проводимости переходят на этот уровень. Вследствие этого проводимость материала уменьшается, при больших дозах облучения полупроводник может стать изолятором [3].

2. Спектроскопия

Спектрометр — это оптическое устройство, предназначенное для регистрации и исследования оптических

спектров в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях. Обработка которых, необходима для таких видов деятельности как: количественный анализ и контроль качества продукции в химической, нефте — химической, фармацевтической, пищевой и парфюмерной промышленности, осуществление экологического контроля, криминалистическая и другие виды экспертиз, также данное устройство используется для качественного и количественного анализа выращенных кристаллических структур, использующихся в полупроводниковой промышленности.

2.1 Фурье-спектрометр

В основе работы любого фурье-спектрометра лежит явление интерференции электромагнитного излучения. Главным элементом оптической схемы фурье-спектрометра является интерферометр Майкельсона. Он позволяет получить интерферограмму — сигнал, регистрируемый в зависимости от оптической разности хода лучей. С помощью преобразования Фурье из полученной интерферограммы можно вычислить спектр, с помощью которого получается информация о оптических свойствах исследуемых образцов [4]. На рисунке 1 изображена упрощенная схема фурье-спектрометра (Vertex 80 Bruker) на котором проводилось исследование.

2.2 Исследуемый образец карбида кремния

Исследуемый образец представляет собой толстую пластину сильнолегированного монокристаллического карбида кремния черного цвета выращенного по методу ЛЭТИ. Ввиду того, что данный образец сильно поглощает свет в ультрафиолетовом, видимом и ближнем и среднем инфракрасном диапазонах, исследование его свойств по спектрам поглощения не представляется возможным.

2.3 Явление плазменного резонанса

Плазменный резонанс — обуславливается колебанием свободных носителей заряда относительно решетки с некой частотой:

$$\omega_p = \left(\frac{n_c e^2}{m^* \epsilon_\infty} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где n_c — концентрация свободных носителей заряда (см^{-3}); m^* — эффективная масса свободных носителей заряда (кг) (const); e — заряд электрона (Кл); ϵ_∞ — оптическая диэлектрическая постоянная (const). [5]

Таким образом, плазменный резонанс напрямую зависит от концентрации свободных носителей заряда. На спектре отражения в ик области, изображенного на рисунке 2, частоту плазменного резонанса можно наблюдать в области, находящейся за фоновой областью отражения.

3. Нахождение концентрации свободных носителей заряда по спектру отражения

Если подробнее рассмотреть формулу № 1, можно заключить, что все параметры кроме частоты плазменного резонанса и концентрации свободных носителей заряда являются константами. Таким образом, получение величины концентрации собственных носителей заряда возможно только с помощью точного определения частоты плазменного резонанса.

3.1 Моделирование спектра отражения

Для получения величины частоты плазменного резонанса необходимо смоделировать имеющийся спектр в математическом пакете Mathcad, путем вывода коэффициента отражения, и вычисления волновых чисел из уравнения диэлектрической проницаемости [5]:

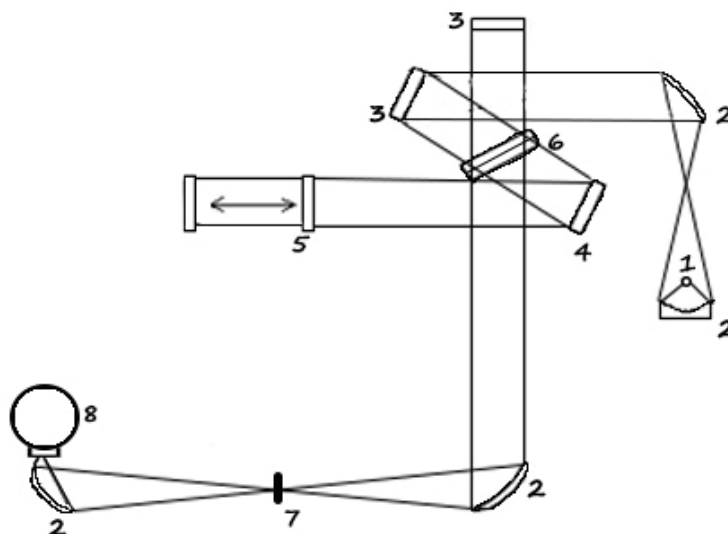


Рис. 1. 1 — Источник света; 2 — Параболические зеркала; 3 — Плоские зеркала; 4 — Подстроечное зеркало; 5 — Подвижное зеркало; 6 — Светоделитель; 7 — Кювета с исследуемым образцом; 8 — Детектор

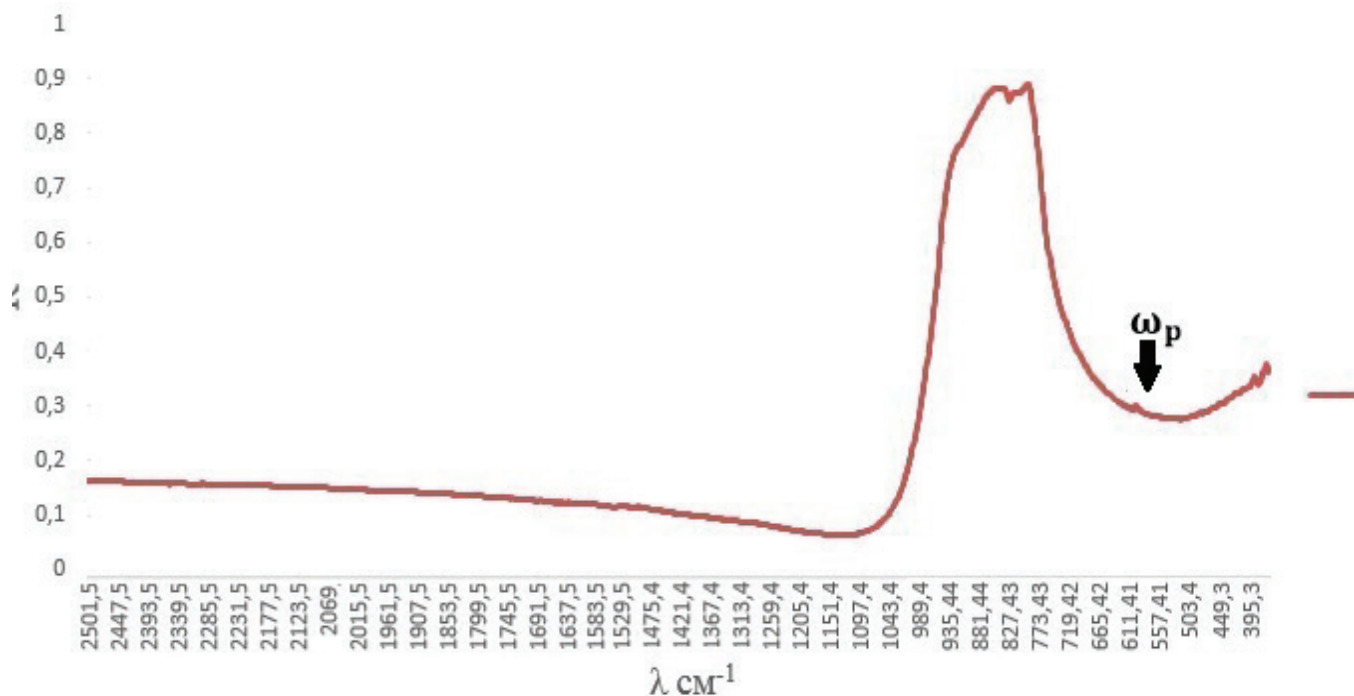


Рис. 2. Положение частоты плазменного резонанса в сильнолегированном азотом карбиде кремния (4Н)

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_\infty + \left(\frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)\omega_T^2}{\omega_T^2 - \omega^2 - i\Gamma_T\omega} - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega i\gamma)} \right), \quad (2)$$

где $\epsilon(\omega)$ — относительная диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 — низкочастотная диэлектрическая проницаемость; ϵ_∞ — высокочастотная диэлектрическая проницаемость; ω_T — частота колебаний поперечных фононов; ω_p — частота плазменного резонанса; ω — частота (линейно пропорциональна волновому числу); i — мнимая единица; γ — константа рассеяния свободных носителей заряда; Γ_T — константа рассеяния на оптических фононах с поперечной поляризацией. Для 4Н карбида кремния $\epsilon_\infty = 6.7$; $\omega_T = 797 \text{ см}^{-1}$; $\Gamma_T = 2 \text{ см}^{-1}$; [6]

Для определения концентрации в легированном азотом карбиде кремния по спектру отражения, очень важно смоделировать спектр отражения так, чтобы он максимально совпадал с экспериментальным, поэтому для расчета коэффициента отражения используется метод наименьших квадратов:

$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}, \quad (3)$$

где R — коэффициент отражения; n — коэффициент преломления; k — коэффициент экстинкции;

Чтобы обеспечить правильность расчета, коэффициенты преломления и экстинкции должны рассчитываться из формулы комплексной относительной диэлектрической проницаемости [1]:

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_1 - i\epsilon_2, \quad (4)$$

ϵ_1 — вещественная часть относительной диэлектрической проницаемости; ϵ_2 — мнимая часть относительной диэлектрической проницаемости;

$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 \quad (5)$$

$$\epsilon_2 = 2nk \quad (6)$$

Путем решения приведенной выше системы уравнений, получаем выражение для коэффициента преломления:

$$n^4 \times n^2 \times \epsilon_1 - \frac{\epsilon_2^2}{4} = 0 \quad (7)$$

С помощью дальнейших вычислений получаем корни данного уравнения:

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon + \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}}{2}} \quad (8)$$

И следующий из него коэффициент экстинкции:

$$k = \frac{\epsilon_2}{\sqrt{2 \times \sqrt{\epsilon + \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}}}} \quad (9)$$

Для построения смоделированного спектра отражения необходимо задать три неизвестных переменных ($\omega_p, \gamma, \epsilon$), притом отклонение расчетного коэффициента отражения должно стремиться к значению близкому к нулю (метод наименьших квадратов), для обеспечения правильного построения спектра. Важно обратить внимание, что среди неизвестных переменных имеется частота плазменного резонанса, это позволяет в случае верно смоделированного спектра использовать полученное значение частоты для расчета концентрации свободных носителей заряда. Ниже приведены экспериментальный и смоделированный спектры.

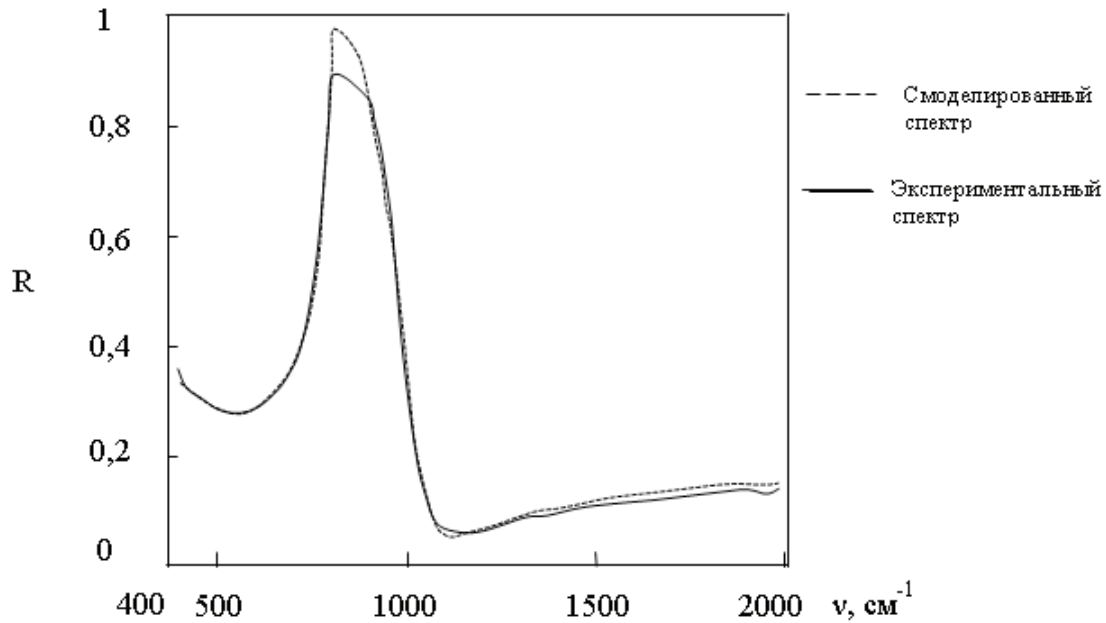


Рис. 3. Экспериментальный и смоделированный в Mathcad спектры сильнолегированного азотом 4Н карбида кремния

Заключение

Данный метод позволяет получить концентрацию свободных носителей заряда для сильнолегированного азотом карбида кремния с помощью спектра отражения. Особен-

ность данного метода состоит в том, что он достаточно прост для воспроизведения, а также является весьма точным. Для исследуемого образца была найдена частота плазменного резонанса $639,2 \text{ см}^{-1}$ и следующая из неё величина концентрации свободных носителей заряда $1,59 \times 10^{19}$.

Литература:

1. Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника: учебник для вузов. Москва: Издательство «Высшая школа», 2001. 573 с.
2. Карбид кремния: технология, свойства, применение / О. А. Агеев, А. Е. Беляев, Н. С. Болтовец, В. С. Киселев, Р. В. Конакова. Харьков: Издательство «ИСМА», 2010. — 532 с.
3. Радиационная стойкость широкозонных полупроводников (на примере карбида кремния) / А. А. Лебедев, В. В. Козловский, Н. Б. Строкан, Д. В. Давыдов, А. М. Иванов и др. СПб.: Физика и техника полупроводников, 2002, том 36, вып. 11.
4. Инфракрасная спектроскопия / И. В. Колесник, Н. А. Саполетова. Москва: Издательство «МГУ им М. В. Ломоносова», 2011. — 88 с.
5. Уханов, Ю. И. Оптические свойства полупроводников СПб.: Издательство «Наука», 1977. 139–338 с.
6. Spectroscopic analysis of electrical properties in polar semiconductors with over — damped plasmons / S. Nakashima, H. Narima // Journal of Applied Physics. 2004, Vol. 95, № 7, pp. 3541–3546.

ХИМИЯ

Превращение природного газа и метанола на цеолитах типа пентасила, модифицированных нанопорошками Zr, Cr и Mo

Бабаева Турана Аллаз гызы, диссертант;
Мамедов Сабит Эйюб оглы, доктор химических наук, профессор;
Азмамедова Хураман Мовлуд гызы, доктор философии по химии
Бакинский государственный университет (Азербайджан)

Ганбарова Эльнура Абульфаз гызы, диссертант;
Алиев Тофиг Аббасали оглы, доктор химических наук, профессор
Нахичеванский государственный университет (Азербайджан)

Изучено совместное промотирующее влияние нанопорошков циркония, хрома и молибдена на каталитические свойства цеолита типа пентасила в процессе конверсии природного газа и метанола в ароматические углеводороды (АРУ). Показано, что добавки Zr, Cr к Mo-содержащему пентасилу приводит к повышению активности и селективности катализатора в образовании ароматических углеводородов. Установлено, что максимальное количество ароматических углеводородов из природного газа образуется на катализаторах 1,0% Cr — 6,0% Mo/ЦВМ, 1,5% Zr — 6,0% Mo/ЦВМ, а из метанола — на катализаторах 3,0% Cr — 6,0% Mo/ЦВМ, 3,0% Zr — 6,0% Mo/ЦВМ.

Ключевые слова: природный газ, метанол, цеолит типа пентасил, цирконий, молибден и хром

Одним из решений проблемы поиска альтернативного сырья для получения продуктов нефтехимической промышленности, может стать вовлечение в переработку природного газа и метанола.

В начале 90-х гг. прошлого столетия появились сообщения о возможности осуществления каталитической ароматизации низкомолекулярных парафиновых углеводородов C₂-C₅, представляющий большой интерес с точки зрения расширения сырьевой базы. [1,2].

Исследования последних лет показали также возможность каталитической ароматизации метанола. Процесс ароматизации протекает в присутствии различных каталитических систем, среди которых наиболее эффективными считаются высококремнеземные цеолиты типа ZSM-5 [3,4]. Применение данных катализаторов, отличающихся высокой активностью и селективностью, делает процесс ароматизации легких углеводородов и метанола перспективным для использования в промышленности.

Целью данной работы являлось исследование влияния добавок наноразмерных порошков (НРП) Zr, Cr и Mo на кислотные и каталитические свойства цеолита типа пентасила в процессе ароматизации природного газа и метанола.

Экспериментальная часть

Наноразмерные порошки Zr, Cr и Mo получали распылением металлической проволоки электроимпульсами

большой мощности [5]. Катализаторы готовили путем сухого механического смешения в вибрационной мельнице на воздухе нанопорошками металлов и высококремнеземного цеолита типа пентасил (ЦВМ) с последующим прокаливанием приготовленных смесей при температуре 550°C в течение 3ч. Концентрация нанопорошка Mo в катализаторах составляла 6,0 мас.%, а концентрации Cr и Zr варьировались от 0,5 до 3,0 мас. %.

Кислотные свойства катализатора изучали методом термопрограммированной десорбции (ТПД) аммиака [6].

Образование коксовых отложений и их природу изучали с помощью метода термического анализа на дериватографе фирмы MOM (Венгрия) в интервале температур 20–800°C. Образец (300–400 мг) в платиновом тигле нагревали на воздухе со скоростью 10 град/мин.

В качестве исходного сырья использовали свежеперегранный метанол (чистота 99%) и природный газ состава (мас. %: метан — 84,1; этан — 4,5; пропан — 6,7; бутаны — 4,2; пентаны — 0,5).

Конверсию природного газа и метанола проводили на установке проточного типа в кварцевом реакторе с загрузкой 5 см³ катализатора при атмосферном давлении.

Конверсию природного газа изучали при температуре 600–750°C и объёмной скорости подачи сырья 1000 ч⁻¹, а метанола при температуре 300–450°C и объёмной скорости подачи метанола равном 2ч⁻¹.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования кислотных свойств полученных катализаторов представлены в табл. 1. Все исследуемые образцы имеют два типа кислотных центров. Добавление к катализатору 6,0 мас. % Мо/ЦВМ нанопорошков Zr и Cr в количестве 0,5 мас. % приводит к увеличению силы и концентрации кислотных центров обоих типов. Для образцов 1,0% Cr — 6,0% Мо/ЦВМ и 1,0% Zr — 6,0% Мо/ЦВМ концентрация слабых кислотных центров составляет 368–377 мкмоль/г, а сильных 230–240 мкмоль/г, что соответственно на 38–47 мкмоль/г и 32–42 мкмоль/г выше,

чем для катализатора без Cr и Zr. С ростом содержания циркония и хрома в катализаторе наблюдается уменьшение концентрации кислотных центров обоих типов и постепенное сглаживание высокотемпературного максимума.

Таким образом, исследование кислотных свойств катализаторов показали, что модифицирование 6,0% Мо/ЦВМ хромом и цирконием приводит к перераспределению кислотных центров по силе и концентрации. В результате происходит изменение соотношения слабых и сильных кислотных центров цеолита, что сказывается на его каталитических свойствах в превращении природного газа и метанола.

Таблица 1. Кислотные характеристики Zr, Cr-Мо-содержащих пентасилов

Катализатор	Тмак формы, °С		Концентрация кислотных центров (мкмоль/г)		
	T ₁	T ₂	C ₁	C ₂	C ₃
6,0% Мо/ЦВМ	188	390	330	198	528
0,5% Cr — 6,0% Мо/ЦВМ	195	395	368	230	598
1,0% Cr — 6,0% Мо/ЦВМ	200	405	340	205	545
1,5% Cr — 6,0% Мо/ЦВМ	210	402	295	110	405
1,0% Zr — 6,0% Мо/ЦВМ	195	398	377	240	470
1,5% Zr — 6,0% Мо/ЦВМ	205	410	355	210	565
2,0% Zr — 6,0% Мо/ЦВМ	212	400	300	120	420

C₁ — слабые кислотные центры, C₂ — сильные кислотные центры, C₃ — общая кислотность.

В табл. 2 приведены данные по влиянию температуры процесса на состав продуктов превращения природного газа на Zr-Мо и Cr-Мо-содержащих цеолитах. С ростом температуры процесса на всех образцах наблюдается увеличение степени превращения исходного сырья и выхода ароматических углеводородов. В составе жидких продуктов реакции основными являются бензол и нафталин, доля которых увеличивается с ростом температуры процесса. В газообразных продуктах с повышением температуры реакции растёт концентрация водорода и уменьшается количество низших алканов и алкенов C₂ — C₃.

Исходный образец, модифицированный только Мо, проявляет относительно высокую каталитическую активность. С ростом температуры процесса на катализаторе 6,0% Мо/ЦВМ конверсия природного газа и выход АРУ повышается и достигает при 750°С соответственно 37,91% и 30,5%. Селективность образования АРУ на этом образце в интервале температур 600–750°С изменяется от 65,8% до 80,0%. Добавление к катализатору 6,0% Мо/ЦВМ 1,0% хрома и 1,0% циркония приводит к повышению конверсии природного газа и выхода АРУ (с 30,5 мас. % до 31,84–33,42 мас. %), а селективность образования АРУ при 750°С составляет более 80%. Повышение содержания хрома в образце до 1,5 мас. % приводит к снижению как степени превращения природного

газа, так и выхода АРУ. Выход АРУ снижается до 20,66–30,58 мас. %. На катализаторе, содержащем 1,5% Zr выход АРУ возрастает до 33,51 мас. %. Дальнейшее увеличение концентрации циркония в катализаторе приводит к снижению выхода АРУ до 30,58 мас. %

Таким образом, наиболее высокой активностью и селективностью в отношении образования АРУ из природного газа обладает цеолитный катализатор, содержащий нанопорошки Cr и Мо в количестве соответственно 1,0 и 6,0 мас. %.

Модифицирование пентасила нанопорошками Zr, Cr и Мо оказывает промотирующее действие на его каталитические свойства в превращении метанола в АРУ.

Как видно из рисунка 1 увеличение концентрации нанопорошка Cr в составе 6,0% Мо/ЦВМ до 1,5 мас. % снижает выход ксилолов с 21,5 мас. % до 18,0 мас. %. При этом содержание п-ксилола в смеси ксилолов достигает 68,9%. Дальнейшее увеличение концентрации Cr в образце до 3,0 мас. % снижает выход АРУ (с 18,0 мас. % до 13,0 мас. %), но заметно повышает селективность по п-ксилолу (с 68,9% до 75,5%). Такая же закономерность наблюдается при увеличении концентрации циркония в катализаторе. При содержании 3,0 мас. % Zr селективность по п-ксилолу достигает до 78,5%.

Очевидно, изменение активности и пара-селективности 6,0% Мо/ЦВМ катализатора при его модифици-

Таблица 2. Влияние температуры процесса на состав продуктов превращения природного газа на модифицированных пентасилах

T, °C	Конверсия природного газа, %	Продукты реакции, мас. %							Выход АРУ, %	S _{АРУ} , %
		H ₂	Алканы C ₁ -C ₄	Алкены C ₂ -C ₄	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₁₀ H ₈	АРУ C ₁₁ -C ₁₂		
6,0% Mo/ЦВМ										
600	6,9	0,65	93,14	1,67	1,58	-	2,94	0,02	4,54	65,8
650	19,64	3,12	80,36	1,34	4,88	0,05	9,96	0,29	15,18	77,3
700	25,37	3,88	74,63	0,98	6,67	0,10	12,74	0,26	19,77	77,9
750	37,91	6,58	62,09	0,82	11,23	0,12	18,84	0,32	30,5	80,0
0,5% Cr — 6,0% Mo/ЦВМ										
600	7,7	0,74	92,3	1,46	1,74	0,01	3,68	0,07	5,5	71,4
650	21,53	3,52	78,47	1,21	5,12	0,06	11,23	0,39	16,8	78,0
700	26,92	4,54	73,08	0,96	7,12	0,10	13,95	0,41	21,58	80,1
750	39,3	6,78	60,70	0,75	12,54	0,11	18,56	0,56	31,77	80,8
1,0% Cr — 6,0% Mo/ЦВМ										
600	8,47	0,85	91,53	1,19	1,91	0,01	4,43	0,08	6,43	75,9
650	23,1	3,75	76,9	0,98	8,79	0,05	9,18	0,35	18,37	79,5
700	28,39	4,68	71,61	0,82	10,8	0,08	11,74	0,27	22,89	80,6
750	41,39	7,28	58,61	0,69	14,36	0,12	17,86	1,08	33,42	80,7
1,5% Cr — 6,0% Mo/ЦВМ										
600	7,48	0,71	92,52	1,34	2,12	0,02	3,26	0,03	5,43	72,6
650	19,59	3,23	80,41	1,16	5,64	0,09	9,32	0,15	15,20	77,6
700	26,29	4,32	72,71	0,97	11,07	0,12	9,68	0,13	21,04	79,8
750	37,11	6,57	62,89	0,88	13,47	0,16	15,74	0,29	29,66	79,9
1,0% Zr — 6,0% Mo/ ЦВМ										
600	8,0	0,74	92,0	1,56	1,84	0,01	3,67	0,08	5,7	71,2
650	22,0	3,55	78,0	1,23	5,35	0,07	11,42	0,38	17,21	78,2
700	27,8	4,65	72,2	0,95	7,42	0,15	14,25	0,43	22,25	80,1
750	39,44	6,82	60,64	0,78	12,74	0,12	18,44	0,54	31,84	80,7
1,5% Zr — 6,0% Mo/ ЦВМ										
600	8,64	0,83	91,36	1,22	1,95	0,01	4,54	0,09	6,59	76,2
650	25,78	3,65	74,22	0,96	8,86	0,07	11,85	0,39	21,17	82,1
700	32,73	4,68	71,61	0,71	12,14	0,17	14,62	0,41	27,34	83,5
750	41,0	6,87	59,0	0,62	14,87	0,18	17,78	0,68	33,51	81,7
2,0% Zr — 6,0% Mo/ ЦВМ										
600	7,68	0,79	92,32	1,35	2,18	0,02	3,28	0,06	5,54	72,1
650	21,75	3,23	78,25	1,13	6,86	0,09	10,23	0,21	17,39	79,9
700	30,23	4,52	72,71	0,94	11,87	0,12	12,46	0,32	24,77	81,9
750	38,11	6,74	62,62	0,78	13,52	0,14	16,64	0,28	30,58	80,2

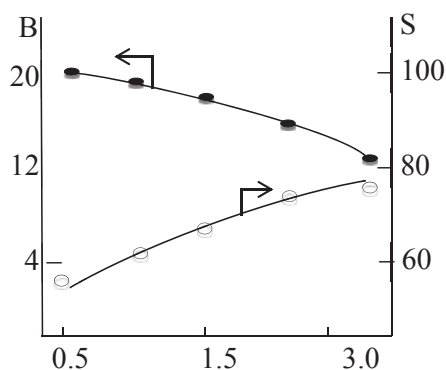


Рис. 1. Влияние концентрации хрома (мас.%) на выход В (мас.%) ксилолов и селективность S (%) по п-ксилолу (T= 400°C, V= 2 ч⁻¹)

ровании хромом вызвано перераспределением кислотных центров и изменением молекулярно-ситовых свойств цеолита.

Таким образом, показана возможность применения цеолита типа пентасила, модифицированного нанопорошками Zr, Sr и Mo для селективного синтеза ароматических углеводородов из природного газа и метанола.

Литература:

1. Ткаченко, О. П., Шпиро Е. С., Васина Г. В. Распределение Ga в матрице пентасила и его влияние на каталитические свойства Ga/HЦВМ в ароматизации пропана // Докл. АН СССР, — 1990, — т. 314, — № 3, — с.668.
2. Воробьев, Б. Л., Кошелев Ю. Н., Хворова Е. П. Кислотность и каталитические свойства модифицированных цеолитов типа Cu-ZSM-5 в процессе ароматизации пропана // Нефтехимия, — 1991, — т. 31, — № 4, — с.475.
3. Колесниченко, Н. В., Яшина О. В., Маркова Н. А., Бирюкова Е. Н., Горяинова Т. И., Кулумбегов Р. В., Хаджиев С. Н., Китаев Л. Е., Ющенко В. В. Конверсия диметилового эфира в олефина C₂-C₄ на цеолитных катализаторах // Нефтехимия, — 2009, — т. 49, — № 1, — с. 45–49,.
4. Хаджиев, С. Н., Колесниченко Н. В., Ежова Н. Н. Получение низших олефинов из природного газа через метанол и его производные // Нефтехимия, — 2008, — т. 48, — № 5, — с. 323–333.
5. Оно, Y. A survey of the mechanism in catalytic isomerization of alkanes // Journal of Catal. Today, — 2003, — V. 81, — No. 1, — p. 3–16.
6. Ющенко, В. В. Расчет спектров кислотности катализаторов по данным ТПД аммиака // Журнал физической химии, — 1997, — т. 71, — № 4, — с. 628–632.

Акилирование о-ксилола трет-бутанолом на цеолите типа У, модифицированном катионами переходных элементов

Велиева Гюнай Ханлар гызы, диссертант;

Ахмедов Эльдар Иса оглы, доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой;

Мамедов Сабит Эйюб оглы, доктор химических наук, профессор;

Гахраманов Талех Ордухан оглы, докторант

Бакинский государственный университет (Азербайджан)

Изучено алкилирование о-ксилола трет-бутанолом на цеолитах типа У модифицированных переходными элементами. Установлена высокая активность цеолитных катализаторов содержащих два многозарядных катиона (FeCaNaY, CrCoCaNaY и CoCaNaY) и показано, что переходные элементы влияют на активность катализаторов путем регулирования протонных и апротонных кислотных центров.

Ключевые слова: алкилирование, о-ксилол, трет-бутанол, цеолит типа У

4-Третбутилортоксилол (4-ТВОК) предложен в качестве исходного вещества для получения высококачественных фталоцианиновых пигментов пластификаторов, фотоматериалов и других ценных продуктов [1–3]. Разработка технологичного, высокопроизводительного, экологически чистого метода синтеза 4-ТВОК представляет несомненный практический интерес. Одним из перспективных направлений синтеза 4-ТВОК является алкилирование о-ксилола трет-бутанолом на цеолитах [4,5]. В работах [5,6] исследованы способы регулирования активности, селективности и стабильности цеолитных катализаторов в реакции алкилирования о-ксилола трет-бутанолом. Установлено, что каталитические свойства цеолитных систем зависят не только от присутствия протонных центров, но и от их доступности для реагирующих молекул, поскольку расположены они главным образом

внутри полостей кристаллов, к которым ведут окна молекулярных размеров. Низкую активность среднепористых H-пентасилов и H-морденита в алкилировании о-ксилола трет-бутиловым спиртом по мнению авторов [6] связано торможением, десорбцией и диффузией, таких объемных молекул как 4-ТВОК в полостях и каналах этих цеолитов.

В настоящей работе изучено влияние природы и концентрации катионов переходных металлов на каталитические свойства цеолита типа У в реакции алкилирования о-ксилола трет-бутанолом.

Экспериментальная часть

Катализаторы готовили из порошкообразного цеолита NaYc мольным соотношением SiO₂/Al₂O₃равным 5,0 методом ионного обмена из растворов NH₄⁺, Ca²⁺, Ni²⁺,

Cr³⁺ и Fe³⁺. Бикатионные формы цеолитов получали из цеолита 0,86 CaNaY путем ионного обмена по методике описанной в работе [7]. Степени обмена Na⁺ и Meⁿ⁺ указаны числами перед соответствующими катионами в символе цеолитов.

Перед использованием цеолиты прогревали в токе воздуха при 500°C в течение 4ч. Активность образцов изменялась во времени в ходе каталитического процесса. Опыты проводили на лабораторной проточной установке с кварцевым реактором с загрузкой 5см³ катализатора при атмосферном давлении в интервале температур 130–200°C, мольном отношении C₆H₄(CH₃)₂: C₄H₉OH равном 4:1 и объемной скорости 2,0 ч⁻¹.

ИК-спектры снимали на спектрометре FTIR-7600. по методике включающей получение таблеток с КВг. Полупрозрачные таблетки получали при тщательном перемешивании тонко измельченной пробы цеолита с порошком КВг (в соотношении 1:10) с последующим прессованием смеси в пресс-форме. Таблетки толщиной 8–10 мг/см² помещали в кювету, дегидратировали в токе осушенного воздуха при 500°C в течении 4ч. охлаждали под откачкой до 0,066 Па и напускали пиридин (P_y). Условия контактирования образцов P_y: 20 и 150°C, давление паров 1733,2 Па, 30 мин. Перед регистрацией спектров удаляли физически сорбированной P_y откачкой.

Результаты и их обсуждение

Каталитические свойства цеолита Y существенно зависят от природы обменного катиона в цеолите. NaY практически не проявляет активность в реакции алкили-

рования, но при 200°C на нем наблюдается 68%-ная конверсия спирта, практически полностью в направлении дегидратации. Замещение Na⁺ на катионы Ca²⁺ и переходных металлов резко увеличивает активность катализатора. Так, на 0,74 FeNaY при 140°C выход 4-ТВОК достигает 64,5%. Ca-форма цеолитов проявляет более низкую активность, чем цеолиты содержащие катионы переходных металлов. Так, если на цеолите 0,86 CaNaY при 140°C выход 4-ТВОК составляет 49,6%, то на Co-, Cr- и Fe- формах цеолита выход 4-ТВОК составляет 62,7–66,2%. Среди исследуемых катионных форм наибольшую активность и селективность проявляет Fe-форма цеолита типа Y. На цеолите 0,74 FeNaY при 140°C выход и селективность по 4-ТВОК составляет 69,2%.

На рис.1 приведены ИК-спектры катализаторов в области валентных колебаний гидроксильных групп. Отсутствие в ИК-спектре Na-формы цеолита типа Y п.п. в области 1550 см⁻¹, т.е. полосы, характеризующей образование пиридиий-катиона (PyH⁺), свидетельствует об отсутствии бренстедовских кислотных центров у этого цеолита. Замещение катионов Na⁺ на многозарядные катионы приводит к появлению п.п. в области 1550 см⁻¹. Интенсивность этой полосы существенно зависит от природы катиона. В ИК-спектре Ca-формы цеолита наблюдается п.п. с очень слабой интенсивностью. На Fe и Cr-формах цеолитов Y наблюдается существенный рост п.п. в области 1550 см⁻¹, что указывает на возникновение более сильных бренстедовских кислотных центров. Характер изменения активной катионных форм цеолита типа Y коррелирует с изменением силы и концентрации бренстедовских кислотных центров.

Таблица 1. Влияние степени ионного обмена и природы катионов в цеолите Y на его каталитические свойства в алкилировании о-ксилола трет-бутанолом (P=1 атм, v=2ч⁻¹, C₆H₄(CH₃)₂:C₄H₉OH=4:1 мольное)

Цеолит	T, °C	Конверсия спирта, %	Выход 4-ТВОК от теорет., %	Селективность, %
NaY	150	42	-	-
	200	68	1,5	2,2
0,62 CaNaY	130	97	39,4	40,6
	140	98	42,8	43,7
	150	100	47,2	47,2
0,82 CaNaY	140	99	49,6	50,1
	150	100	52,4	52,4
0,93 CaNaY	140	100	53,3	53,3
	150	100	56,3	56,3
0,74 FeNaY	140	99	64,5	65,1
	150	100	69,2	69,2
0,71 CrNaY	140	100	66,2	66,3
	150	100	62,3	62,3
0,71 CoNaY	140	99	62,7	63,3
	150	100	68,8	68,8

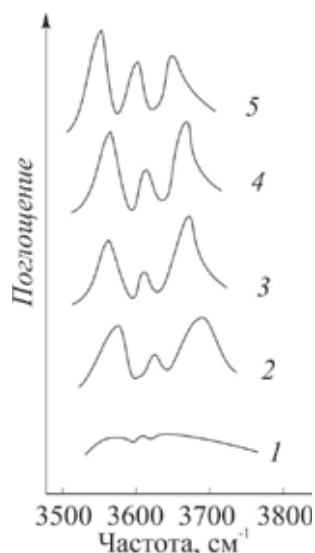


Рис. 1. ИК-спектры в области валентных колебаний гидроксильных групп катализаторов:
1) NaY; 2) CaNaY; 3) CoNaY; 4) CrNaY; 5) FeNaY

Таблица 2. Алкилирование о-ксилола трет-бутанолом на бикатионных формах цеолита типа Y.
(P=1 атм, V=2 ч⁻¹, C₆H₄(CH₃)₂/C₄H₉OH=4:1 мольное)

Цеолит	T, °C	Конверсия спирта, %	Выход 4-ТВОК от теорет., %	Селективность, %
0,86 CaNaY	140	99	49,6	50,1
	150	100	52,4	52,4
0,20 Cr 0.86 CaNaY	140	100	70,1	70,1
	150	100	75,6	73,6
0,20 Co 0.66 CaNaY	140	99	68,5	69,1
	150	100	73,2	73,2
0,20 Fe 0.66 CaNaY	140	100	74,1	74,1
	150	100	79,2	78,2

В табл. 2 приведены данные по активности и селективности бикатионных форм цеолитов в реакции алкилирования о-ксилолатретбутанолом. Видно, что катализаторы на основе комбинации двух поливалентных катионных форм проявляют более высокую активность, чем на основе монокатионных форм (MeNaY).

Введение в состав катализатора 0,86 CaNaY 20% катионов переходных металлов (Fe³⁺, Co²⁺, Cr³⁺) приводит к существенному росту его алкилирующей активности. Например, если при 140°C на монокатионных формах цеолита Y выход ТВОК составляет 49,6–64,5%, то на бика-

тионных формах цеолита Y выход ТВОК составляет 68,5–74,5%. Следовательно, катионы переходных металлов оказывают промотирующее действие на активность катализатора 0,86 CaNaY. При температуре реакции 150°C выход ТВОК на бикатионных формах цеолита Y содержащих катионы Cr³⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ составляет 73,2–79,2%. Наиболее сильное промотирующее действие на активность катализатора 0,86 CaNaY оказывают катионы Fe³⁺. На катализаторе 0,20 Fe 0.66 CaNaY при 150°C выход ТВОК от теорет. % составляет 79,2% при селективности 78,2%.

Литература:

1. Rakusan J, Marakovskaya G.M., Zelenka J., Kozlova T.S, //Aut Cert 256147 (Czechoslovakia). Chem. Abstrs. — 1989.
2. Исаков, Я.И., Миначев Х.М., Позднякович Ю.В. Способ получения 1,2-диметил-4-третбутилбензола: А.с. 1778107 СССР //РЖХим. — 1993. — 14Н57П
3. Исаков, Я.И., Миначев Х.М., Калинин В.П., Исакова Я.И. Алкилирование о-ксилолатретбутанолом на цеолитных и цеолитсодержащих катализаторах // Нефтехимия, — 1994, — т. 34., — № 1, — с.42–49.

4. Yadav, G. D., Kambee S. B. Friedel-Crafts green alkylation of xylenes with tert-butanol over mesoporous superalid UDCAT-5 // Chem. Eng. Res. and Design, — 2012, — v 90 — p. 1322–1334.
5. Isakov, Y. I., Minachev Kh. M., Kalinin V. P., Isakova T. A. Selective alkylation of xylenes by alcohols on zeolite catalysts // Russian Chemical Bulletin. — 1996 — V. 45, — N2, — p. 2763–2768.
6. Исаков, Я. И., Миначев Х. М., Калинин В. П., Исакова Т. А., Селективный катализ алкилирования ксилолов спиртами на цеолитах. // ДАН, — 1994, — т. 335, — № 3, — с. 322–325.
7. G. X. Valiyeva, S. E. Mammadov, E. I. Ahmadov. Tert-butylation of o-xylene over dealuminated mordenite. // Journal of environmental science, Computer Science and Engineering & Technology \ JECET; — 2016; — Sec. — A; — Vol. 5. — No. 1, — с. 149–154.

ИНФОРМАТИКА

Соккрытие информации в коэффициентах спектральных преобразований файла формата JPEG

Балашова Софья Антоновна, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

В условиях активного развития сетевых технологий большое количество информации передается по сетям и возрастает процент атак злоумышленников и попыток несанкционированного доступа к ней. В связи с этим возникает вопрос безопасности передачи данных в сети. В статье представлен подробный обзор существующих стеганографических методов сокрытия информации в изображениях, с указанием их достоинств и недостатков. На основании сформулированных в работе критериев выбран метод сокрытия в спектральных коэффициентах файла изображения, положенный в основу разработанного алгоритма. Представлен алгоритм сокрытия данных в изображениях на основе методологии письма на «влажной бумаге». Проведено экспериментальное исследование метода по критериям точности извлечения данных и их необнаружимости. Показано, что описанный в статье метод предоставляет полное восстановление скрываемой информации.

Ключевые слова: стеганография, сокрытие информации, водяные знаки, сжатие, формат JPEG, PSNR, битовая ошибка

Информация является одним из важнейших предметов современной жизни. В условиях активного развития информационных технологий и глобальных компьютерных сетей, получение доступа к ней стало чрезвычайно простым. В то же время повысилась степень нарушения безопасности данных [1,2,5]. Поэтому появилась необходимость защиты информации от несанкционированного доступа.

Существует два подхода к решению данной проблемы: шифрование информации и стеганография.

Криптографическая защита информации не снимает проблему полностью. При этом подходе защищается само содержание сообщения. Наличие зашифрованного сообщения вызывает подозрение и желание расшифровать передаваемое сообщение или же изменить его с целью сделать невозможным будущее дешифрование. К тому же в ряде стран действуют запреты на использование криптографических средств.

Второй подход основан на сокрытии самого факта передачи секретного сообщения. Преимущество стеганографии над чистой криптографией состоит в том, что сообщения не привлекают к себе внимания.

Многие распространенные форматы файлов, в т.ч. формат JPEG, используют сжатие данных, что позволяет при сохранении качества информации сократить ее объем. Существующие методы сокрытия информации либо не устойчивы к сжатию, либо устойчивы при малых степенях сжатия. Поэтому возникла необходимость создания метода во всех случаях устойчивого к сжатию.

В данной статье проведен анализ стеганографических методов сокрытия данных в изображениях. Показано преимущество частотных методов над пространственными. На основе частотных методов разработан и представлен алгоритм сокрытия в спектральных коэффициентах файла формата JPEG, который обеспечивает полное восстановление встраиваемых данных.

1. Обзор известных стеганографических методов

1.1. Основные методы сокрытия данных

Основным свойством разрабатываемого алгоритма является стойкость к различным мерам воздействия, а именно к сжатию. Поэтому для выбора подходящего метода необходимо произвести анализ известных алгоритмов

В настоящее время существует большое разнообразие стеганографических алгоритмов. Методы компьютерной стеганографии делятся на три основные группы:

1. Методы сокрытия, основанные на использовании специальных свойств компьютерных форматов;
2. Методы сокрытия в пространственной области;
3. Методы сокрытия в частотной области.

Достоинством методов 1-й группы является простота использования. Поля расширения имеются во многих мультимедийных форматах, они заполняются нулевой информацией и не учитываются программой [1–2]. Но такие методы обеспечивают низкую степень скрытности и слабую производительность. Объем передаваемых данных достаточно ограничен.

Методы 2-й группы основаны на встраивании скрываемых данных в области первичного изображения. Преимущество таких методов заключается в том, что для встраивания информации не требуются сложные математические операции и длительные преобразования изображения [4].

Примером реализации такого подхода может выступать метод LSB (Least Significant Bit, наименьший значащий бит), наиболее распространенный среди методов замены в пространственной области. Суть этого метода заключается в замене последних значащих битов в контейнере (изображения, аудио или видеозаписи) на биты скрываемого сообщения. Разница между пустым и заполненным контейнерами должна быть не ощутима для органов восприятия человека. Недостатком же метода LSB является неустойчивость его к обработке файла-контейнера, что делает невозможным его использование в сокрытии данных в файле, который в дальнейшем подвергается сжатию.

На основании выше сказанного можно сделать вывод о том, что ни методы, основанные на использовании специальных свойств форматов файлов, ни методы, работающие в пространственной области файла, не могут быть использованы для разработки алгоритма сокрытия в формате JPEG. Поэтому необходимо рассмотреть и проанализировать метод сокрытия в частотной области контейнера.

1.2. Формат JPEG

Предназначенные для использования в электронных средствах массовой информации не анимированные полутоновые и полноцветные фотографии обычно сохраняют в цифровых форматах PNG и JPEG. К достоинствам этих форматов можно отнести кроссплатформенность, возможность обработки практически во всех графических редакторах, хорошие показатели качества изображений. Изображения в формате JPEG за счёт возможности их сжатия с потерями имеют меньший размер по сравнению с аналогичными, сохранёнными в формате PNG. Следовательно, использование формата JPEG для сохранения и передачи изображений является более предпочтительным [3].

Процесс сжатия JPEG не анимированного изображения представлен на рисунке 1.

Стадия прореживания каналов является необязательной, в разрабатываемом алгоритме она опускается.

Переход из системы RGB в систему YCrCb осуществляется по следующим соотношениям:

$$Y = 0 + 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

$$Cb = 128 - 0.168736 \cdot R - 0.331264 \cdot G + 0.5 \cdot B$$

$$Cr = 128 + 0.5 \cdot R - 0.418688 \cdot G - 0.081312 \cdot B$$

Дискретно-косинусное преобразование блока производится по следующей формуле:

$$DCT(u, v) = C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \cos \frac{\pi(2x+1)u}{2N} \cos \frac{\pi(2y+1)v}{2M}$$

$$u = 0, 1 \dots N - 1; v = 0, 1 \dots M - 1$$

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, u = 0; \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, иначе \end{cases}$$

В данном алгоритме предполагается, что $N=M=8$.

Для обратного дискретно-косинусного преобразования используются те же значения $C(u)$, $C(v)$ и следующая формула:

$$DCT(u, v) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} C(x)C(y) f(x, y) \cos \frac{\pi(2u+1)x}{2N} \cos \frac{\pi(2v+1)y}{2M}$$

$$u = 0, 1 \dots N - 1; v = 0, 1 \dots M - 1$$

Процесс квантования играет ключевую роль в JPEG сжатии. Это — процесс, который удаляет высокие частоты, представленные в исходном изображении — впоследствии высокую детализацию. Это делается из-за того, что глаз более чувствителен к низким частотам, чем к высоким. Таким образом, можно удалить с очень небольшим визуальным убытком высокие частоты. Это выполняется посредством деления амплитуд высокочастотных составляющих на

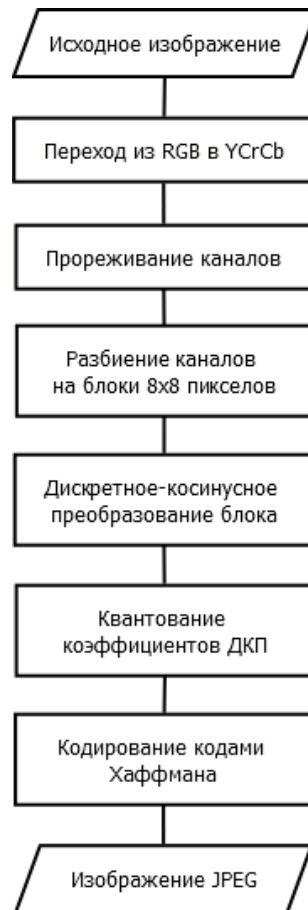


Рис. 1. Процесс сжатия изображения JPEG

большие величины, чем величины на которые делятся более низкочастотные составляющие. Квантование — это просто деление рабочей матрицы на матрицу квантования поэлементно. Для каждой компоненты (Y, Cг и Cб), в общем случае, задается своя матрица квантования.

Матрицы квантования для яркостной и цветовой компонент установлены стандартом JPEG для коэффициента сжатия 50 %. Для произвольного коэффициента качества K каждый элемент q матриц квантования нужно преобразовать по следующим соотношениям:

$$\begin{cases} q = \frac{(100 - K)}{50}, \text{ при } K \geq 50 \\ q = \frac{50}{K}, \text{ при } K < 50 \end{cases}$$

Встраивание сообщения в коэффициенты ЦВЗ будет производиться после этапа квантования. Так как изменение цветовой компоненты пиксела менее ощутима для органов восприятия человека, то сокрытие сообщения будет производиться в цветowych каналах изображения (Cг и Cб).

1.3. Обзор стеганографических методов в частотной области

Как было отмечено ранее, стеганографические методы сокрытия данных в специальных полях форматов файлов и в пространственной области изображения являются нестойкими к различным видам искажений, в частности к сжатию. Более стойкими к искажениям, в том числе и компрессии, являются методы, использующие частотную область контейнера для сокрытия информации, так как они работают с уже преобразованными каналами данных.

Существует несколько способов представления изображения в частотной области. При этом используется определенная декомпозиция изображения, используемого в качестве контейнера. Например, существуют методы на основе дискретного косинусного преобразования (ДКП), дискретного преобразования Фурье (ДПФ), вейвлет-преобразования, преобразования Карунена-Лоева и т. д. Подобные преобразования могут применяться как к отдельным частям изображения, так и к изображению в целом.

Наибольшее распространение среди всех ортогональных преобразований в стеганографии получили вейвлет-преобразования и ДКП. Это объясняется значительным распространением их использования при компрессии

изображений. Кроме того, для скрытия данных целесообразно применять именно то преобразование контейнера, которому он будет подвергаться при возможной компрессии. Например, алгоритм ДКП является базовым в стандарте JPEG, а вейвлет-преобразования — в стандарте JPEG2000.

Одним из самых известных стеганографических методов является метод Коха и Жао-метод относительной замены величин коэффициентов дискретно-косинусного преобразования (ДКП) [9]. В данном алгоритме, происходит внедрение бит водяных знаков в блоки изображения размером 8 x 8 пикселей (1 бит на блок). При этом в качестве сообщения может использоваться как монохромное изображение, так и некая последовательность {0,1}, состоящая из произвольного количества чисел.

Другим распространенным стеганографическим методом является метод Фридрих. В отличие от предыдущего алгоритма Коха и Жао, в котором ДКП производится поблочно, в алгоритме Фридрих ДКП происходит для всего защищаемого изображения. Скрываемое сообщение представляет собой последовательность {-1, 1} [6–9].

В соответствии с алгоритмом данные встраиваются в изображение двумя различными способами в зависимости от того, в каких коэффициентах ДКП происходит сокрытие — в среднечастотных или в низкочастотных.

1.4. Выбор метода для разработки алгоритма

Из выше проведенного анализа можно сделать вывод о преимуществах и недостатках различных методов сокрытия данных в изображениях. Сравнительные характеристики стеганографических методов относительно цифровых изображений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Метод	Недостатки	Преимущества
Методы, основанные на особенностях форматов данных.	Низкая степень скрытности; передача небольших ограниченных объемов информации.	Простота использования.
Методы в пространственной области.	Искажение цифровых потоков; Неустойчивость к модификациям контейнера, в частности — к компрессии.	Возможность скрытой передачи большого объема информации.
Методы в частотной области.	Наилучшие результаты достигаются при малой степени компрессии.	Устойчивость к сжатию контейнера.

Как видно из табл. 1, для реализации алгоритма сокрытия в JPEG за основу могут быть взяты только методы, работающие в частотной области изображения, в связи с их устойчивостью к сжатию [10].

2. Принцип сокрытия информации

Как было обозначено ранее, алгоритм сокрытия информации в коэффициентах спектральных преобразований изображения должен отвечать двум критериям: стойкость к компрессии и незаметность [10].

Первое свойство достигается тем, что непосредственно встраивание данных происходит в квантованные коэффициенты ДКП, что предотвращает потерю информации. Обеспечение второго свойства сводится к задаче выбора коэффициентов ДКП для встраивания бит сообщения [8].

Положим, что отправитель хочет передать q бит сообщения $m = \{m_1, \dots, m_q\}^T$. Отправитель и получатель договариваются о секретном ключе, который используется для создания псевдо-случайной бинарной матрицы D размерностью $q \times n$ где n — количество коэффициентов ДКП. Множество $C \subset \{1, \dots, n\}$ — индексы пикселей, в значениях коэффициентов ДКП $u_j, j \in C$ в которых будет производиться сокрытие бит сообщения.

Отправитель округляет значения $u_j, j \in C$, получая вектор y' , который удовлетворяет следующему условию:

$$Dy'^T = m$$

Таким образом, отправителю необходимо решить систему линейных уравнений в $GF(2)$, чтобы получить сообщение [9].

Декодирование представляет собой обратную операцию. Получатель знает бинарную матрицу D , составляет вектор y' и производит операцию умножения в $GF(2)$.

Выбор пикселей, а соответственно и коэффициентов ДКП для сокрытия данных сводится к заданию порогового значения B , по которому будут отбираться коэффициенты: встраивание бит будет производиться только в тех коэффициентах, значение которых выше B . В каждом блоке ДКП выбирается два таких коэффициента [10].

3. Экспериментальное исследование

В качестве эксперимента было проведена серия испытаний на исследование работы программы для цветных изображений разного размера и скрываемых сообщений различной длины [10].

Постановка эксперимента 1: исходное изображение является цветным, размер его фиксирован. Необходимо исследовать зависимость оценки PSNR от коэффициента качества сжатия при одинаковой длине сообщения.

PSNR наиболее часто используется для измерения уровня искажений при сжатии изображений. PSNR определяется по формуле:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

где MAX_I — максимальное значение, принимаемое пикселем изображения (при разрядности 8 бит $MAX_I = 255$), а MSE — среднеквадратичная ошибка для изображений I и K размера $m \times n$, вычисляемая по формуле:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2$$

Результаты исследования приведены на рис. 2. Области на оси X соответствуют коэффициентам сжатия, значения оси Y соответствуют значениям PSNR.

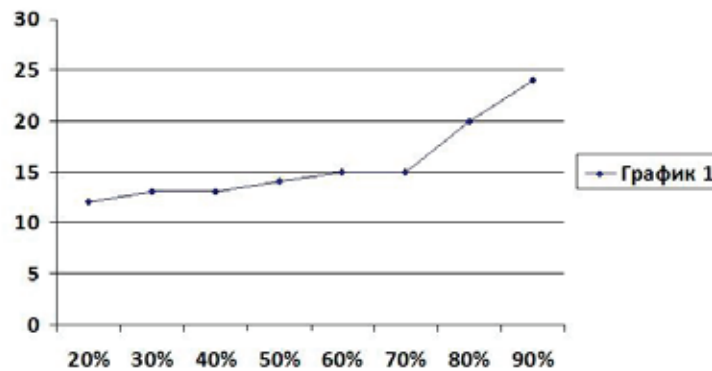


Рис. 2. Результаты эксперимента 1

Как видно из графика существует прямая зависимость между коэффициентом сжатия и значением оценки PSNR. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании коэффициента выше 80%, а наихудшие — при 20% — 40%.

Постановка эксперимента 2: исходное изображение является цветным, размер его фиксирован. Необходимо исследовать зависимость оценки PSNR от длины встраиваемого сообщения при фиксированном коэффициенте качества сжатия. В эксперименте был выбран коэффициент сжатия 80%.

Результаты исследования приведены на рисунке 22. Области на оси X соответствуют длинам сообщения в символах, значения оси Y соответствуют значениям PSNR.

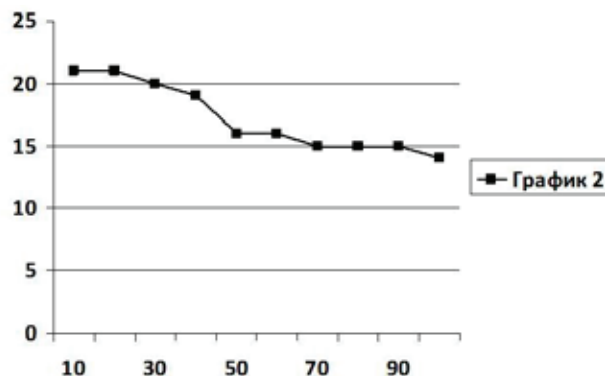


Рис. 3. Результаты эксперимента 2

Как видно из графика существует обратная зависимость между длиной сообщения и значением оценки PSNR. При встраивании небольшого сообщения (до 30 символов) достигается наилучшая оценка, а наихудшая — начиная от 70 символов.

Для определения точности извлечения данных использовался критерий BER — вероятность битовой ошибки, который показывает отношение числа битовых ошибок к числу переданных битов.

Реализованный алгоритм обеспечивает 100%-ную точность извлечения данных. Оценка BER во всех случаях равно 0%. В случаях, когда размер сообщения превышает предельно допустимый, вычисление BER является некорректной задачей, так как размеры исходной и извлеченной строки не совпадают. Следовательно, такие случаи не рассматривались в ходе эксперимента.

Также при оценке алгоритма необходимо оценивать визуальный критерий незаметности передачи сообщения [10]. На рисунках 4–6 представлены изображения, получившиеся при сокрытии одного и того же сообщения, но при разной степени компрессии. Как видно из рисунков, при коэффициенте сжатия ниже 60% видны артефакты сокрытия сообщения.



Рис. 4. Изображение с коэффициентом сжатия 20%

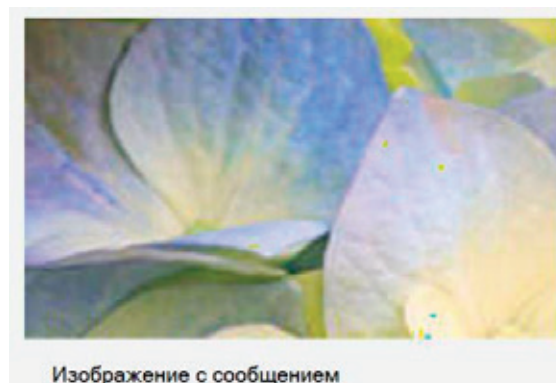


Рис. 5. Изображение с коэффициентом сжатия 60%

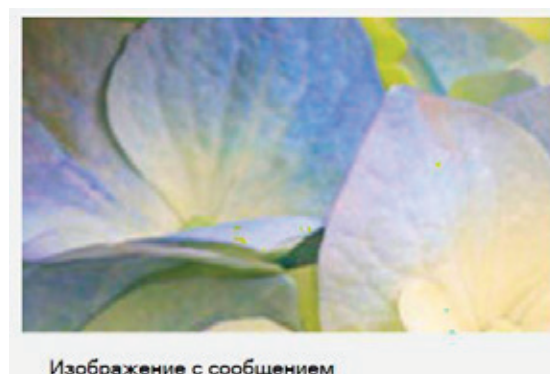


Рис. 6. Изображение с коэффициентом сжатия 80%

Заключение

В статье представлен разработанный алгоритм сокрытия информации в спектральных коэффициентах файла формата JPEG. Проведены исследования по критериям точ-

ности извлечения данных и незаметности передаваемого сообщения, которые показали, что разработанный алгоритм обеспечивает полное восстановление скрытой информации. В дальнейшем предполагается адаптация алгоритма для аудиофайлов, в частности к файлам формата MP3.

Литература:

1. Грибунин, В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. Наука и учеба, 2002.
2. Аграновский, А. В., Балакин А. В., Грибунин В. Г., Сапожников С. А. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ. М.: Вузовская книга, 2009.
3. Гонсалес, Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005.
4. Михайличенко, О. В. Методы и алгоритмы защиты цифровых водяных знаков при JPEG сжатии: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.19. — СПб., 2009.
5. Конахович, Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. МК-Пресс. Киев, 2006.
6. Fridrich, J. Combining low-frequency and spread spectrum watermarking // Proceedings of the SPIE Conference on Mathematics of Data/Image Coding, Compression and Encryption. 1998. Vol. 3456. P. 2–12.
7. Fridrich, J. Efficient Wet Paper Codes, with M. Goljan and D. Soukal, Information Hiding. 7th International Workshop, LNCS vol. 3727, Springer-Verlag, New York, pp. 204–218, 2005.
8. Fridrich, J. Perturbed Quantization Steganography with Wet Paper Codes, with M. Goljan and D. Soukal, Proc. ACM Multimedia Security Workshop, Magdeburg, Germany, September 20–21, pp. 4–15, 2004.
9. Koch, E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 123–132.
10. Балашова, С. А., Разработка алгоритма сокрытия информации в коэффициентах спектральных преобразований файла формата JPEG, 2016 г.

Обзор существующих ГИС

Васильев Владлен Николаевич, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Отсутствие общепринятого определения привело к значительному недопониманию того, что такое геоинформационные системы (далее по тексту — ГИС), каковы их возможности и для чего такие системы могут применяться.

В литературе встречается большое количество определений и толкований ГИС, но нет наиболее полного. Ниже приведены некоторые из них.

ГИС — это аппаратно-программный и одновременно человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [Сербенюк С. Н. Картография и геоинформатика — их взаимодействие / С. Н. Сербенюк — М.: МГУ, 1990. 160 с.].

А. М. Берлянт охарактеризовал ГИС с нескольких точек зрения, тем самым охватив все функциональные, технологические и прикладные свойства системы. С на-

учной точки зрения ГИС — это средство моделирования и познания природных и социально-экономических систем. ГИС применяется для исследования природных, общественных и природно-общественных объектов и явлений, которые изучают науки о Земле и смежные с ними социально-экономические науки, а также картография, дистанционное зондирование. В технологическом аспекте ГИС (ГИС-технология) предстает как средство сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно — координированной географической (геологической, экологической) информации. С производственной точки зрения ГИС является комплексом аппаратных устройств и программных продуктов (ГИС — оболочек), предназначенных для обеспечения управления и принятия решений. Таким образом, ГИС может одновременно рассматриваться как инструмент научного исследования, технология и продукт ГИС-индустрии. [Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. / А. М. Берлянт — М.: МГУ, 1997. 64 с.].

Современные ГИС представляют собой новый тип интегрированных информационных систем, которые с одной стороны, включают методы обработки данных многих

ранее существовавших автоматизированных систем, с другой — обладают спецификой в организации и обработке данных. Практически это определяет ГИС как многоцелевые, многоаспектные системы [Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 288 с.: ил].

С точки зрения функционального назначения ГИС можно рассматривать как:

- систему управления, предназначенную для обеспечения принятия решений по оптимальному управлению разнообразными пространственными объектами (земельные угодья, природные ресурсы, городские хозяйства, транспорт, экология и т.д.);

- автоматизированную информационную систему, объединяющую технологии и технологические процессы известных информационных систем типа САПР, АСНИ, АСИС;

- геосистему, включающую технологии (прежде всего технологии сбора информации) таких систем, как географические информационные системы, системы картографической информации (СКИ), автоматизированные системы картографирования (АСК), автоматизированные фотограмметрические системы (АФС), земельные информационные системы (ЗИС), автоматизированные кадастровые системы (АКС) и т.д.;

- систему, использующую базы данных, характеризующую широким набором данных, собираемых с помощью различных методов и технологий, и объединяющие в себе как базы данных обычной (цифровой) информации, так и графические базы данных. При этом особую роль здесь приобретают экспертные системы;

- систему моделирования, использующую в максимальном объеме методы и процессы математического моделирования, разработанные и применяемые в рамках других автоматизированных систем;

- систему получения проектных решений, использующие методы автоматизированного проектирования в САПР, но и решающую ряд других специфических задач, например согласования принципиальных проектных решений с землепользователями, заинтересованными ведомствами и организациями;

- систему представления информации, являющуюся развитием автоматизированных систем документационного обеспечения (АСДО) и предназначенную, прежде всего, для получения картографической информации с различными нагрузками и в различных масштабах;

- интегрированную систему, объединяющую в единый комплекс многообразный набор методов и технологий на базе единой географической информации.

Современные тенденции создания интегрированных автоматизированных систем включают разные аспекты интеграции — данных, технологий и технических средств:

- интеграция данных — применение системного подхода проектирования моделей данных, создании универсальной информационной модели и соответствующих протоколов обмена данными;

- интеграция технологий в информационных системах — получение оптимальных технологических решений обработки информации на основе известных методов и разработки новых, ранее не встречавшихся технологий;

- интеграция технических средств — создание распределенных систем обработки, применение концепций «открытых систем» и современных методов проектирования систем на основе CASE.

Разработка автоматизированной информационной технологии на базе существовавшей неавтоматизированной технологии является нерентабельной и неэффективной. Элемент новизны определяет эффективность новой автоматизированной технологии.

По аппаратной платформе выделяют:

- ГИС профессионального уровня;
- ГИС настольного типа.

К классическим ГИС профессионального уровня относятся широко известные системы фирм Intergraph, ESRI, и др. Системы созданы первоначально для функционирования на рабочих станциях и для сетевого использования. Они поддерживают многочисленные приложения, включают блоки векторизации картографического материала, работу с большим числом внешних устройств.

Настольные ГИС — программные продукты, обладающие расширенным набором инструментов для работы с пространственной информацией. ГИС настольного типа ориентированы на ПК и предназначены для использования широким кругом пользователей. Например: AtlasGIS, MapInfo, ArcView, Microstation, WinGIS, Geograph/Geodraw, ПАРК и т.д. Перечисленные ГИС обладают меньшим набором функций. Они имеют низкую цену, на их базе организуются рабочие места в больших ГИС — проектах, где ГИС строится как многоуровневая система.

По предметной области моделирования различают: городские (муниципальные), природоохранные, земельные, геологические.

По функциональным возможностям различают ГИС:

- универсальные (инструментальные);
- специальные;
- ГИС-вьюеры.

Универсальные ГИС характеризуются открытостью, работают с различными форматами данных, обладают достаточной мощным графическим редактором, имеют средства разработки и внедрения различных приложений. Это наиболее широко используемый класс ГИС, поскольку позволяют адаптировать различные задачи, увеличивать число встраиваемых специализированных модулей.

Специальные ГИС решают узкий круг задач на заданном наборе параметров. Их основная задача — контроль протекания процессов и предотвращение нежелательных ситуаций, автоматизация документооборота.

ГИС-вьюеры предназначены для визуализации пространственной информации, вывода на печать. Эти системы, как правило, не снабжены аппаратом для пространственного анализа и моделирования.

Основные понятия иерархии информационной интегрированной системы приведены на рисунке 1.

Верхним уровнем понятий является интегрированная система — независимый комплекс, в котором выполняются все процессы обработки, обмена и представления информации. Схема системы включает в себя системные уровни, подсистемы, процессы, задачи.

Система может быть неполной и полной.

Неполной называется система, которая осуществляет частичную обработку данных, частичный ввод данных или использует другие системы в процессе обработки.

Полной называется система, которая в процессе работы осуществляет технологический цикл, включающий следующие процессы:

- ввод (или возможность ввода) всех видов информации данной предметной области для решения задач, поставленных перед системой;
- обработку информации с привлечением набора существующих средств, применяемых для решения данного класса задач;
- вывод или представление данных в формах вывода согласно заданию без использования других систем.

Структуру ГИС обычно представляют как набор информационных слоев. Слой — совокупность однотипных пространственных объектов, относящихся к одной теме

или классу объектов в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев. Геоинформационная структура данных в ГИС представлена на рисунке 2.

Основу любой ГИС составляет автоматизированная картографическая система — комплекс приборов и программных средств, обеспечивающих создание и использование карт, которая состоит из ряда подсистем, таких как подсистемы ввода, обработки и вывода информации. Функции ГИС представлены на рисунке 3.

В ГИС все объекты представлены четырьмя типами пространственных объектов: точки, линии, области и поверхности. Вместе они могут представлять большинство природных и социальных феноменов, которые встречаются ежедневно. Точки, линии и области могут представляться соответствующими символами, поверхности же представляются либо высотами точек, либо контурами рельефа или другими компьютерными средствами. Карты предназначены для того, чтобы представлять не только объекты на ее поверхности, но и форму Земли. Глобус — традиционный способ отображения формы Земли. Картографы разработали набор методов, называемых картографическими проекциями, которые предназначены для изображения с приемлемой точностью сферической Земли на плоском носителе. Каждый из этих методов соз-



Рис. 1. Структура интегрированной системы

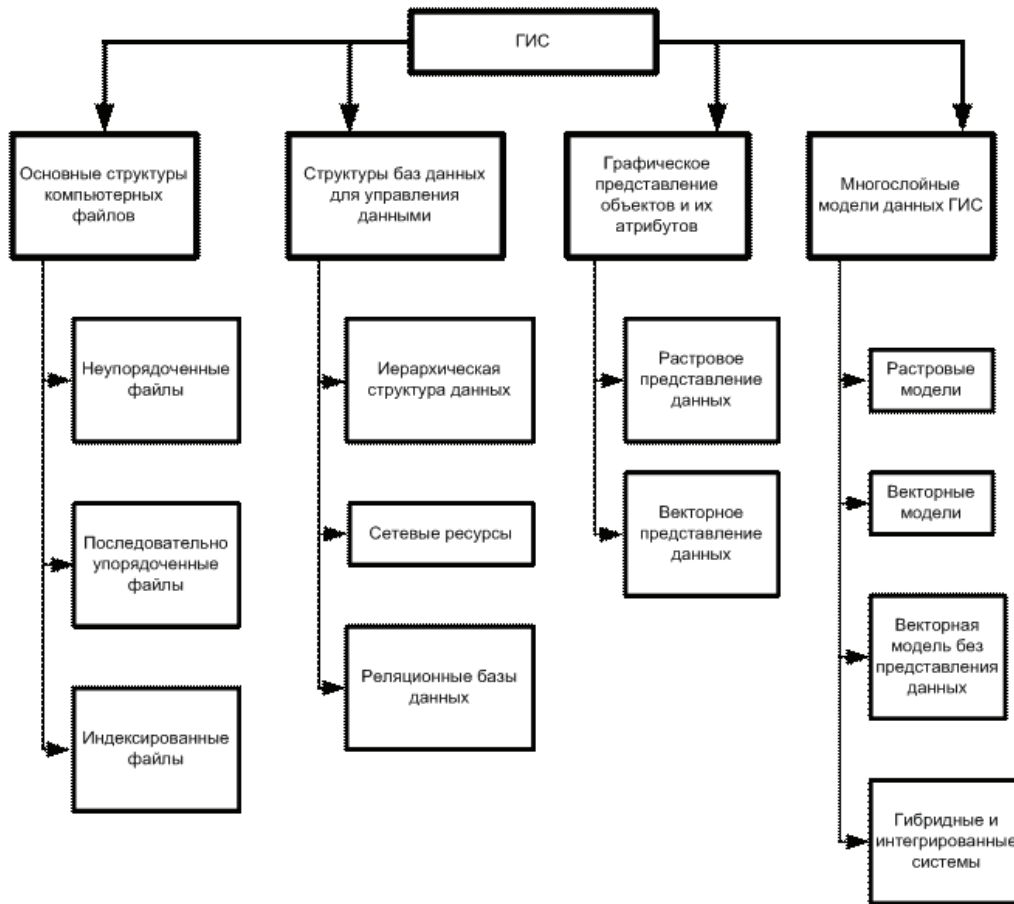


Рис. 2. Геоинформационная структура данных в ГИС

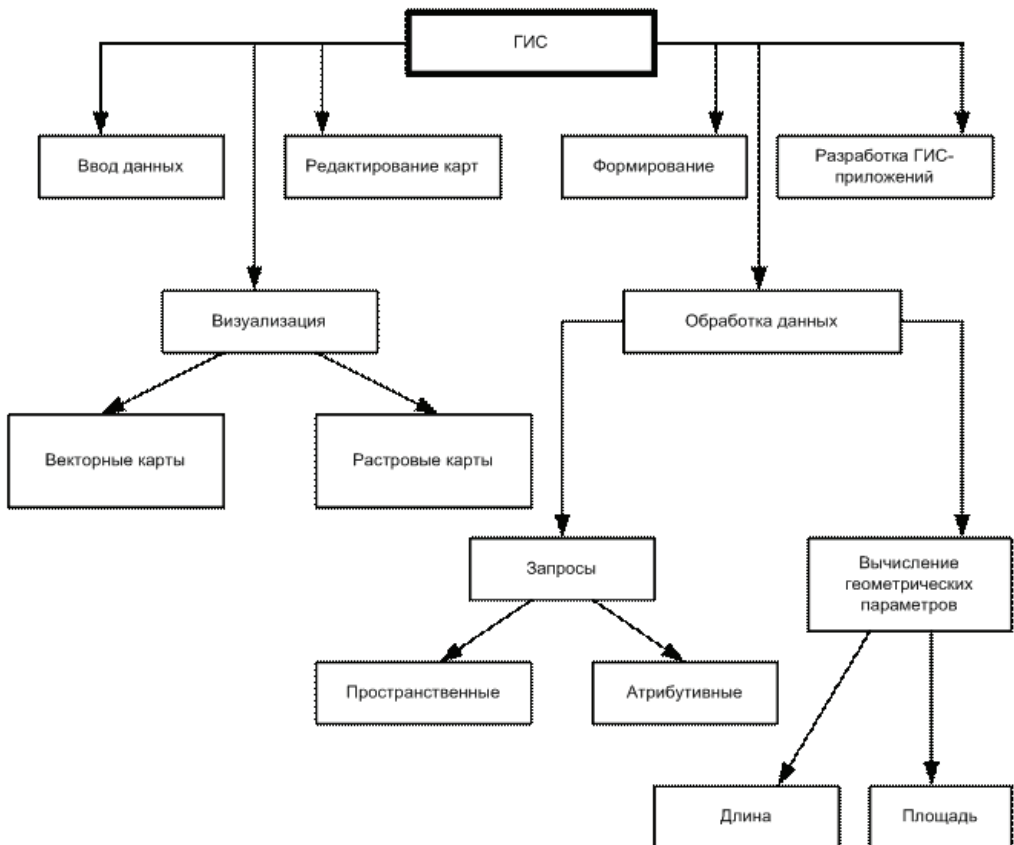


Рис. 3. Функции ГИС

дает так называемое семейство проекций. В ГИС наиболее широко распространенной системой проекций и координат является универсальная поперечная Меркатора. Она используется в большинстве работ с дистанционным зондированием, подготовке топографических карт, построении баз данных природных ресурсов, так как она обеспечивает точные измерения в метрической системе, принятой в большинстве стран и научным сообществом в целом.

Для описания картографической информации недостаточно только метрических параметров-координат. Поэтому для указания тематических и временных характеристик применяется атрибутивная информация.

Атрибут — это элементарное данное, описывающее свойство какого-либо элемента модели (объектами понятия). Атрибутами могут быть символы (названия), числа (отражающие статистические характеристики), графические признаки (цвет, рисунок, графическая струк-

тура контура и т.п.). Обычно атрибуты группируют в виде специальных таблиц, что весьма удобно для организации взаимосвязанного координатного и атрибутивного описаний. Это обусловлено тем, что именно в таблице могут храниться как координаты объектов (координатные данные), так и описательные характеристики-атрибуты. С помощью атрибутов можно упорядочивать и типизировать данные, проводить анализ баз данных с использованием различных алгоритмов. Таблицы производят строгое ранжирование параметров, определяющих различные признаки объектов, поскольку каждому объекту соответствует строка в таблице, а каждому тематическому признаку отводится свой столбец.

Точность вычисления в ГИС может быть очень высока, т.е. значительно превосходить точность самих данных. Поэтому важное значение должно быть уделено получению первоначальных, исходных данных — именно они, прежде всего, требуют полноты и достоверности.

Литература:

1. ДеМерс Майкл Н. Географические информационные системы. Основы: Пер. с англ. — М.: Дата+, 1999. — 490 с.
2. Шипулин, В. Д. Основные принципы геоинформационных систем: учебное пособие / Шипулин В. Д.; Харьковская национальная академия городского хозяйства. — Х.: ХНАГХ, 2010. — 337 с.
3. Цветков, В. Я. Геоинформационные системы и технологии. / В. Я. Цветков — М.: Финансы и статистика, 1998. — 288 с.
4. Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник / И. К. Лурье. — М.: КДУ, 2008. — 424 с.

Применение методов text mining для классификации информации, распространяемой в социальных сетях

Горковенко Дмитрий Константинович, аспирант

Научный руководитель: Братищенко Владимир Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент
Байкальский государственный университет

При анализе социальных сетей важно и необходимо рассматривать распространение информации в сети. При возникновении какого-либо события (появление новинки на рынке, политические действия и другое) информация о нем начинает распространяться в социальной сети в разных местах. Она может появиться в разных группах, в записях отдельных агентов сети. Чаще всего такая информация не связана между собой ссылками и находится в разных местах. Необходимо отыскать все «каналы» распространения информации о событии, чтобы оценить какую аудиторию охватило данное событие, кого оно заинтересовало и т.д. Для выполнения поставленной задачи выберем исходное сообщение, характеризующее какое-либо событие, следующим шагом определим ключевые слова и фразы данного сообщения. Далее проведем поиск сообщений по ключевым словам и фразам. Затем необходимо провести классификацию найденных сообщений и проверить их схожесть с исходным. Классификация может осуществляться полностью вручную, либо автоматически с помощью созданного набора правил или с применением методов машинного обучения [1].

Извлечение ключевых слов и фраз

Наиболее простым методом извлечения ключевых слов является построение множества кандидатов ключевых слов путем ранжирования всех словоформ или лексем по частоте. Задается некоторый уровень ключевых слов, далее выбираются наиболее часто употребляемые лексемы в документе. Данный метод рассматривался в работах Г. П. Луна [2] и является первым методом автоматического извлечения ключевых слов. До сих пор актуален и достаточно распространен, что объясняется его простой реализацией.

При подсчете частоты употребления ключевого слова учитываются все его словоформы в тексте. Все слова документа нормализуются к одной форме, как правило, к основе или лемме. Для нормализации используется морфологический анализ слов. При морфологическом анализе происходит определение характеристик слова на основе того, как это слово пишется. Морфологический анализ не используется информация о соседних словах. Автоматический морфологический анализ является достаточно сложной задачей.

При статистических подходах к извлечению ключевых слов используются простые эвристические алгоритмы, чаще всего нормализующие словоформу к ее квази-основе, отсекая от словоформы определенное количество букв. Такие алгоритмы называют стемминг-алгоритмами, наиболее известным из которых является стемминг-алгоритм Портера [3]. Нормализованные словоформы ранжируются по частоте и те из них, чья частота выше заданного порога, считаются ключевыми. Ключевые слова, как правило, выдаются в усеченном виде квази-основ. Статистические методы извлечения многокомпонентных ключевых слов в качестве необходимого этапа построения множества кандидатов включают вычисление *n*-грам [4]. *N*-грамма представляет собой последовательность из *n* слов. Данный подход подразумевает частоту встречаемости последовательности из *n* слов в тексте, а не просто частоту встречаемости отдельного слова.

Преимуществами чисто статистического подхода являются универсальность алгоритмов извлечения ключевых слов и отсутствие необходимости в трудоемких и времязатратных процедурах построения лингвистических баз знаний. Несмотря на указанные преимущества статистических методов извлечения ключевых слов, чисто статистические методы часто не обеспечивают удовлетворительного качества результатов. При этом область их применения ограничена языками с бедной морфологией, такими как английский, где частотность словоформ одной лексемы велика. Чисто статистические модели извлечения ключевых слов, удовлетворительно работающие, например, на материале английского языка, не пригодны для естественных языков с богатой морфологией, в частности, для русского языка, где каждая лексема характеризуется большим количеством словоформ с низкой частотностью в каждом конкретном тексте [5].

Для повышения корректности автоматического извлечения ключевых слов, статистический метод дополняется одной или несколькими лингвистическими процедурами (морфологическим, синтаксическим или семантическим анализом). Такие методы могут требовать или не требовать корпусов текстов (подобранная и обработанная по определенным правилам совокупность текстов, используемых в качестве базы для исследования языка).

Для использования методов, требующих корпус текстов, необходимо определять предметную область. Данная задача является достаточно трудоемкой и требует наличия большого объема корпуса текстов. Если же предметную область выбирать вручную, для использования таких алгоритмов также необходимо заранее построить корпуса текстов по заданным тематикам, что также является нетривиальной задачей. Сами методы основаны на машинном обучении, являются более точными, но затраты времени на обучение достаточно велики (байесовский методы, использование нейронных сетей). В дальнейшем будут рассмотрены алгоритмы, не требующие корпус текстов.

Метод Кена-Баркера относится к методам, не требующим корпус текстов [6], включает поиск в тексте документа базовых именных групп (БИГ) с использованием морфо-синтаксического анализа на основе словарей и вычисление релевантности БИГ. Ключевыми считаются именные группы с показателем релевантности выше заданного порога.

Метод извлечения ключевых именных фраз, разработанный С.О. Шереметьевой [7] для английского языка, не требует наличия корпуса текстов, предусматривает построение множества кандидатов посредством вычисления всех *n*-грам документа и фильтрацию этого множества с помощью правил удаления *n*-грам, не являющихся именными фразами, и вычисления релевантности «уцелевших» *n*-грам-именных групп.

Существуют методы выбора ключевых слов на основе теории графов. Например, метод описанный в работе Д.А. Усталова [8] состоит в построении взвешенного графа, вершинами которого являются лексемы-кандидаты в ключевые слова, а дуги взвешены в соответствии со степенью близости кандидатов вершин. Выборка словосочетаний проводится на основе вершин, имеющих наибольший вес.

Для дальнейшей работы было выбраны два метода, указанные в работах К. Баркера [6] и Д.А. Усталова [8]. Оба метода имеют научное обоснование и кроме статистических методов, основываются на методах морфологического разбора слов. Выбор ключевых слов проводился из трех первых предложений статьи «Методы и модели автоматического извлечения ключевых слов» [5].

Алгоритм, описанный в работе К. Баркера, начинается с того, что из текста удаляются все неинформативные части. Для каждого слова в тексте проводится графематический и морфологический анализ [1]. В ходе обработки отбрасываются все знаки препинания, союзы, частицы, междометия и другие части речи, не несущие для нас смысловой нагрузки. Оставшиеся слова приводятся к «нормальной» (начальной) форме и подсчитывается частота их упоминания. Самые часто упоминаемые слова будем считать ключевыми. Для примера был взят следующий текст «Ключевые слова — это одно- и многокомпонентные лексические группы, отражающие содержание документа. Автоматическое извлечение ключевых слов представляет собой необходимый этап обработки текста в таких важных приложениях как системы автоматического информационного поиска, аннотирования, реферирования и т.д. Однако, несмотря на достаточно большое количество исследований, автоматическое извлечение ключевых слов представляет собой проблему, которая до сих пор не решена. Проблематичным является автоматическое извлечение многокомпонентных ключевых слов, особенно, если

делается попытка автоматически извлечь определенные типы лексических групп, например, именные группы» [5]. Результат извлечения ключевых слов указан в таблице 1.

Таблица 1. Ключевые слова и частота их упоминания

Ключевое слово	Частота упоминания (%)
автоматический	10.0
ключевой	10.0
слово	10.0
извлечение	7.5
группа	7.5
представлять	7.5
многокомпонентный	5.0
лексический	5.0

Ключевыми фразами будем считать пары и тройки слов, наиболее часто встречающиеся в тексте. Для извлечения ключевых фраз соберем массив, состоящий из соседних пар и троек слов. Аналогичным способом проведем анализ на частоту упоминания таких фраз в тексте. Исходя из предположения о том, что не согласующиеся словосочетания встречаются в тексте реже, чем согласующиеся, будем считать, что полученный набор часто встречающихся фраз является семантически верным. Результат извлечения ключевых фраз указан в таблице 2.

Таблица 2. Ключевые фразы и частота их упоминания

Ключевая фраза	Частота упоминания (%)
ключевой слово	3.67
автоматический извлечение	2.75
лексический группа	1.83
извлечение ключевой слово	1.83
автоматический извлечение ключевой	1.83
слово представлять	1.83
извлечение ключевой	1.83
ключевой слово представлять	1.83

Дальше применим к данному тексту алгоритм, основанный на теории графов. Необходимо построить граф $G = (V, E)$, где V — множество слов, E — множество связей между ними. Выполнить упорядочивание его вершин и провести составления словосочетаний из вершин, имеющих наибольший вес. В качестве V можно принять множество всех уникальных лемм исходного текста, леммами так же будем считать все слова, кроме отброшенных в ходе обработки всех знаков препинания, союзов, частиц, междометий и других частей речи. Множество E строится путём последовательного сканирования текста заданным окном из $N \in [2, 10]$ слов. На каждой итерации для пары слов вычисляется величина связи $WC(w1, w2)$, зависящая от расстояния между словами:

$$WC(w1, w2) = \begin{cases} 1 - \frac{d(w1, w2) - 1}{N - 1}, & \text{если } d(w1, w2) \in (0, N), \\ 0, & \text{если } d(w1, w2) \geq N \end{cases}$$

где $w1, w2$ — слова, $d(w1, w2)$ — расстояние между словами, N — размер окна. Слова, для которых величина $WC(w1, w2)$ принимает нулевое значение, не включаются во множество вершин графа. Вычисление величины WC основано на предпосылке, что между двумя соседними словами часто существует семантическое отношение. Чем выше $d(w1, w2)$, тем ниже вероятность существования такого отношения. После тестирования алгоритма на нескольких текстах было найдено оптимальное значение параметра $N \in [3, 4]$.

После вычисления весов ребер, необходимо провести ранжирование вершин графа. В качестве веса будем использовать величину TextRank — это значение стационарного распределения случайного блуждания для каждой вершины с учетом весов ее ребер [9].

$$TR(t_i) = (1 - d) + d * \sum_{t_j \in In(t_i)} \frac{w_{ij}}{\sum_{t_k \in Out(t_j)} w_{jk}} * TR(t_j),$$

где t – вершина графа, d – фактор затухания (обычно принимается равным $0,85 \llbracket 10$], $In(t)$ – множество вершин, входящих в t , $Out(t)$ – множество вершин, исходящих из t , w_{ij} – вес ребра (t_i, t_j) . По умолчанию всем вершинам значение $TR(t) = 1$. Процесс ранжирования проводится в несколько итераций, обычно число итераций варьируется от 20 до 30 [10].

Далее необходимо составить множество кандидатов в ключевые слова S . Проведем ранжирование графа на основе вычисленного значения TextRank и отбросим вершины графа, с меньшим весом. Количество отброшенных элементов равняется $\frac{2}{3}$ количества элементов множества V , где V – множество всех уникальных лемм исходного текста.

Полученный граф изображен на рисунке 1, а результат извлечения ключевых слов отражен в таблице 3.

Далее проводится составление словосочетаний. Обходим вершины графа и присоединяем соседнюю вершину, с которой имеем наибольший вес ребра. Словосочетания также сортируются по величине TextRank, для словосочетания она принимается равной сумме всех весов вершин, входящих в него. Полученные словосочетания показаны в таблице 4.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что оба алгоритма справились со своей задачей. Алгоритм, основанный на теории графов, более точно определил ключевые слова и составил словосочетания. Для текстов объемом до 1 тысячи слов оба алгоритма срабатывают менее чем за 1 минуту. Для больших текстов (более 200 тыс. слов) статистический алгоритм показывает лучшие результаты по скорости работы. Для примера был взят текст объемом в 300 тыс. слов. Статистический алгоритм обработал текст за 1 минуту 6 секунд, а алгоритм использующий TextRank сработал за 20 минут. Распространяемая информация в сети, чаще всего, не превышает нескольких тысяч символов, поэтому алгоритм, использующий TextRank, можно считать оптимальным.

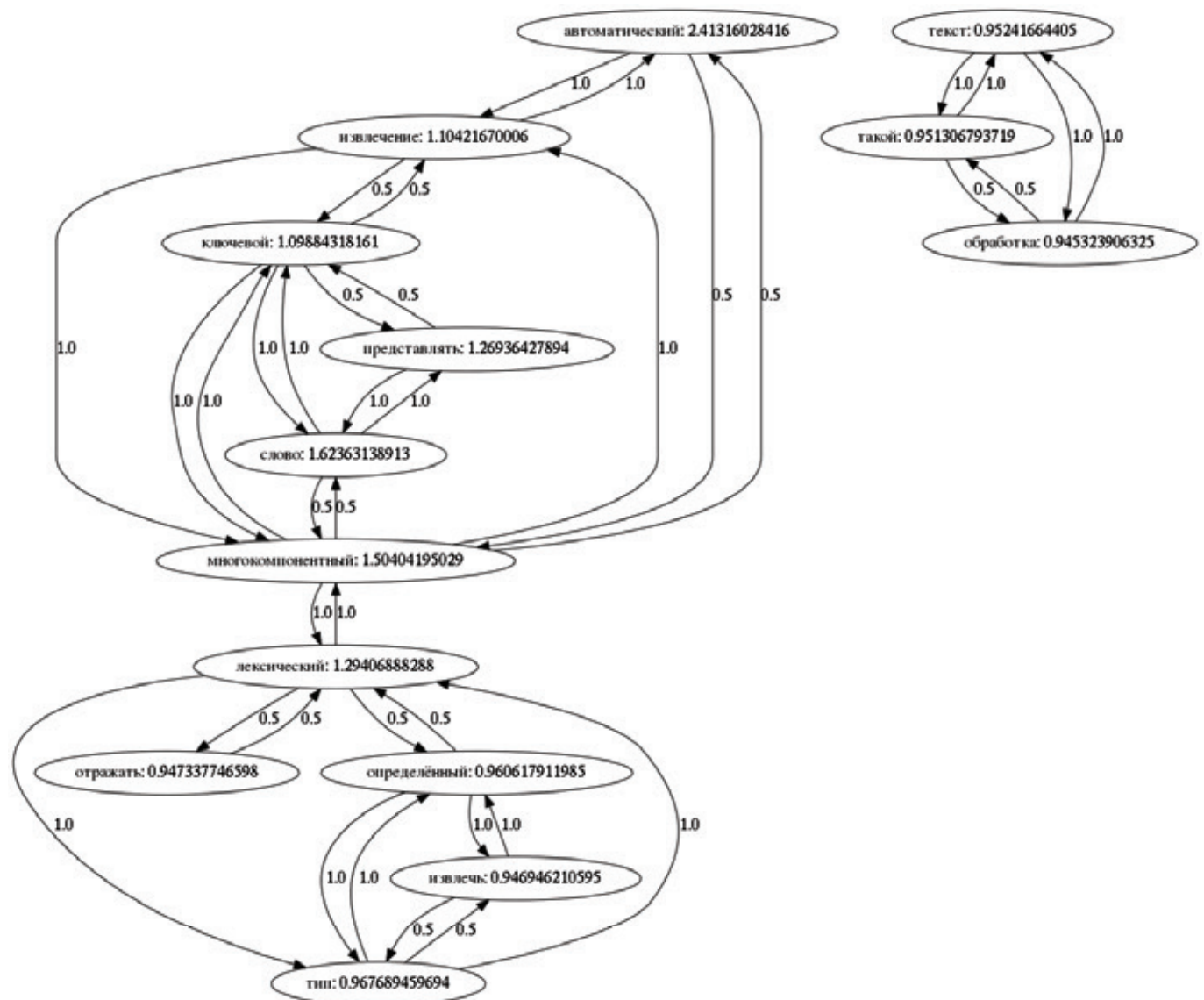


Рис. 1. Граф ключевых слов, выбранной статьи

Таблица 3. Ключевые слова, отобранные из ранжированного графа

Ключевое слово	TextRank
автоматический	2.41
слово	1.62
многокомпонентный	1.50
лексический	1.29
представлять	1.27
извлечение	1.10
ключевой	1.10
тип	0.97
определённый	0.96

Таблица 4. Ключевые фразы, извлеченные на основе теории графов

Ключевая фраза	TextRank
автоматическое извлечение многокомпонентных лексические типы определенные извлечь	9.19
слов представляет ключевых	3.99
текста в таких обработки	2.85

Классификация документов

Результат поисковой выдачи не всегда может быть точен, в разных системах существуют разные алгоритмы и они не являются совершенными. Поэтому перед тем как добавлять в базу результат поиска необходимо провести обработку полученных данных. Встает задача обнаружения нечетких дубликатов [11]. Необходимо отфильтровать полученные данные и получить документы с высокой степенью повторения искомой информации. В работах [1, 11] рассмотрено несколько алгоритмов по классификации текстов и обнаружению дубликатов. В исходной задаче имеется первоначальный документ, с которым необходимо сравнивать остальные документы. Сравнение необходимо проводить попарно только с исходным текстом, т.к. если в автоматическом режиме добавлять в коллекцию найденные документы существует вероятность «расширить» границы поиска и получить в итоге схожие по тематике документы, но не относящиеся к первоначальной теме. Из рассмотренных алгоритмов для задачи сравнения двух документов подходят MD5, TF, TF*IDF, TF*RIDF, Megashingles и Log Shingles. Алгоритмы MD5, Megashingles и Log Shingles подходят для выявления полного совпадения, поэтому при их применении мы получим слишком малую выборку документов. В ходе исследования были протестированы алгоритмы TF, TF*IDF, TF*RIDF.

Алгоритм TF каждому слову ставит в соответствие количество его упоминаний в документе, далее сортируем по частоте и алфавиту.

Алгоритм TF*IDF работает следующим образом. По всей коллекции строится словарь, ставящий каждому слову в соответствие число документов, в которых оно встречается хотя бы один раз (df) и определяется средняя длина документа (dl_{avg}). Затем строится частотный словарь документа и для каждого слова вычисляется его «вес» wt по формуле Окари BM25 с параметрами $k=2$ и $b=0.75$ [12]:

$$wt = TF * IDF, где$$

$$TF = \left[\frac{tf}{2 * \left(0.25 + 0.75 \left(\frac{dl}{dl_{avg}} \right) \right) + tf} \right],$$

$$IDF = \log \left[\frac{N - df + 0.5}{df + 0.5} \right],$$

где tf – частота слова в документе, dl – длина документа, dl_{avg} – средняя длина документа в коллекции, N – число документов в коллекции, df – число документов в коллекции, содержащих данное слово.

Основная идея RIDF (Residual IDF) [13] состоит в сравнении двух способов подсчета количества информации (в смысле определения К. Шеннона), содержащейся в сообщении о том, что данное слово входит в некоторый документ (по меньшей мере один раз). Первый способ, статистический, это обычный $IDF = -\log(df / N)$. Второй способ, теоретический, основан на модели распределения Пуассона, предполагающей, что слова в коллекции документов распределяются случайным и независимым образом, равномерно рассеиваясь с некоторой средней плотностью. В этом

случае соответствующее количество информации равно $P_IDF = -\log(1 - \exp(-cf / N))$, где cf – суммарная частота слова в коллекции. Тогда,

$$RIDF = IDF - P_IDF = -\log(df / N) + \log(1 - \exp(-cf / N))$$

показывает прирост информации, содержащейся в реальном распределении слова в коллекции по сравнению с равномерно случайным пуассоновским, т.е. ценность слова. Другими словами значимые слова должны быть распределены неравномерно среди относительно небольшого числа документов, а бессодержательные будут равномерно рассеяны по всей коллекции.

Исходя из результатов работы алгоритма извлечения ключевых слов, был отправлен запрос к поисковой системе. Для исследования возьмем первые 6 вариантов поисковой выдачи, на 1 месте оказался исходный документ, поэтому его мы исключим из выборки, т.к. мы знаем, что данные алгоритмы покажут 100% совпадение. С помощью алгоритмов были получены первых 6 ключевых слов, далее были вычислены их сигнатуры (контрольные суммы, полученные алгоритмом CRC32). После вычисления последовательности сигнатур проведем анализ их совпадения. В таблице 5 указан процент совпадения найденного документа с исходным текстом.

Таблица 5. Поиск нечетких дубликатов

№ документа	TF (%)	TF*IDF (%)	TF*RIDF (%)
1	16.67	0	0
2	83.33	0	66.67
3	83.33	0	16.67
4	66.67	0	16.67
5	66.67	0	0

Алгоритм TF*IDF не подходит для решения исходной задачи, т.к. он учитывает редкие слова и отбрасывает самые часто употребляемые. Алгоритмы TF и TF*RIDF выявили совпадения, но более точные результаты показал алгоритм TF*RIDF. Алгоритм TF выбрал тексты на основании частотного словаря и включил в коллекцию документы далекие по смыслу от исходного. Последний алгоритм TF*RIDF в данной ситуации показал себя наиболее хорошо, поэтому в дальнейшей работе планируется использовать именно его.

Заключение

В ходе исследования были выбраны алгоритмы для извлечения ключевых слов и классификации документов. Все они выполняются за короткое время, поэтому могут использоваться в дальнейшей работе. С помощью данных алгоритмов можно решать следующие задачи:

- поиск распространения сообщений в сети;
- классификация информации распространяемой в социальных сетях;
- поиск агентов, чье мнение совпадает;
- поиск сообществ, которые распространяют однородную информацию.

Решение данных задач может быть применено в маркетинге: поиск клиентов, поиск центров распространения информации, определение направлений распространения информации. Так же данные задачи могут быть актуальны для сферы информационной безопасности: поиск дубликатов, поиск нелегальных материалов и другое.

Литература:

1. Большакова, Е. И., Клышинский Э. С., Ландэ Д. В., Носков А. А., Пескова О. В., Ягунова Е. В. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие — М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.
2. Luhn, H. P. A Statistical Approach to Mechanized Encoding and Searching of Literary Information. IBM Journal of Research and Development. 1957, vol. 1, no. 4, pp. 309–317.
3. Porter, M. F. An Algorithm for Suffix Stripping. Readings in Information Retrieval. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1997, pp. 313–316.
4. Jiao, H. Chinese Keyword Extraction Based on N-Gram and Word Co-occurrence. Proceeding CISW '07 Proceedings of the 2007 International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops. Harbin, 2007. pp. 152–155.
5. Шереметьева, С. О. Методы и модели автоматического извлечения ключевых слов / С. О. Шереметьева, П. Г. Осминин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Лингвистика». — 2015. — Т. 12, № 1. — с. 76–81.

6. Barker, K. Cornacchia N. Using Noun Phrase Heads to Extract Document Keyphrases. *Advances in Artificial Intelligence*. 2000, vol. 1822, pp. 40–52.
7. Sheremetyeva S. An efficient patent keyword extractor as translation resource. *MT Summit XII: Third Workshop on Patent Translation*. Ottawa, 2009. Pp. 25–32.
8. Усталов, Д. Извлечение терминов из русскоязычных текстов при помощи графовых моделей. <http://koost.eveel.ru/science/CSEDays2012.Pdf> (дата обращения: 30.11.2014). [Ustalov D. Izvlechenie terminov iz russkoazychnykh tekstov pri pomoshchi grafovyykh modeley (Term Extraction by Means of Graph Model from Russian texts). Available at: <http://koost.eveel.ru/science/CSEDays2012.pdf> (accessed: 30.11.2014)]
9. S. Brin, L. Page. *The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine*, 1998
10. Mihalcea, R., Tarau, P. TextRank: Bringing Order into Texts. // *Proceedings of the 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. — 2004. — Vol. 4. — № 4. — P. 404–411.
11. Зеленков, Ю. Г., Сегалович И. В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов // Тр. 9-й Всеросс. научной конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». — Переславль-Залесский: Изд-во ИПС РАН, 2007. с. 166–174.
12. S. Robertson, S. Walker, S. Jones, M. Hancock-Beaulieu, M. Gatford. *Okapi at trec-3*. *The Third Text REtrieval Conference (TREC-3)*, 1995.
13. K. Church, W. Gale. Poisson mixtures. *Natural Language Engineering*, 1995, 1 (2):163–190.

Использование программных пакетов для решения экологических задач

Ерилина Ирина Игоревна, студент

Уфимский государственный авиационный технический университет

Для решения задач, связанных с обработкой пространственной информации, существует немало программных пакетов. Среди них можно выделить GRASS GIS, Quantum GIS, OpenLayers, MapServer, PostGIS, ArcGIS, ERDAS Imagine, Scanex и многие другие. Однако не все эти пакеты являются универсальными и направлены на решение лишь узкого круга задач. Самыми распространенными и универсальными в этой области являются программные продукты, предоставляемые компанией ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Компанией ESRI было разработано целое семейство геоинформационных программных продуктов (ArcGIS).

ArcGIS — это платформа для выработки и принятия ответственных решений на основе географического подхода. Она позволяет проводить глубокий анализ, извлекать новые знания из имеющихся данных и делать правильный выбор. Одним из преимуществ ArcGIS является то, что он работает везде: в интернете или интранете, на мобильных устройствах, на настольном компьютере.

Корпоративная платформа ArcGIS дает всем пользователям возможность получать, создавать, использовать и обмениваться картами и географически привязанной информацией на любом вычислительном устройстве, в любом месте, в любое время.

Инструменты настройки и разработки ArcGIS позволяют:

- Создавать простые карты из собственных корпоративных данных пользователей;
- Конструировать приложения с картами на различных платформах;

- Публиковать и использовать веб-сервисы геоинформационных систем (геосервисы);

- Просматривать, адаптировать и использовать примеры кода, шаблоны приложений, онлайн данные и др.

Эти возможности ArcGIS и помогут в решении поставленных задач. В данной работе используется сразу несколько продуктов ArcGIS, такие как ArcGIS for Desktop, ArcGIS API for JavaScript, Portal for ArcGIS и ArcGIS Server.

Одной из наиболее острых экологических проблем, характерных для промышленно развитых регионов Российской Федерации, в частности, для Республики Башкортостан являются проблемы, связанные с захоронением, переработкой и утилизацией промышленных и бытовых отходов. В комплексе проводимых мероприятий по организации безопасного и экологичного захоронения отходов ключевыми становятся аспекты рационального использования территорий при условии достижения приемлемого качества окружающей среды. На территории Республики Башкортостан функции контроля и управления в сфере обращения с отходами возложены, главным образом, на Министерство природопользования и экологии РБ, в соответствии с региональным и федеральным законодательством [1–3]. В рамках деятельности по улучшению экологической обстановки важным аспектом стало принятие постановления Правительства РБ от 01.02.2010 № 26 «О республиканском кадастре отходов производства и потребления», в соответствии с которым Министерством природопользования и экологии РБ предусмотрено ведение автоматизированной информационной системы по формированию и ведению регионального кадастра от-

ходов (АИС «Кадастр отходов»). Также предусмотрено ее дальнейшее развитие в соответствии с постановлением «Совершенствование системы управления твердыми бытовыми отходами в Республике Башкортостан» на 2011–2020 годы. Министерство природопользования и экологии РБ (далее Минэкологии РБ) обязано формировать систематизированный свод сведений о происхождении, количестве, составе, свойствах, классе опасности отходов, условиях и конкретных объектах размещения отходов (ОРО), технологиях их использования и обезвреживания на территории Республики Башкортостан. На основе этих сведений осуществляется государственный контроль деятельности в области обращения с отходами, они служат основанием для принятия управленческих, хозяйственных и иных решений в этой сфере. При проектировании картографического сервиса на интернет-порталах и программировании можно использовать подходы, изложенные в [4–10].

АИС «Кадастр отходов». АИС «Кадастр отходов» предназначена для ввода и накопления сведений о видах отходов, объектах размещения, технологиях переработки, лицензиях, а также количественных показателях образования отходов у хозяйствующих субъектов. Однако функциональные возможности системы не предполагают визуализацию пространственных данных на карте.

Кроме того, в соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления», Минэкологии РБ необходимо своевременно предоставлять в открытый доступ в сети Интернет актуальную информацию о технологических установках с учётом требований законодательства Российской Федерации о государственной тайне и о персональных данных.

Цели и задачи. В связи с вышесказанным актуальной задачей является предоставление информации о расположении технологических установок по утилизации и обезвреживанию отходов специалистам Минэкологии и для публичного доступа. Публичный доступ к информации о расположении технологических установок направлен на совершенствование системы управления отходами в Республике Башкортостан, а именно:

1. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, деятельность которых образует отходы, должны иметь информацию о местах утилизации и обезвреживания отходов;

2. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, планирующие коммерческую деятельность в сфере утилизации и обезвреживания отходов.

Сказанное выше определяет цель работы: Обеспечение широкого круга пользователей актуальной пространственной и атрибутивной информацией о технологических установках по утилизации и обезвреживанию отходов на территории Республики Башкортостан.

Задачи:

1. Идентификация мест расположения технологических установок, сведения о которых содержатся в АИС «Кадастр отходов»;

2. Подготовка и публикация картографического слоя с расположением технологических установок, который обеспечивает актуальными атрибутивными данными об установках за счет интеграции с блоком технологических установок в АИС «Кадастр отходов»;

3. Разработка картографического веб-приложения с использованием программной платформы ГИС-компоненты АИС «Кадастр отходов» (ArcGIS for Server);

4. Размещение веб-приложения на геопортале Минэкологии РБ для публичного доступа.

Использование веб-приложения в составе ГИС-компоненты автоматизированной информационной системы позволит специалистам Минэкологии РБ центрального аппарата и территориальных управлений:

– получать доступ к актуальной пространственной и атрибутивной информации через веб-браузер без установки какого-либо специализированного ПО;

– поддерживать как атрибутивные, так и пространственные сведения о технологических установках в актуальном состоянии;

– осуществлять мониторинг состояния технологических установок и в целом экологической обстановки в этой сфере на всей территории Республики Башкортостан.

Использование веб-приложения сторонними пользователями, заинтересованными в этом, обеспечит их актуальной и достоверной информацией, доступа к которой ранее они не имели.

Структура и архитектура АИС «Кадастр отходов».

При разработке картографического приложения требуется обеспечить интеграцию атрибутивной информации электронной карты с расположением технологических установок с блоком «Технологии утилизации и обезвреживания отходов» (Рис. 1).

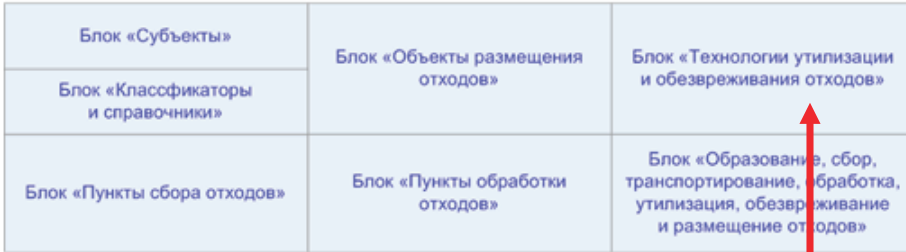
Картографическое веб-приложение «Технологические установки» является частью ГИС-компоненты АИС «Кадастр отходов» (Рис. 2).

Проектирование картографического веб-приложения. При проектировании картографического веб-приложения были построены диаграммы UML. UML является языком широкого профиля, это открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой *UML-моделью*. Он помогает в описании и проектировании программных систем, в особенности систем, построенных с использованием объектно-ориентированных технологий. Диаграммы рисуются для визуализации системы с разных точек зрения, затем они отображаются в систему. Для наглядного представления о том, как специалисты Минэкологии или обычные пользователи взаимодействуют с веб-приложением необходимо разработать диаграммы прецедентов и последовательности.

Диаграммой прецедентов (Use Case Diagram) называется диаграмма, на которой показана совокупность прецедентов и актеров, а также отношения между ними.

Структура АИС «Кадастр отходов»

Настольный клиент АИС «Кадастр отходов»



ГИС-компонента АИС «Кадастр отходов» (веб-приложения)

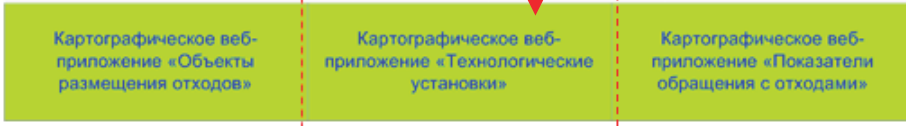


Рис. 1. Структура АИС «Кадастр отходов»

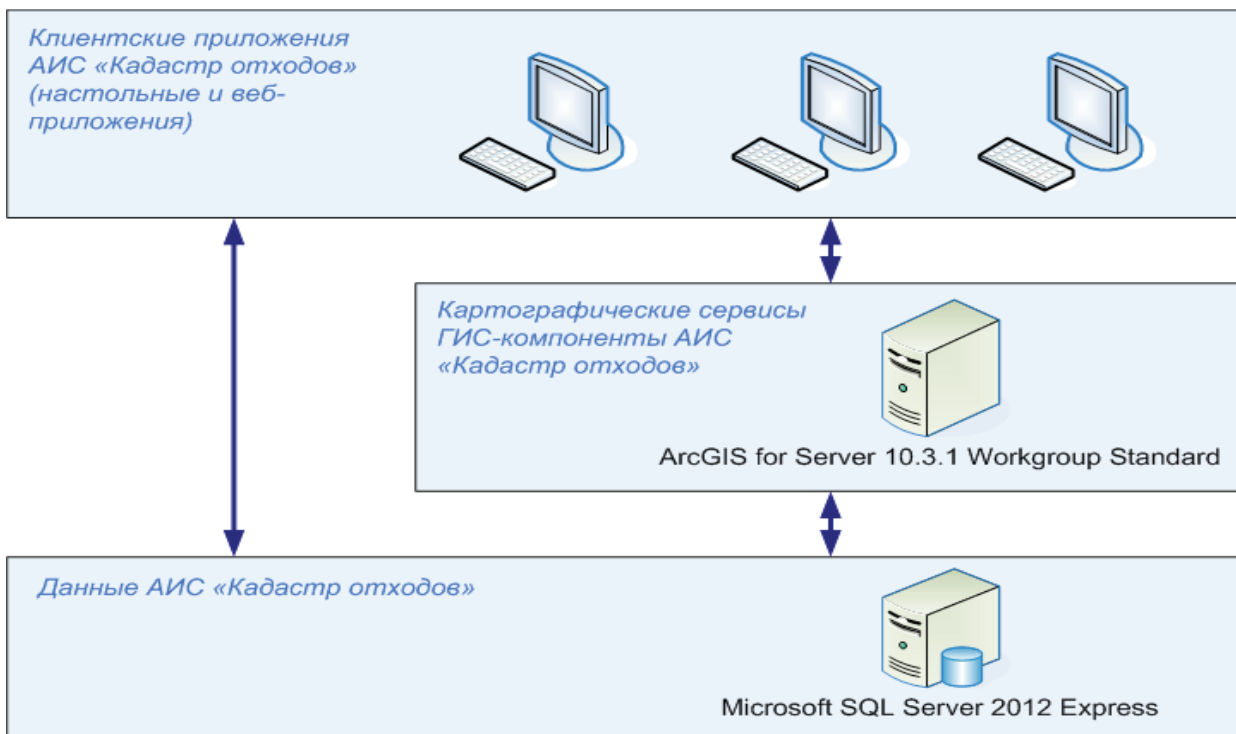


Рис. 2. Архитектура АИС «Кадастр отходов»

На рисунке 3 изображено как пользователь может использовать разрабатываемое картографическое веб-приложение. Он может осуществлять поиск конкретной технологической установки, просмотреть расположение технологических установок на карте или посмотреть сведения о них.

Диаграмма последовательности — это диаграмма, на которой изображено упорядоченное во времени взаимодействие объектов. Диаграммы последовательности создаются для того, чтобы наглядно показать жизненный цикл, для моделирования взаимодействия объектов, спецификации динамики поведения систем, и для возможности

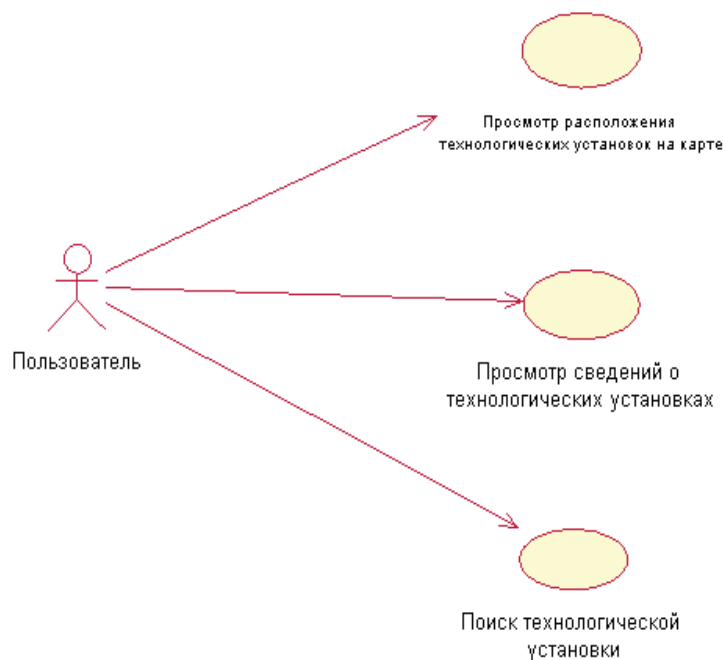


Рис. 3. Диаграмма прецедентов

рассмотрения структурных особенностей взаимодействия объектов.

При разработке диаграммы последовательности были определены действия при работе с картографическим веб-приложением «Технологические установки». Диаграмма описывает, как пользователь взаимодействует с системой: при поиске или идентификации технологических установок происходит обращение к базе данных, пользователь только выбирает нужные ему действия и получает сообщение о возвращении. Объекты, участвующие во взаимодействии, располагаются в верхней ее части вдоль оси X: иницирующий взаимодействие объект размещают слева, а остальные — правее. Затем вдоль оси Y размещаются сообщения, которые объекты посылают и принимают. Это показывает наглядную картину, позволяющую понять развитие потока управления во времени (Рис. 4).

Пользователь через веб-браузер сначала открывает Геопортал Минэкологии, и только оттуда попадает в картографическое веб-приложение «Технологические установки». В приложении на главной странице располагается карта со слоем технологических установок. Пользователь может сразу идентифицировать «понравившуюся» установку, либо перейти к поиску определенной установки. Поиск осуществляется только по типу отхода. Найдя нужную установку, пользователь может посмотреть ее расположение на карте, либо посмотреть подробные сведения о ней.

Публикация картографических веб-сервисов. Картографический сервис — это способ предоставления веб-доступа к картам, объектам и данным атрибутов с помощью ArcGIS. Картографический веб-сервис может быть опубликован из ArcGIS for Desktop двумя способами:

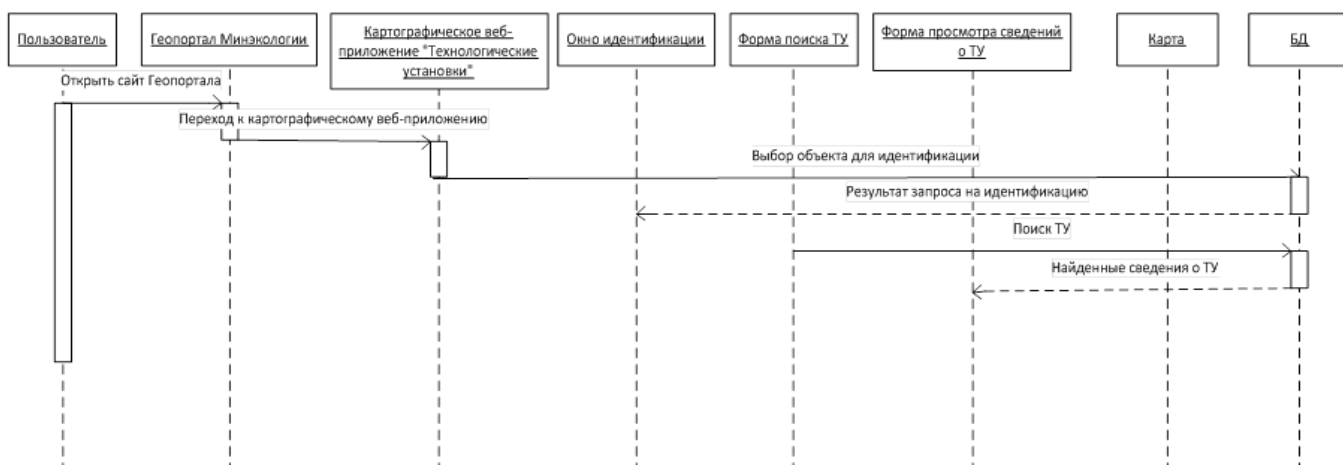


Рис. 4. Диаграмма последовательности

– Используя собственный сервер организации пользователя. Если у организации есть ArcGIS for Server, то можно публиковать картографические сервисы непосредственно в Интернете и включать их в веб-карты ArcGIS Online. Кроме того, можно публиковать другие типы сервисов, такие как сервисы геообработки.

– Используя ArcGIS Online. При наличии у организации ArcGIS for Desktop версии 10.1 и подписки на ArcGIS Online для организаций можно публиковать картографические сервисы, находящиеся на узле (где узлом является Esri), без ArcGIS for Server. Это облегчает преобразование данных ГИС в веб-сервисы, т.к. не требуется установка или администрирование программного обеспечения сервера.

Для публикации слоя в качестве картографического сервиса был подготовлен точечный слой технологических установок в ArcGIS for Desktop и опубликован первым способом. На сегодняшний день на территории республики Башкортостан имеется 95 действующий установок, которые и были нанесены точечным слоем.

Использование ArcGIS API for JavaScript. Разработка веб-ГИС-приложений происходит на основе геоданных, публикуемых с использованием программного продукта ESRI ArcGIS Server. ArcGIS Server предусматривает два основных варианта создания Веб-приложений: с использованием ArcGIS Javascript Application Program Interface (API) или ArcGIS Web Application Developer Framework (ADF) для платформы Microsoft.NET. ArcGIS JavaScript API предназначен для добавления функциональных возможностей ГИС напрямую в веб-страницы. Для работы с API необходим только доступ к опубликованным через ArcGIS Server ресурсам, при этом API предоставляет все

преимущества Javascript: интерактивность, выполнение функциональных возможностей на стороне клиента, увеличение быстродействия работы системы, интеграцию в html-страницы, простоту написания программ.

Интерфейс ArcGIS JavaScript API позволяет внедрять карты в веб-страницы, создавать картографические веб-приложения и ГИС-клиенты, интегрирующие данные из различных источников на JavaScript, предоставляет широкие возможности визуализации, картографирования, геокодирования и геообработки.

Javascript API построен на основе «dojo javascript toolkit» (dojo) — открытой (распространяемой под двойной лицензией: BSD License и Academic Free License) библиотеки Javascript. Dojo представляет собой набор инструментов, позволяющих разрабатывать надежные, эффективные приложения без необходимости установки специальных утилит на стороне клиента и использования дополнительных компонент на стороне сервера.

Dojo включает в себя набор базовых элементов пользовательского интерфейса — «dijits» (dojo widgets), в котором реализованы меню, кнопки, панели инструментов и многое другое. Одним из преимуществ использования таких компонент в составе приложения является их надежность: все элементы интерфейса протестированы на совместимость с современными веб-браузерами, благодаря чему обеспечивается стабильность работы веб-приложения.

При построении интерфейса веб-приложения автоматически был сгенерирован код на JavaScript.

Картографическое веб-приложение «Технологические установки» в составе ГИС-компоненты АИС «Кадастр отходов». В результате на корпоративном Геопортале Минэкологии РБ было опубликовано картогра-

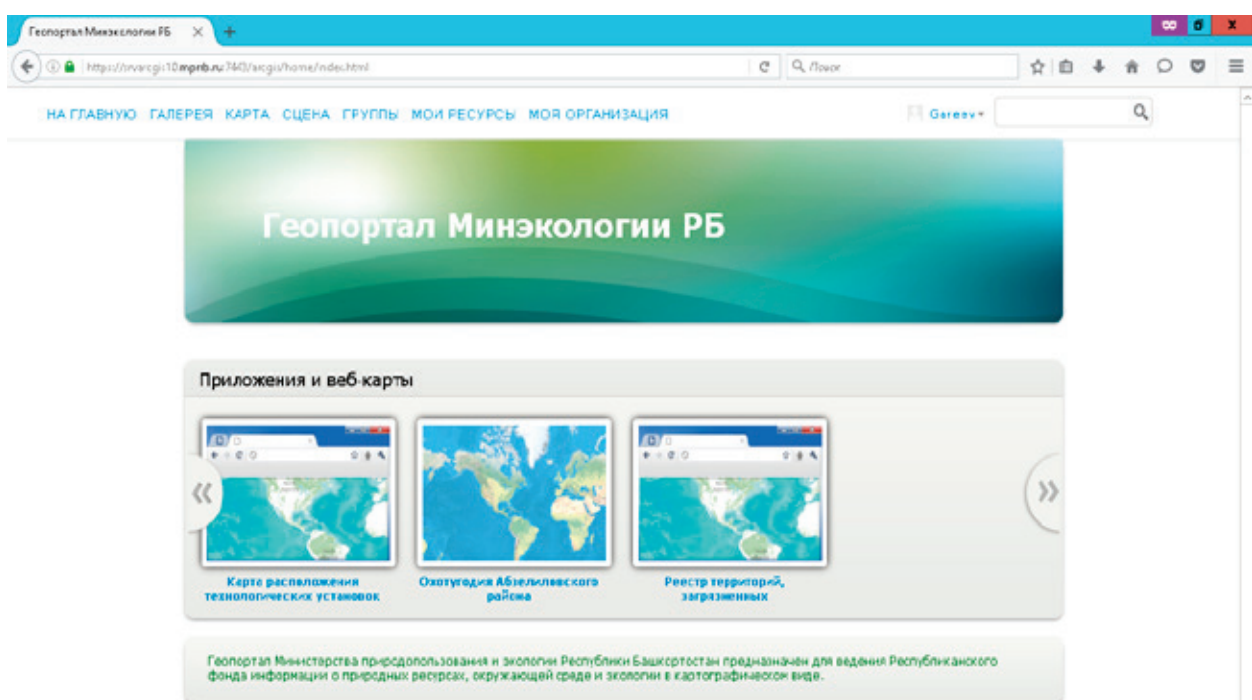


Рис. 5. Геопортал Минэкологии РБ

фическое веб-приложение «Технологические установки» (Рис. 5). Главная страница веб-приложения содержит карту, окно поиска, линейку, есть возможность приближаться и отдаляться от объектов и возможность идентифицировать объект (Рис. 6).

Для идентификации определенной технологической установки, необходимо нажать левой кнопкой мыши по нужной установке. Поиск по видам отходов осуществля-

ется с помощью специального окошка в верхней части главной страницы веб-приложения. После нажатия кнопки «Поиск» появляется список установок, удовлетворяющих критериям поиска. Далее можно выбрать нужную установку и посмотреть ее расположение на карте. Преимущества такого поиска в том, что можно визуализировать на карте технологические установки, отсортированные по видам отходов.

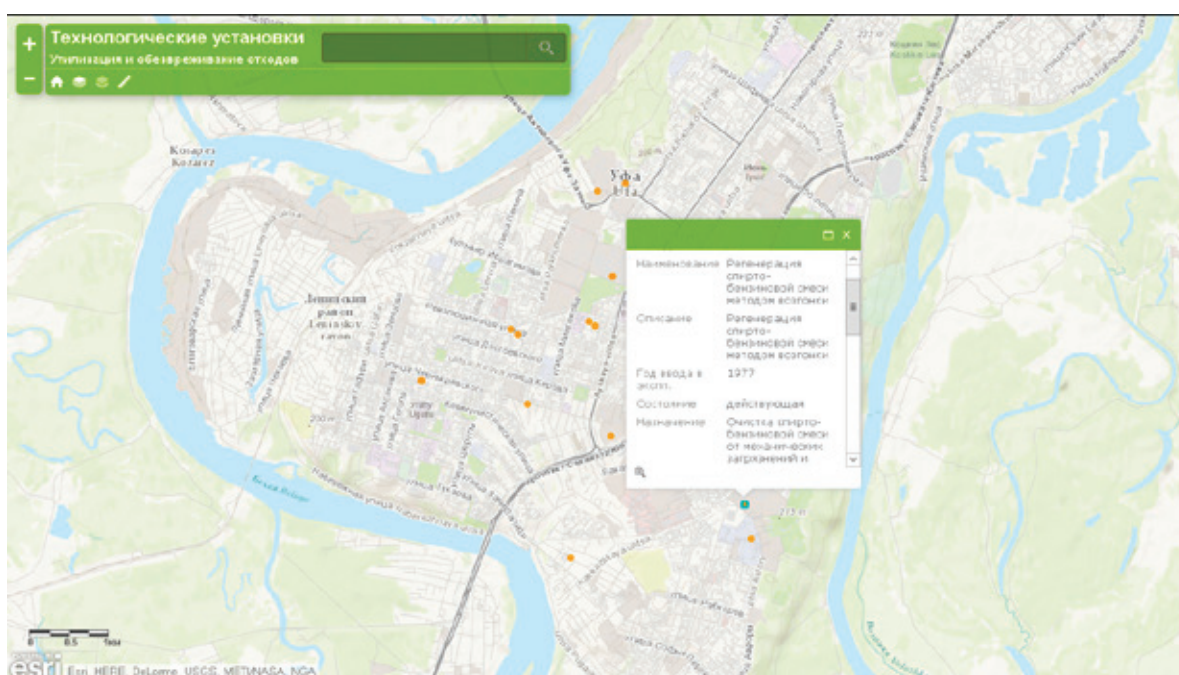


Рис. 6. Главная страница веб-приложения

Заключение. На базе различных промышленных пакетов можно создать картографические веб-приложения, осуществляющие: отображение общегеографической и пространственной информации о технологических уста-

новках в регионах Российской Федерации; навигацию по карте; выбор технологической установки на карте, вывод атрибутивной информации, содержащейся в БД АИС «Кадастр отходов» по всем объектам в виде таблиц.

Литература:

1. Симонов, А. В. Интерактивный картографический сервис на образовательных интернет-порталах // В сб. научных статей «Интернет-порталы: содержание и технологии». Вып. 2. / Редкол.: А. Н. Тихонов (пред.) и др.; ГНИИ ИТТ «Информика». — М.: Просвещение, 2004. — с. 369–393.
2. Смирнова, Г. Н. Проектирование информационных систем / Смирнова Г. Н., Тельнов, Ю. Ф. — М.: Прогресс, 2002.
3. Христуло, О. И. Разработка ГИС-компоненты в составе информационной системы «Кадастр отходов» для Республики Башкортостан. // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. Межвузовский научный сборник. — Уфа: УГАТУ, 2011. — с. 156–161.
4. Федеральный закон от 9 февраля 2009 г. № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://base.garant.ru/194874>, свободный, дата обращения: 25.05.16.
5. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан в 2013 году [Электронный ресурс]; Режим доступа: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/>, свободный, дата обращения: 5.05.16.
6. Отчет о Разработке автоматизированной системы по формированию и ведению регионального кадастра отходов на территории Республики Башкортостан [Электронный ресурс]; Режим доступа: <https://ecology.bashkortostan.ru>, свободный, дата обращения: 15.04.16.

7. Разработка ГИС-приложений для ArcGIS Server // Разработка программного обеспечения, информационных/ геоинформационных систем (ПО, ИС, ГИС) [электронный ресурс]; Режим доступа: <http://gisworks.blogspot.com/2009/02/4-gazrabotka-na-arcgis-javascript-api.html> дата обращения: 06.05.2016.
8. Картографический дизайн, ориентированный на интернет: проектирование и оформление карт для веб-сервисов Самсонов Т.Е., [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://www.dataplus.ru/news/arcreview>, свободный, дата обращения 20.05.16.
9. Сервис-ориентированная архитектура программного обеспечения корпоративных геоинформационных систем С.В. Павлов, Т.М. Усов, Р.А. Шкундина [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://gistechник.ru/pub/3-publik/90-koгpor>, свободный, дата обращения: 06.06.16.
10. Язык JavaScript — Программирование [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://allrefs.net/c20/3j6tn/p7/> свободный, дата обращения: 22.04.16.

Проблема автоматической регистрации на веб-сайтах

Краснов Сергей Сергеевич, магистрант
Московский технологический университет

Автоматическая регистрация представляет собой автоматизированный ввод и подтверждение необходимых регистрационных данных на определенных сайтах.

Несомненно — в настоящее время автоматическая регистрация зачастую используется часто в незаконных целях, таких как рассылка спама сразу с большого числа почтовых ящиков и/или электронных мессенджеров, «черная» SEO оптимизация, засорение поисковой выдачи, спам в социальных сетях, и т.д.

В то же время использование автоматической регистрации может быть оправдано и полезно во множестве случаев.

К таким случаям можно отнести:

- Продвижение сайта в поисковых системах;
- Задачи автоматизированного поиска с помощью специализированных программ («аватар») на заданных сайтах.

В настоящее время существует множество сайтов и приложений, предлагающих услуги автоматической регистрации. В основном эти предложения касаются регистрации в различных каталогах, то есть для SEO продвижения.

Опишем основные приложения подобного типа.

Программа Addsite является продуктом российских разработчиков и предоставляет следующие возможности:

Ручная и автоматическая регистрация в поисковых каталогах;

Обход и распознавание Capcha. Большинство картинок программа распознает сама, информацию с тех которые не удалось распознать — пользователь может ввести самостоятельно и продолжить регистрацию в ручном или автоматическом режиме;

Поиск и добавление новых каталогов;

Отчет о регистрации и т.д. [2]

Сервис autoreg.ru предлагает автоматическую регистрацию в 3178 поисковых каталогах. Доступны как бесплатный вариант регистрации, так и вариант за до-

полнительную плату. Для работы на сайте требуется обязательная регистрация. Механизмы автоматической регистрации, используемые сайтом — не разглашаются. [4]

Программа Catsniper является одной из самых популярных программ для регистрации в каталогах.

На данный момент CATSNIPER поддерживает следующие типы каталогов: CNCat, Made-cat, FlashCat, ScannerLink. Программа умеет распознавать CAPTCHA всех этих каталогов [3].

К существенной проблеме, замедляющей развитие методик автоматической регистрации, можно отнести наличие на подавляющем большинстве современных сайтов так называемой CAPTCHA, то есть компьютерного теста, используемого для того, чтобы определить, кем является пользователь системы: человеком или компьютером [5]. В большинстве случаев этот тест представляет собой надпись, обработанную специальным образом с целью невозможности распознавания компьютерными программами. В последнее время также получили распространение следующие виды CAPTCHA:

- Необходимость поставить отметку в определенном поле на экране;
- Решение математического примера;
- Необходимость собрать «пазл» из нескольких элементов на экране;
- Вопрос пользователю (например «Автор книги про Тома Сойера?»);
- Виды CAPTCHA, использующие необходимость выбора нужной из нескольких картинок на экране. Данный способ является одним из самых совершенных и простых для понимания человеком на настоящий момент, но все-таки может быть обойден с использованием метода баз данных, описанного ниже;
- Программный способ (внедрение на сайт невидимого для человека поля, которое будет заполнено машиной при автоматической регистрации).

Способов распознавания некоторых типов CAPTCHA на данный момент пока не существует.

Для защиты от автоматической регистрации в социальных сетях также часто используется необходимость подтверждения номера телефона.

Но проблема с распознаванием рисованной CAPTCHA на настоящий момент частично решена. Мы говорим «частично» по той причине, что не все современные виды CAPTCHA могут быть распознаны описанным ниже способом.

Решение состоит в привлечении людей к распознаванию CAPTCHA. Ресурсы, подобные сайту «gucaptcha.com» [1] позволяют с помощью специализированного API организовать отправку картинок на сайт, а на выходе получать распознанные людьми символьные последовательности. Причем скорость распознавания является вполне приемлемой для большинства автоматизированных информационных систем (от 3 до 30 секунд).

Также существуют следующие возможности распознавания CAPTCHA компьютерными системами.

Использование уязвимостей в программах. В этом случае квалифицированный программист может узнать код CAPTCHA, не прибегая к распознаванию. Это связано с тем, что в некоторых случаях на странице присутствуют прямые или косвенные сведения, позволяющие узнать код, например ссылка на картинку с CAPTCHA содержит в себе число для распознавания. На настоящий момент данный способ практически неактуален, поскольку большинство систем содержат в себе хорошую защиту от подобных попыток.

Угадывание. Данный способ используется в том случае, если вариантов CAPTCHA достаточно мало (обычно менее 1000). Программа последовательно вводит возможные варианты до тех пор, пока нужный вариант не будет угадан. Данный способ также неактуален, по той причине что большинство современных CAPTCHA содержат очень большое количество возможных вариантов.

Использование баз данных. Этот вариант используется в том случае, если варианты CAPTCHA заранее подготавливаются человеком, а не генерируются машиной. В этом случае использование баз данных позволяет угадать необходимые варианты.

Автоматическое распознавание. В этом варианте используется либо самостоятельный модуль распознавания, либо варианты с использованием специализированных OCR систем, таких как Finereader. В основном вариант применим к так называемой «слабой» CAPTCHA. Если при генерации CAPTCHA машиной используются неэффективные способы сделать рисунок нераспознаваемым для машины, то автоматическое распознавание может позволить распознать ее.

Распознавание чужими руками. Этот способ является не совсем способом «распознавания», скорее это один из видов мошенничества. В данном случае для распознавания используются сайты с высокой посещаемостью. При посещении сайта, при выполнении определенных действий — пользователю выдается CAPTCHA, взятая с других сайтов, валидацию на которых необходимо

пройти программе. Пользователь вводит правильный ответ, после чего результат посылается на сервер и вводится в нужное поле. [5]

Также существенной проблемой, встающей перед разработчиком системы автоматизированной регистрации — является система защиты от автоматических регистраций по IP-адресу, при котором одна регистрация допускается лишь с одного IP-адреса. Решением данной проблемы может быть использование базы прокси-серверов, либо использование динамического веб-адреса с последующим переключением.

Таким образом, при разработке системы автоматизированной регистрации на определенных сайтах основным фактором, определяющим успешность разработки подобной системы является используемый способ защиты от автоматических регистраций на целевом сайте. Следует отметить, что при использовании определенных типов защиты — автоматическая регистрация является невозможной.

Поэтому при разработке системы автоматизированной регистрации на определенных сайтах необходимо провести следующие шаги:

1. Определить целевые сайты для регистрации системы.
2. Выявить способы защиты от автоматической регистрации на целевых сайтах. Следует отметить, что на большом количестве сайтов способы защиты от автоматических регистраций отсутствуют, и необходимо лишь подтверждение электронной почты и/или номера телефона. В то же время важной является проблема возможности подключения модуля поиска впоследствии к сайту — как раз на этом этапе многие разработчики и предлагают ввод CAPTCHA. Но данная задача является актуальной скорее для разработчиков активного поискового модуля системы;
3. Выявить способы обхода системы автоматической регистрации на сайте и реализовать их.

В случае с использованием рисованной CAPTCHA — с помощью API сайтов, подобных «gucaptcha.com» [1] может быть организовано автоматическое распознавание CAPTCHA.

В случае использования остальных видов CAPTCHA может потребоваться дополнительное обследование этих сайтов с целью реализации системы обхода CAPTCHA. В частности, CAPTCHA вида «проставьте знак в поле» — может обходиться с помощью считывания изображения с экрана, поскольку обычно поле для ввода символа имеет типизированный вид (в наиболее популярных на данный момент системах).

В случае, если организовать распознавание CAPTCHA автоматизированными методами не представляется возможным — система должна иметь возможность работы в полуавтоматическом режиме. В этом случае все поля на сайте автоматически заполняются программой, после чего на этапе распознавания CAPTCHA управление передается пользователю, который вводит необходимый ответ в нужном поле.

Несомненно, зачастую применение автоматизированных систем регистрации на сайтах служит незаконным целям. В то же самое время, как отмечалось выше — их исполь-

зование может быть полезным во многих задачах, в частности при поиске информации на «закрытых» сайтах, для просмотра документов на которых необходима регистрация.

Литература:

1. Сервис распознавания капч <https://rucaptcha.com/>
2. AddSite — программа для регистрации сайта в каталогах. <http://www.promo-soft.ru/addsite.html>
3. Программа для автоматической регистрации сайта в каталогах <http://www.catsniper.ru/>
4. Сервис автоматической раскрутки сайта autoreg.ru
5. Статья «Капча» в свободной энциклопедии Wikipedia. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Капча>

IMS-metadata specification on line test

Nurjabova Dilafruz Shukrullaevna, assistant;
Saidov Jurabek, assistant

Tashkent University of Information Technologies Karshi branch, Uzbekistan

This article is devoted to ims metadata specification on line test on-line test of self-test. This online test is constructed on the basis of spring program.

Key words: *electronic textbook, interactive electronic technical manuals, explanatory dictionary.*

Нуржабова Дилафруз Шукруллаевна, ассистент;
Саидов Журабек, ассистент

Ташкентский университет информационных технологий, Каршинский филиал (Узбекистан)

The IMS Metadata Specification following metadata elements are defined (IMS-metadata):

1. general. Groups information about the object is being studied

1.1. Identifier. The globally unique identifier for the resource

1.2. Title of the resource name.

1.3. Catalog entry. Designation given to the resource.

1.3.1. Catalog. name directory

1.3.2. Entry. Designation within the directory.

1.4. Language. Languages reporting

1.5. description. Description of the contents of the object.

1.6. keyword. Keywords (search image)

1.7. coverage. Temporal and spatial characteristics of the object.

1.8. structure. object structure (linear, hierarchical, etc.)

1.9. aggregation level. Functional resource size (1–4)

2. lifecycle. The development and current state of the resource

2.1. version. Revision (version) of the resource

2.2. status. Editorial state of the object

2.3. contribute. People or organizations contributing to the creation of a resource (creation, editing and publication)

2.3.1. role. Role in the project

2.3.2. entity. Legal person / entity, the participants, the most relevant — first

2.3.3. date. Date of indemnity

3. meta metadata. Features description. Metadata about metadata

3.1. identifier. The unique identifier of the metadata

3.2. catalog entry. Designation given metadata

3.2.1. catalog. name directory

3.2.2. entry. Designation within the directory

3.3. contribute. People or organizations contributing to the creation of metadata (creation, editing and publication)

3.3.1. role. Role

3.3.2. entity. Legal person / entity, the participants, the most relevant — first

3.3.3. date. Date of indemnity

3.4. metadata scheme. Name structure for metadata, including version (for example, LOMv1.0)

3.5. language. Metadata Language (string values) by default

4. technical. The technical capabilities of the resource

4.1. format. Technical resource format (MIME | no digital)

4.2. size. Resource size in bytes

4.3. location. Location or method of accessing the resource

4.4. requirement. Technical requirements for access to the resource

4.4.1. type. Type requirements (OS, Browser)

4.4.2. name. Name of the requested technical means

- 4.4.3. minimum version. The minimum version required technical means
- 4.4.4. maximum version. Maximum version of the required technical means
- 4.5. installation remarks. Instructions for installing and configuring the resource
- 4.6. other platform requirements. Information about the requirements for hardware and software, not specified in the previous fields
- 4.7. duration. Duration object when playing at normal speed in seconds (for audio, video)
- 5. educational. Educational or pedagogical characteristics of the resource
 - 5.1. interactivity type. Type of user interaction
 - 5.2. learning resource type. Type of learning resource
 - 5.3. interactivity level. The level of interactivity
 - 5.4. semantic density. Subjective usefulness of the resource in relation to its volume
 - 5.5. intended user role. Purpose of the material (for teachers, student, etc.)
 - 5.6. context. The level of educational institutions, which is material
 - 5.7. typical age range. Recommended age of the user material
 - 5.8. difficulty. The complexity of the material for a typical representative of the target group
 - 5.9. typical learning time. Approximate time required to master the material
 - 5.10. description. Recommendations for the use of material during training
 - 5.11. language. Recommended native language of the target group
- 6. rights. Terms of distribution and use of resources
 - 6.1. cost. Does the use of a resource payment
 - 6.2. copy right and other restrictions. Are the resource copyright or other restrictions
 - 6.3. description. Comments concerning the use of this resource
- 7. relation. Interaction with other resources (dictionary)
 - 7.1. kind. Type of communication or interaction
 - 7.2. resource. Resource is associated with or interact described resource / td>
 - 7.2.1. identifier. Unique Resource Identifier
 - 7.2.2. description. resource Description
 - 7.2.3. catalog entry. Designation given to the resource
 - 7.2.3.1. catalog. name directory
 - 7.2.3.2. entry. Designation within the directory
- 8. annotation. Comments on the use of the resource in the educational process
 - 8.1. person. Author annotations
 - 8.2. Date. Date of writing annotations

- 8.3. description. Description annotation
- 9. classification. Identify the characteristics of the resource occurrences in classification
 - 9.1. purpose. Destination
 - 9.2. taxon path. The taxonomic classification of the specified path
 - 9.2.1. source. Classification
 - 9.2.2.1. id. Identifier
 - 9.2.2.2. entry. Name
 - 9.3. description. Text description of the object relative to the stated purpose
 - 9.4. keyword. Keywords of the object relative to the stated purpose.

Taken together, the first three properties determine the adequacy of the training material purposes of its creation, that is, adequately reflects the weighted compromise satisfaction of the requirements of completeness, accessibility and scientific. Tradition these properties does not mean sameness of their degree of satisfaction with traditional and computer learning technologies. Thus, for relatively easy updating training materials allows to provide a greater degree of urgency and reflect the current state of the subject areas in the ET compared with traditional print media. The modular structure of the ET contributes to the optimization of presentation sequence [1,5].

The specific properties of ET are graphic, interactivity, adaptability, intelligence. Portraiture is determined by the correct choice of size, type and color of the font, the layout process screen pages, using the appropriate graphic illustrations and animations. Interactivity, the presence of feedback in the «ET — user», generates the activation of cognitive activity of students. Interactivity is manifested primarily at checking the assimilation of the student teaching material when performing laboratory work in an environment of interactive software systems. Adaptability means the ability to create customized versions of educational materials, taking into account the specific needs and the level of prepared student [2,3].

Intelligence — the property that turns into a partner ET learner reacting to the actions of the trainee and his corrective actions in the learning process. It is obvious that the degree of intelligence can vary over a wide range of tips on the implementation of control exercises to simulate virtual interlocutor intelligent behavior of the partner, mentor, teacher. These properties are positive features of the power plant. It is important to improve the level of fine art, interactivity and intelligence is the use of multimedia tools, comprehensive use of various forms of information (text, graphics, sound, video, photo, movie) both static and dynamic, together with the possibilities of interactive user experience [5,8].

References:

1. Abdukadyrov, Abdukahhor Abduvakilevich. Masofali ukitish nazariyasi amaliëti Islands. Monograph / AA Abdukadir, AH Pardaev; Ed. M. Sodikova. — T: Uzbekistan Respublikasi fanlar Akademiyasi «FAN» nashriëti, 2009. — 145 p.

2. Masofadan ukitish equipment wa tehnologiyasi. — T: TEAI, 2002. — 232 b. — (Halkaro ilmy — Amal Conference Maruzalar tuplyu yil 2002 May 13—14: Uzbek-mail wa agentligi telecom «Uzbektelecom» aktsiyadorlik Kompaniyasy Uzb Radiotekhn electron Islands aloka ilmy and Technical Zhamiyati Tosh electrotechnical aloka in-ti). — 2 copies.
3. Theory and practice of distance education. Proc. allowance for students. universities, teaching. on ped. specialist. / Ed. prof. ES Polat. — Moscow: Academy, 2004. — 416 p. — (Higher Education prof..).
4. Electronic means of distance learning VZFEI: electronic supplement to the journal «Computer teaching programs and innovation». Vol. 2. — M.: VZFEI, 2005. — 1 CD-ROM. — 1 copy. — B. c.
5. Information technology and distance learning tools.: Proc. Benefit / IM Ibragimov; Ed. EV Roslyakova. — 3rd ed. — M.: Publishing house. center «Academy», 2008. — 336 p. — (Higher Education prof..).
6. Rakhmankulova, SI Distance Learning Technology: Proc. Benefit / SI Rakhmankulova. — T: [b. and], 2001. — . 143 p.: Ill. — Bibliogr.: p. 118 (33 titles.). — 1 copy.
7. Rakhmatullaev Marat Alimovich. Seven aspects of distance education. monograph / MA Rakhmatullaev; Ed. A. Kubatin. — T: Nat. Bk Uzbekistan named. Navoi, 2009. — 72 p. — Bibliogr.: p. 57–71. — 1 copy.
8. <http://e.tuit.uz>.

Разработка мобильного мультиплатформенного приложения аренды недвижимости

Петухов Сергей Валентинович, студент;

Назаров Фёдор Александрович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В представленной работе рассматривается фреймворк PhoneGap, предлагающий альтернативный классическому способ создания мобильных приложений, не требующих знаний и навыков разработки под определённую мобильную операционную систему, а также возможность использовать средства веб-разработки для построения приложения.

Ключевые слова: PhoneGap, мобильные платформы, проектирование, Front-End, адаптивный дизайн, Apache Cordova

PhoneGap (или Apache Cordova) — это популярный фреймворк для мобильной разработки, приобретённый компанией Adobe Systems в 2011 году у Nitobi. Фреймворк позволяет разработчику программного обеспечения строить мобильные приложения, используя CSS, HTML5 и JavaScript, вместо использования специфичного API выбранной платформы, например, Android, iOS или Windows Phone.

Фреймворк позволяет оборачивать CSS, HTML5 и JavaScript код в зависимости от выбранной платформы устройства. Он расширяет возможности HTML и JavaScript для работы с устройствами. Полученное в результате разработки приложение является гибридным, в значении того, что оно не полностью нативное мобильное приложение (потому что дизайн выполнен с помощью WebView, вместо использования нативного фреймворка интерфейса платформы), и не полностью веб-приложение (потому что это не просто веб-приложение, а упакованное приложение для распространения и имеет доступ к нативному API устройства).

Ядро PhoneGap использует CSS3 и HTML5 для обработки интерфейса и JavaScript для обработки логики. HTML5 представляет доступ к оборудованию устройства,

такому как акселометр, камера или GPS. Тем не менее не все браузеры поддерживают HTML версии 5, особенно, если речь идёт о ранних версиях Android.

1. Цели и задачи проекта

Цели разработки приложения для примера можно определить следующим образом:

- изучить технологию разработки мобильного ПО и лучшие практики построения мобильных графических интерфейсов;

- учесть желания пользователей по взаимному расположению элементов интерфейса.

Задачи будут определены как:

- разработать клиент сервиса 'Realty', предоставляющего возможность заказа недвижимости в аренду в общем случае, доступный для мобильной платформы Android.

2. Основные сценарии использования:

Проектирование приложения следует начать с описания сценариев использования, описывающие все возможные варианты путей пользователя по приложению.

UC: Регистрация в системе

Actor: Пользователь

Preconditions: 'Пользователь' находится на странице 'welcome'; участник не авторизован

Case:

- участник нажимает на кнопку ‘Enter’
- открывается страница ‘sign in’;
- участник нажимает ‘Don’t have an account?’;
- открывается страница ‘registration’;
- участник вводит логин и пароль, активируя форму;
- если данные не верны, появляется соответствующее сообщение;
- если данные верны, открывается страница ‘sign-in’

Alt. cases:

- участник находится на странице ‘sign in’. Последующие шаги те же

UC: Вход в систему

Actor: Пользователь/Администратор/Контент менеджер

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник не авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘sign in’;
- участник вводит логин и пароль, активируя форму;
- введённые данные отправляются на сервер и проверяются;
- если данные не верны, появляется соответствующее сообщение;
- если данные верны, открывается страница ‘property’

Alt. cases:

- отсутствуют

UC: Просмотр доступной недвижимости

Actor: Пользователь

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘property’;
- участник просматривает доступную недвижимость;

Alt. cases:

- участник не авторизован: перед страницей ‘property’ появится страница ‘sign in’;

UC: Добавить объект в карту

Actor: Пользователь

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘property’;
- участник просматривает доступную недвижимость;
- участник нажимает кнопку ‘Hire’, чтобы добавить объект в карту;
- выбранный объект появляется на странице ‘cart’;

Alt. cases:

- участник не авторизован: перед страницей ‘property’ появится страница ‘sign in’;

UC: Удалить объект из карты

Actor: Пользователь

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘property’;
- участник нажимает кнопку ‘Cart’;
- открывается страница ‘cart’;
- участник просматривает заказанную недвижимость;
- участник нажимает кнопку ‘Unhire’, чтобы удалить нежелательный объект;
- выбранный объект пропадает со страницы ‘cart’;

Alt. cases:

- участник не авторизован: перед страницей ‘property’ появится страница ‘sign in’;

UC: Просмотр зарегистрированных пользователей

Actor: Администратор

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘property’;
- участник нажимает кнопку с изображением шестерёнки;
- открывается страница ‘users management’;
- участник просматривает список зарегистрированных пользователей;

Alt. cases:

- участник не авторизован: перед страницей ‘property’ появится страница ‘sign in’;

UC: Удалить пользователя из списка зарегистрированных

Actor: Администратор

Preconditions: участник на странице ‘welcome’; участник авторизован

Case:

- участник нажимает кнопку ‘Enter’;
- открывается страница ‘property’;
- участник нажимает кнопку с изображением шестерёнки;
- открывается страница ‘users management’;
- участник нажимает ‘Delete’ напротив имени нежелательного пользователя;
- пользователь исчезает из списка зарегистрированных;

Alt. cases:

- участник не авторизован: перед страницей ‘property’ появится страница ‘sign in’

3. Макет дизайна форм

На рисунке представленном ниже можно наблюдать макеты будущих форм приложения и их взаимодействие.

4. Особенности разработки

С точки зрения написания когда, разработка не отличалась от классической разработки веб-приложения. В этом заключается главная особенность фреймворка. Единственное необходимое дополнение — создание определённого.xml документа, в котором будут задекларировано особое для платформы поведение.

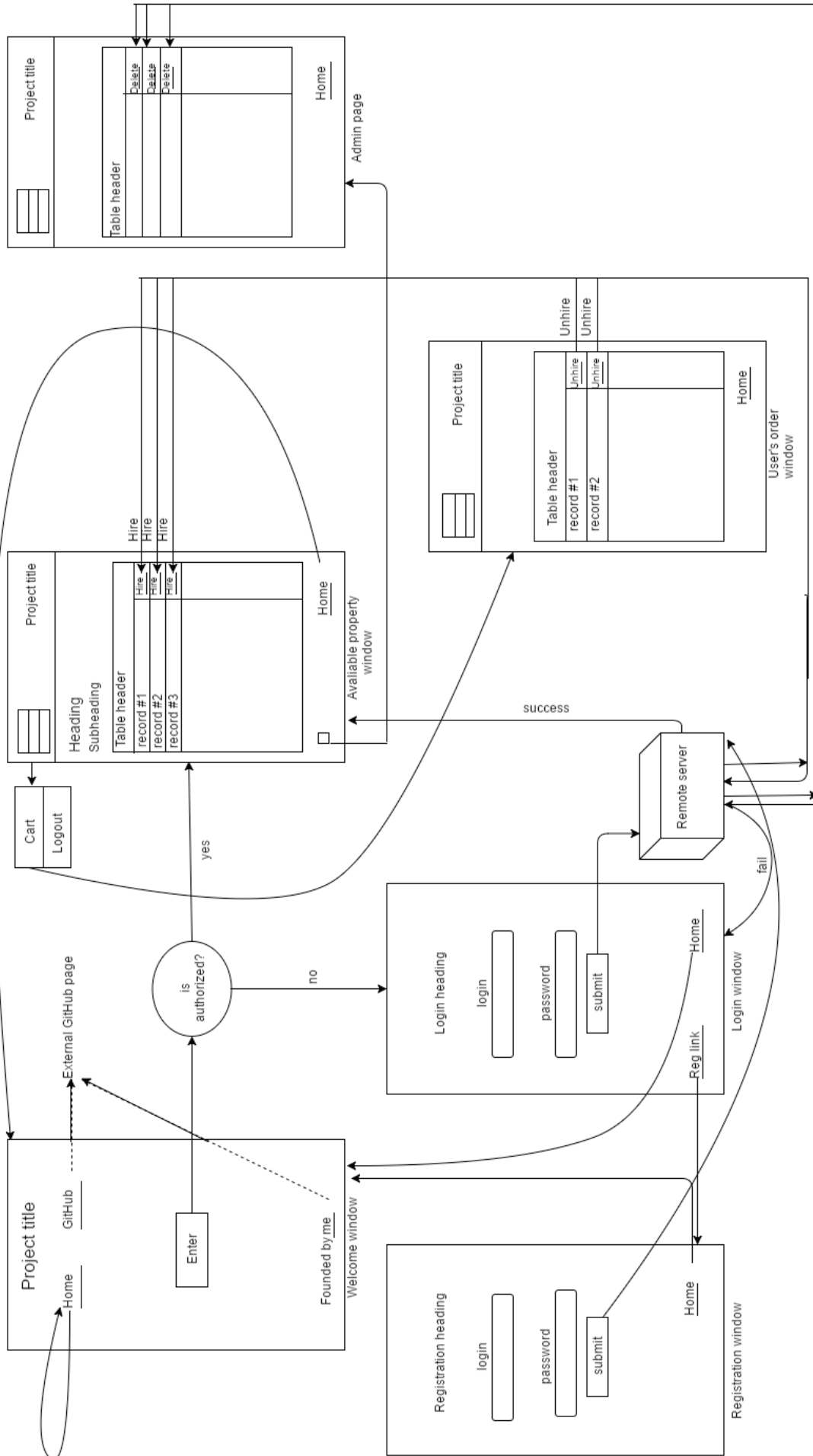


Рис. 1. Макеты форм и схема взаимодействия

В рамках данного приложения в конфигурацию была внесена возможность запрашивать геолокацию пользо-

вателя и отключать строку состояния, для отображения большего количества элементов интерфейса.

5. Результаты разработки

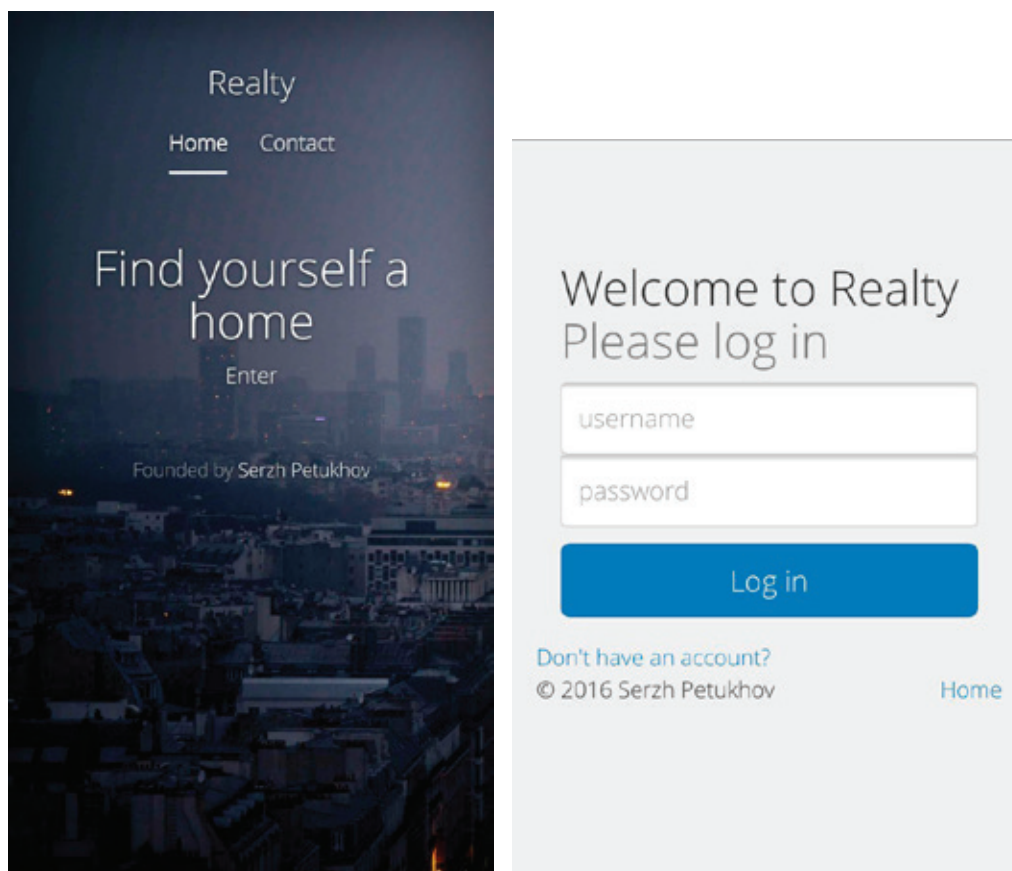


Рис. 2. Снимки экрана приветствия и входа на ОС Android

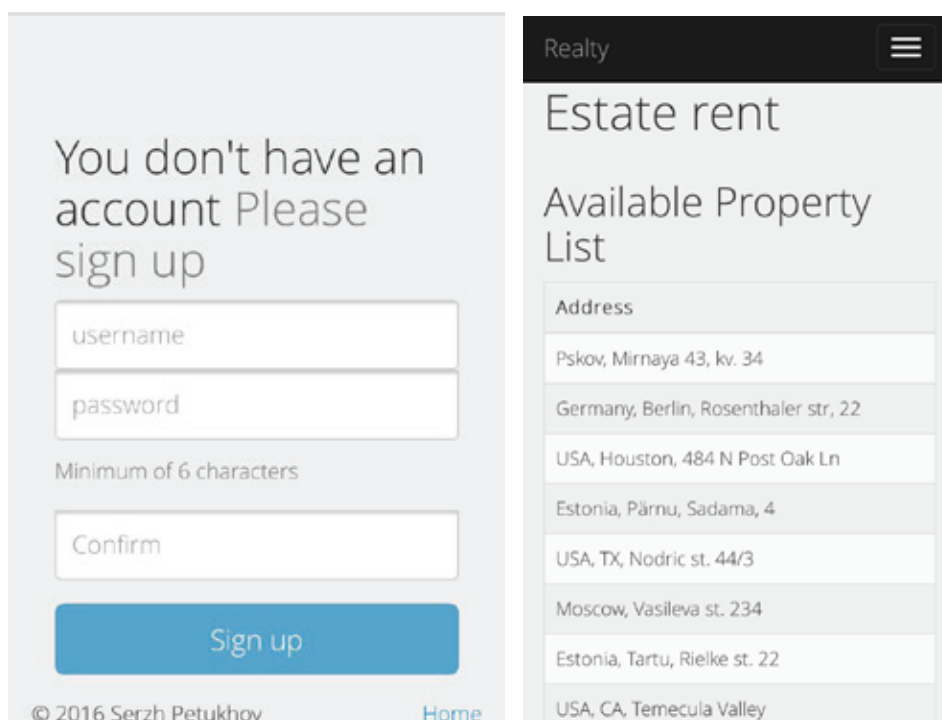


Рис. 3. Снимки экрана регистрации и списка доступной недвижимости

Заключение

В ходе разработки приложения было построено мобильное ПО нацеленное на удобство, понятность и внешнюю привлекательность интерфейсов, а так же надёжной серверной стороны.

Литература:

1. Schildt, H. Java: The Complete Reference [Текст] / Oracle Press, 2014. — 1274 с.
2. Будилов, В. А. Интернет-программирование на Java [Текст] / БХВ-Петербург, 2014. — 522 с.
3. Машнин, Т. С. Web-сервисы Java [Текст] / БХВ-Петербург, 2012. — 560 с.
4. Richardson, L. RESTful Web APIs [Текст] / O'Reilly Media, 2013. — 406 с.
5. Adobe Corporation. Adobe PhoneGap Documentation [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.phonegap.com> (Дата обращения: 05.07.2016).
6. Apache Foundation. Apache Cordova Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://cordova.apache.org> (Дата обращения: 03.07.2016).

Также проведено знакомство с проектом Adobe PhoneGap, который позволяет строить легко переносимые между мобильными платформами проекты и даёт возможность, не вникая в тонкости Android/iOS/WindowsPhone API, создавать полноценные мобильные приложения.

Поисковые возможности контент-менеджмент системы Adobe Experience Manager

Петухов Сергей Валентинович, студент;

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В представленной работе рассматриваются наиболее интересные и важные особенности поисковых движков и способы конструирования индексации с целью повышения скорости поиска в рамках контент-менеджмент системы Adobe Experience Manager. Данные основываются на открытых источниках документации технологий Apache Foundation, а так же официальной документации Adobe Experience Manager.

Ключевые слова: контент-менеджмент система, oak, lucene, индексация, репозиторий контента, SQL-2

Adobe Experience Manager изначально не индексирует содержимое без дополнительной настройки для его репозитория контента — для этих целей необходимо создавать отдельно конфигурируемые индексы, ровно так же, как и для реляционных баз данных. Если для определённого запроса нет конкретного индекса, значит, весь репозиторий будет пройден (англ. traversed). Из-за этого запрос, скорее всего, будет очень долгий. В таком случае, когда движок Oak обнаружит такой запрос, в логах будет выведено соответствующее сообщение, предупреждающее о медленном запросе.

Jackrabbit поддерживает следующие языки запросов:

- XPATH;
- SQL;
- SQL-2;
- JQOM.

1. Типы индексов и вычисление «стоимости» выполнения запроса

Apache Jackrabbit позволяет подключать различные индексы к использованию в запросах к репозиторию:

— стандартный индекс — *Property Index*, определение которого находится в самом репозитории;

— внешний полнотекстовый индекс — конкретная реализация которого может быть *Apache Lucene* или *Apache Solr*;

— Traversal Index — индекс, используемый в случае, когда никакой другой индекс не задействован. Это означает, что данные не индексируются и все ячейки репозитория будут пройдены в поисках данных, подходящих под запрос.

Если для запроса доступны сразу несколько индексов, то для каждого доступного индекса будет вычислено время выполнения. Oak затем выберет наилучший, по его мнению, индекс.

На рисунке 1.1 представлен схематически описанный процесс.

2. Конфигурация индексов

Индексы в Adobe Experience Manager конфигурируются в репозитории в виде ячеек и находятся под ячейкой oak:index. Чтобы система распознала данную ячейку как

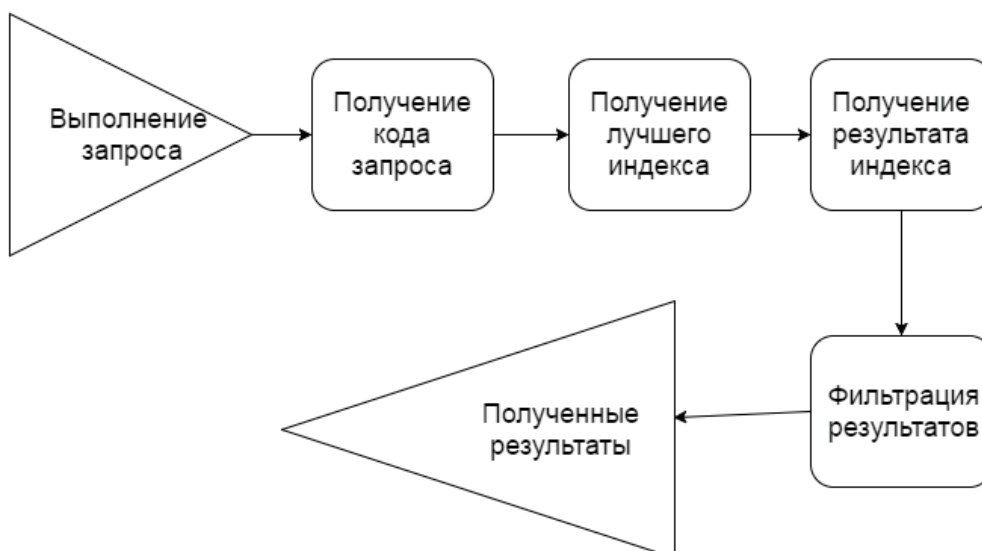


Рисунок 1.1. Схема высокоуровневого представления механизма выполнения запроса движком Apache Oak

конфигурацию индекса, ей следует задать тип oak: QueryIndexDefinition.

2.1 Property Index

Property Index подходит для запросов, которые используют свойства, но не задействуют полнотекстовый поиск. У Property Index существуют следующие параметры конфигурации:

- type — тип индекса, в данном случае «property»;
- propertyName — показывает список свойств, которые будут храниться в индексе;
- flag unique — установлены в значение «true», добавляет уникальность поля;
- declaringNodeTypes — позволяет указывать определённый тип ячейки, которая может быть индексируема таким образом;
- reindex — флаг, установленный в значение «true», запустит переиндексацию всех индексов.

2.2 Ordered Index

Ordered Index — расширение Property Index. Он позволяет устанавливать порядок индексируемого свойства в репозитории. У Ordered Index существуют следующие параметры конфигурации:

- type — тип индекса, в данном случае «ordered»;
- propertyName — показывает список свойств, которые будут храниться в индексе;
- reindex — флаг, установленный в значение «true», запустит переиндексацию всех индексов;
- опциональный параметр direction — может иметь значения убывания и возрастания — «ascending» и «descending» соответственно. По-умолчанию выставлено значение «ascending»;
- async — установка типа индекса как асинхронного.

2.3 Lucene Full Text Index

Полнотекстовый поиск в Adobe Experience Manager представлен средствами Apache Lucene и доступен с шестой версии контент-менеджмент системы. Если полнотекстовый поиск сконфигурирован, то все запросы, имеющие свойство полнотекстового поиска станут использовать этот индекс.

Если полнотекстовый поиск не сконфигурирован, то запросы имеющие свойство полнотекстового поиска могут работать не так, как ожидается. Базовый движок имеет функции полнотекстового поиска, но не имеет всех возможностей Lucene.

Lucene Full Text Index имеет следующие параметры, доступные для конфигурации:

- type — тип индекса, в данном случае «lucene»;
- propertyName — показывает список свойств, которые будут храниться в индексе;
- includePropertyTypes — определяет, какой набор типов свойств будет подходить под это определение индекса;
- excludePropertyNames — определяет, список типов свойств, которые не будут индексироваться данной конфигурацией;
- reindex — флаг, установленный в значение «true», запустит переиндексацию всех индексов;
- async — установка типа индекса как действующего асинхронно.

На рисунке 2.1 показана примерная конфигурация Lucene полнотекстового индекса в репозитории.

3. Рекомендации по выбору типа индекса

В первую очередь архитектору проекта следует определить: следует ли вообще использовать индексацию свойств репозитория в данном случае. Если запрос будет

```

/oak:index/assetType
- jcr:primaryType = "oak:QueryIndexDefinition"
- compatVersion = 2
- type = "lucene"
- async = "async"
+ indexRules
- jcr:primaryType = "nt:unstructured"
+ nt:base
+ properties
- jcr:primaryType = "nt:unstructured"
+ assetType
- propertyIndex = true
- name = "assetType"

```

Рисунок 2.1. Примерная конфигурация Lucene полнотекстового индекса в репозитории

выполнен единожды или иногда в периоды, когда система не нагружена, возможно, использование индексации станет излишним.

После создания индекса, каждый раз как данные репозитория обновляются, индекс должен быть так же обновлён. Так как это влечёт дополнительные издержки для системы, индексы должны создаваться только тогда, когда они действительно необходимы.

Индексы используются только тогда, когда индексируемые данные достаточно уникальны, чтобы оправдать использование. Представьте себе индекс, как книгу и темы, которые она покрывает. Когда индексируется набор тем текста, обычно будет сотни или тысячи точек входа, позволяющих Вам быстро попасть в нужную часть по ключевому слову. Но если этот индекс содержит всего две или три точки входа, указывающих на пару-сотню страниц, индекс будет не нужен. Такой же подход применим к индексам базам данных. Если имеется всего несколько уникальных значений, значит нет необходимости в индексировании.

3.1 Lucene Index или Property Index?

Lucene Index были представлены в Oak версии 1.0.9 и предлагают мощные оптимизации над Property индексацией.

Если выбор стоит между Lucene и Property индексами, то следует учитывать следующее:

Литература:

1. Lunka, R. D. Adobe Experience Manager: Classroom in a Book: A Guide to CQ5 for Marketing Professionals [Текст] / Adobe Press, 2013. — 368 с.
2. Closser, S. Adobe Experience Manager Quick-Reference Guide: Web Content Management [Текст] / Adobe Press, 2013. — 240 с.
3. Adobe Corporation. Adobe Experience Manager Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.adobe.com> (Дата обращения: 29.05.2016).
4. Adobe Corporation. Adobe Blogs — Experience Delivers [Электронный ресурс]. URL: <http://blogs.adobe.com/experiencedelivers> (Дата обращения: 29.05.2016).
5. The Apache Software Foundation. Apache Felix Documentation [Электронный ресурс]. URL: <http://felix.apache.org/documentation.html> (Дата обращения: 29.05.2016).

— Lucene индекс предлагает намного больше возможностей, чем Property индекс. Например, Property индекс может индексировать только единственное свойство, тогда как Lucene может и индексировать несколько;

— Lucene индекс асинхронный. С одной стороны это даёт прирост производительности, но с другой стороны это влечёт за собой задержку между тем, как данные записываются в репозиторий и когда закончится обновление индекса. Если важно иметь запросы возвращающие 100% точные результаты, следует выбирать Property индекс;

— будучи асинхронным, Lucene индекс не может выставлять уникальные значения данных. Если это является необходимостью, то следует выбирать Property индекс.

В целом, рекомендуется использовать Lucene Index, за исключением случаев, когда есть острая необходимость использовать именно Property Index.

Заключение

Рассмотренные виды конфигурации поиска являются основными в контент-менеджмент системе Adobe Experience Manager и репозитории контента Apache Jackrabbit 2. Предложенные решения по оптимальному выбору технологий поиска основываются на предпочтениях разработчиков самих индексов и лучших практик разработки сайтов под управлением контент-менеджмент системы Adobe AEM.

Изучение алгоритмов локального позиционирования в пространстве, используя Wi-Fi и LBS данные сотовых операторов

Радайкина Светлана Александровна, студент
Сибирский федеральный университет

Тема позиционирования затрагивается уже не в первый раз. Местоположение объекта может быть определено в терминах как глобальных, так и локальных координат. Без сомнений точность глобального позиционирования превосходит локальное. При использовании указанных систем, точность позиционирования составляет порядка 5–10 м в практически любой точке земного шара [1]. Но, к сожалению, не всегда применимо. Слабая сторона этого метода в том, что использование системы GPS недопустимо в здании из-за сильного погашения сигналов в стенах и перекрытиях зданий. Поэтому в большинстве мобильных приложениях, ориентированных на определение местоположения объектов, применяются локальные методы геопозиционирования.

Идея использовать точки доступа Wi-Fi не нова и широко применяется для самых разных задач, наиболее передовыми в этой области являются сервисы skyhook, wi2geo, Google maps и Яндекс карты, Яндекс локатор. Эти сервисы предоставляют информацию о местоположении объекта в любой точке города с помощью зарегистрированных Wi-Fi сетей, используя различные методы. Однако, на практике точность этих координат, может достигать 140 метров и более, а при условии, что объект будет находиться вне города, где точек доступа малое количество, и вообще до 2 км. Эти цифры просто огромные, когда речь идет о ребенке, который живет в 100 метрах от школы. Для уменьшения погрешности многие разработчики используют различные технологии и комбинации алгоритмов.

В статье было рассмотрено несколько алгоритмов позиционирования, проведено сравнение нескольких по определенным критериям.

1. Модулируемая ситуация

Исследования проходят в модулируемом помещении (рис. 1), в котором расположены позиционируемые объекты, в дальнейшем просто объект. В качестве них выступают мобильные устройства, которые способны передавать Wi-Fi сигнал. Также в модели помещения присутствуют точки доступа, которые способны принимать Wi-Fi сигнал. Для упрощения вычислений мы будем рассматривать помещение как плоскую среду, в которой присутствуют помехи от стен.

На рис. 1 изображен пример расположения объекта и точек доступа на плоскости, где OP_i — i -я точка доступа, (X_i, Y_i) — декартовы координаты i -й точки доступа, P_i — мощность сигнала от i -й точки доступа, O — объект, (X_0, Y_0) — декартовы координаты объекта, N — количество точек доступа.

2. Критерии сравнения

В каждом анализе должны присутствовать свои критерии оценки. Для данной работы были выбраны следующие критерии:

– Погрешность (это отклонение результата работы алгоритма от истинного положения объекта.);

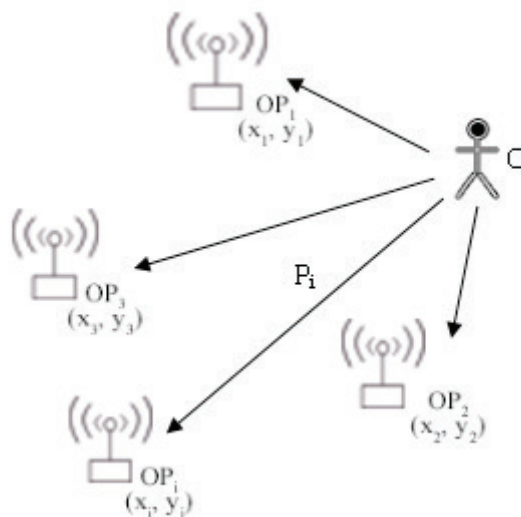


Рис. 1. Моделируемое помещение

— Вычислительная точность (зависимость количества вычислений, выполняемых алгоритмом, от размера входных данных);

3. Алгоритмы позиционирования

Для того, чтобы провести анализ необходимо ознакомиться с существующими алгоритмами. Ниже представлена краткая характеристика каждого.

Алгоритм 1. Наибольшая мощность

Иногда такой алгоритм называют «Ближайшая точка доступа» [2]. Суть алгоритма присвоить объекту координаты той точки доступа, которая имеет сигнал наибольшей мощности. С точки зрения вычислений, это достаточно простой алгоритм. Например, если в помещении находятся несколько точек доступа (см. рис. 1) и одна из них (в данном случае OP_i) имеет наибольшую мощность P_i , то местоположение объекта будет приравнено местоположению точки доступа OP_i .

К достоинствам данного алгоритма относится простота реализации из-за низкой вычислительной сложности и необходимость знать только месторасположения точек доступа. Отрицательной стороной алгоритма является потеря точности определения, погрешность в помещении может достигать до 100 метров.

Алгоритм 2. Весовой алгоритм

При использовании этого алгоритма координаты определяются как линейная комбинация координат точек доступа с учетом характеристики веса (т.е. мощность сигнала) [3]. Вычислительная сложность, так же как и в предыдущем, является простой. Координаты определяется по формулам:

$$\begin{cases} X_0 = \sum_{i=1}^N \mu_i X_i & Y_0 = \sum_{i=1}^N \mu_i Y_i \\ \mu_i = \left(P_i^2 \sum_{j=1}^N \frac{1}{P_j^2} \right)^{-1} \end{cases} \quad (1)$$

где μ_i — характеристика веса.

К достоинствам данного алгоритма относится простота реализации из-за низкой вычислительной сложности и необходимость знать только месторасположения точек доступа. Недостатком является зависимость от числа точек доступа одновременно доступных объекту. У данного алгоритма по сравнению с предыдущим точность определения более высокая, однако, для наиболее точного позиционирования внутри помещений этих результатов мало.

Алгоритм 3. Геометрический подход (Триангуляция)

Определение координат точек методом триангуляции заключается в построении на местности системы смежных треугольников, вершинами которых являются определяемые и вспомогательные точки. При определении координат точек методом триангуляции проводятся вычислительные работы, которые включают:

- обработку полевых материалов и предварительные вычисления;
- вычисление координат точек, определенных засечками (прямой засечки);
- уравнивание триангуляции.

В данной работе вычисления засечки проводятся методом «по котангенсам углов треугольников». Так же существует второй метод «по котангенсам дирекционных углов направлений». При его использовании стоит учитывать, что значения дирекционных углов направлений находятся в пределах $5-85^\circ$, $95-175^\circ$, $85-265^\circ$, $275-355^\circ$.

Вычисление засечки по котангенсам углов треугольников выполняется по формулам:

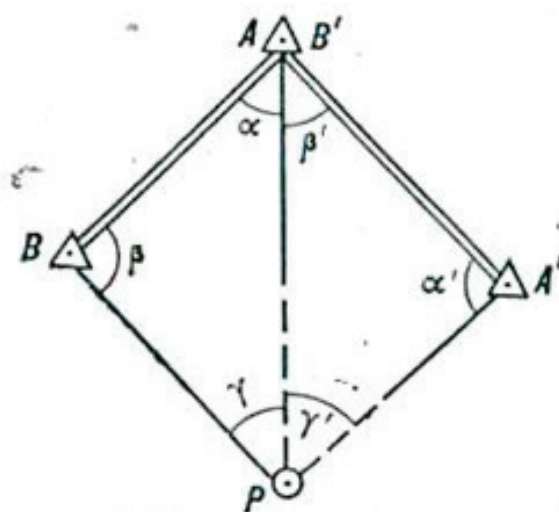


Рис. 2. К вычислению прямой засечки по котангенсам углов треугольников

$$x_p = \frac{x_a \operatorname{ctg} \beta + x_b \operatorname{ctg} \alpha + y_b - y_a}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}$$

$$y_p = \frac{y_a \operatorname{ctg} \beta + y_b \operatorname{ctg} \alpha + x_b - x_a}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}$$

где x_a, y_a, x_b, y_b — координаты точек доступа А и В;
 x_p, y_p — координаты объекта Р;
 α, β — дирекционные углы направлений с точек доступа А и В на объект Р.

Проверка полученных координат производится по следующей формуле:

$$x_b = \frac{x_p \operatorname{ctg} \alpha + x_a \operatorname{ctg} \gamma + y_a - y_p}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma}$$

Достоинством данного алгоритма является его оперативность и достаточная высокая точность определения координат (при определенных условиях). Недостатком алгоритма является использование достаточно большого расхода памяти устройства для хранения необходимых переменных.

Алгоритм 4. Минимизация функционала (Дифференциальная латерация)

Координаты объекта вычисляются через минимизацию функционала, ядром которого является отношение затуханий сигнала от 1 и i-й точек доступа до произвольной точки с координатами (x, y). Будем считать, что коэффициент затухания сигнала, выраженный в децибелах, соответствует формуле:

$$P(d) = P_0 - n10 \lg d, \tag{2}$$

где d — расстояние до агента, P_0 — значение мощности сигнала на расстоянии одного метра и n — коэффициент распространения сигнала. Значения P_0 и n неизвестны. Для того чтобы избавиться от этих неопределенных параметров, будем оценивать положение пользователя через минимизацию следующего функционала:

$$\begin{cases} (X_0, Y_0) = \operatorname{argmin} [\gamma(x, y)] \\ \gamma(x, y) = \sum_{i=2}^N \left| \frac{P_i}{P_1} - \frac{\lg [d_i(x, y)]}{\lg [d_1(x, y)]} \right|^2 \end{cases} \tag{3}$$

где P_1 и P_i — это мощность сигнала в децибелах принятая соответственно 1 и i-й точкой доступа, d_1 и d_i — расстояния соответственно от 1 и i-й точки доступа до текущей точки с координатами (x, y).

Достоинствами являются простота реализации и достаточно высокая точность. К недостаткам можно отнести повышенную вычислительную сложность, так как применяется метод перебора (большое количество точек может значительно замедлить выполнение). Для повышения качества работы алгоритма необходимо начальное приближение, что позволит уменьшить вычислительную сложность. Алгоритм имеет различные модернизации.

Тестирование

Для тестирования алгоритмов была смоделирована среда (рис. 6), представляющая собой квадратное помещение размером $50 \times 50 \text{ м}^2$. По углам помещения расположено четыре одинаковые точки доступа со следующими локальными координатами: $OP_1 (0; 0)$, $OP_2 (0; 50)$, $OP_3 (50; 50)$ и $OP_4 (50; 0)$ [2]. Работа алгоритма проверяется в следующих точках: $O_0 (35; 25)$, $O_1 (10; 10)$, $O_2 (10; 40)$, $O_3 (40; 40)$ и $O_4 (40; 10)$.

Мощность сигнала от каждой точки доступа в помещении изменяется согласно модели распространения радиоволн по формуле:

$$PL(d) = P_t - P(d) = PL(d_0) + n10 \lg \frac{d}{d_0}, \tag{4}$$

где d — расстояние до объекта, $PL(d)$ — потеря мощности сигнала на расстоянии d, P_t — мощность передатчика, $P(d)$ — мощность сигнала на приемнике на расстоянии d, d_0 — расстояние 1 метр, n — коэффициент распространения сигнала в среде.

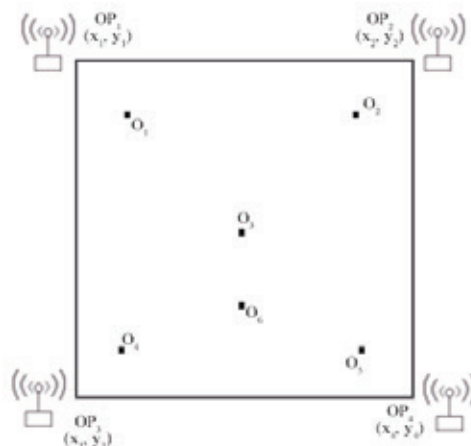


Рис. 3. Смоделирована среда

Для вычисления мощности сигнала в работе были подобраны следующие параметры:

$$n = 2, 5; P_t = 20 \text{ dBm}; PL(d_0) = 40 \text{ dB}.$$

Погрешность вычисляется, как среднее арифметическое всех отклонений (разность между истинным значением и получившимся в ходе вычислений) разных точек:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)}{N}$$

Таблица 1. Результаты тестирования

Алгоритм	Погрешность (м)
Наибольшая мощность	20–25 м (количество точек доступа от 3–4)
Весовой алгоритм	15 м
Геометрический подход (Триангуляция)	8 м
Минимизация функционала (Дифференциальная латерация)	0–10 м (в зависимости от параметров среды, n)

Заключение

Из результатов тестирования (см. таблицу 1) видно, что те алгоритмы, где сложность вычислений больше показывают наибольшую точность. Обратим внимание на первые два алгоритма. В них на точность влияет количество точек доступа. Чем их больше, тем и погрешность вычислений меньше. Это происходит из-за того, что не проводится предварительной подготовки к определению координат объектов. В последних двух, погрешность зависит от подготовки моделируемой среды. Например, при минимизации функционала, погрешность почти исчезает при хорошо подобранных параметрах. Однако в реальных условиях подбор данного параметра является весьма трудоемкой задачей, ввиду географии среды и возникающих помех.

В статье рассмотрено несколько алгоритмов локального позиционирования при использовании точек доступа Wi-Fi и вышек сотовых операторов.

Исходя из данных в табл. 1 и описания алгоритмов можно сделать вывод, что точность определения зависит от количества вычислений проводимых в ходе выполнения.

Литература:

1. Аверин, И. М., Семенов В. Ю. Позиционирование пользователей с использованием инфраструктуры локальных беспроводных сетей. IV Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь». ИРЭ РАН. 29 ноября — 3 декабря 2010 г.
2. Минахметов, Р. М., Рогов А. А., Цымблер М. Л. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств. Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». Т. 2. № 2. 2013.

Обзор программного обеспечения для системы управления нефтяной базой

Сабанов Антон Владимирович, студент;

Михеев Павел Владимирович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

В данной работе было разработано программное обеспечение и визуализация для системы управления нефтяной базой в интегрированной среде программирования BR Automation studio.

Ключевые слова: система управления, нефтяная база, программное обеспечение, визуализация, технические средства, железнодорожная эстакада, резервуарный парк, нефтяное топливо, насосный двигатель, датчики

Нефтебазы представляют собой сложное промышленное предприятие с разнообразным хозяйством, в которое входят резервуарные парки, сливо-наливные и раздаточные устройства, технологические трубопроводы и инженерные сети, котельные, объекты энергоснабжения и связи, противопожарные устройства, лаборатории, ремонтные мастерские и т.д.

1. Основные объекты автоматизации:

- железнодорожная эстакада;
- резервуарный парк;
- трубопроводная система.

1.1 Железнодорожная эстакада

Железнодорожная односторонняя эстакада предназначена для слива дизельного и бензина из железнодорожных цистерн в резервуарный парк.

Вдоль железнодорожной эстакады у каждого устройства слива установлены:

- датчики уровня загазованности;
- посты сигнализация загазованности;
- кнопочные посты проверки системы сигнализации загазованности.

1.2 Резервуарный парк

Резервуарные парки обеспечивают повышение надёжности систем нефтеснабжения народного хозяйства в целом. Самая главная функция — хранение различного рода нефтепродуктов.

Состав средств автоматизации резервуарного парка:

- измерение уровня нефтепродукта в резервуарах;

– сигнализатор аварийного уровня нефтепродукта в резервуарах;

- датчики уровня загазованности;
- система сигнализация загазованности.

1.3 Трубопроводная система

Трубопроводная система нефтебазы исключает смешивание нефтепродуктов при приеме, хранении и отпуске

Состав средств автоматизации трубопроводной системы:

- местный контроль давления/разряжения на выкиде/всасе насосов;
- дистанционный контроль температуры подшипников насосов;
- аварийный останов насосов с местного поста управления у насосной станции.

2. Реализация программного обеспечения:

Программное обеспечение было выполнено в Bг Automation Studio версии 4. B&R Automation Studio — это интегрированная среда программирования, содержащая инструменты для всех фаз проекта. Контроллер, привод, связь и визуализация — все это можно конфигурировать в одной среде, что уменьшает время интеграции и эксплуатационные расходы.

Программа состоит из логической, физической и конфигурационной части.

2.1. Логическая часть

Состоит из четырех программ, трех экранов, а также глобальных и локальных переменных.

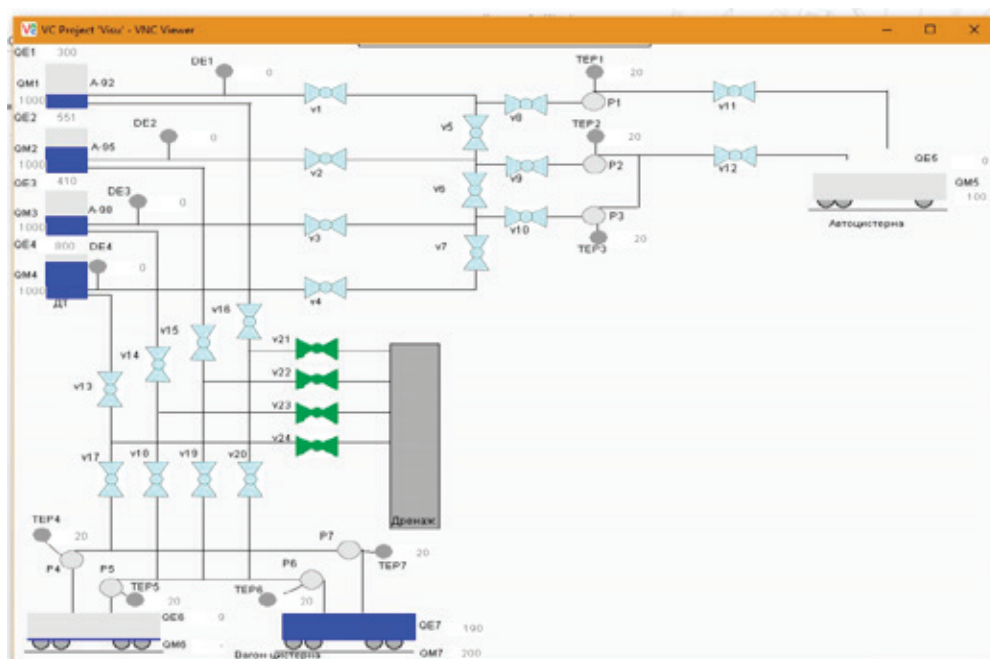


Рис.1. Структурная схема нефтяной базы

В логической части есть три экрана и четыре программы: program, program1, program2 и program3.

Program — описывает естественные процессы, происходящие на нефтебазе: перетекание нефтяных жидкостей при открытых и закрытых клапанах; включенных и выключенных насосных двигателей.

Program1 — управление разгрузкой и погрузкой железнодорожных цистерн.

Program2 — управление погрузкой автоцистерны.

Program3 — контроль за показаниями датчиков и аварийное управление системы.

2.2. Физическая часть

Описание физических устройств подключенных к проекту

2.3. Конфигурационная часть

Состоит из общих настроек программы и настройки способов описания работ с физическими устройствами.

Представим структурную схемы работы нефтяной базы на рисунке 1.

На схеме представлены основные компоненты нефтяной базы и расположения датчиков.

– Цистерны с топливами «А-92», «А-95», «А-98» и «ДТ» (дизельное топливо)

– Датчики загазованности DE1, DE2, DE3 и DE4

– Трубопроводная система с клапанами v1, v2 и т.д.

– Продуктовая насосная станция, в которой есть насосные двигатели с установленными на ней датчиками температуры. P1, P2 и т.д. — насосные двигатели. TEP1, TEP2 — соответствующие им датчики температуры

– Автоцистерна и вагон цистерна.

– Дренаж для слива остатков нефтепродуктов

3. Алгоритм работы программы

На следующих рисунках 2 и 3 представим блок-схемы работы программы

1.1 Разгрузка железнодорожной эстакады

1.2 Погрузка в автоцистерну

4. Интерфейс программы

1.1 Экран железнодорожных цистерн

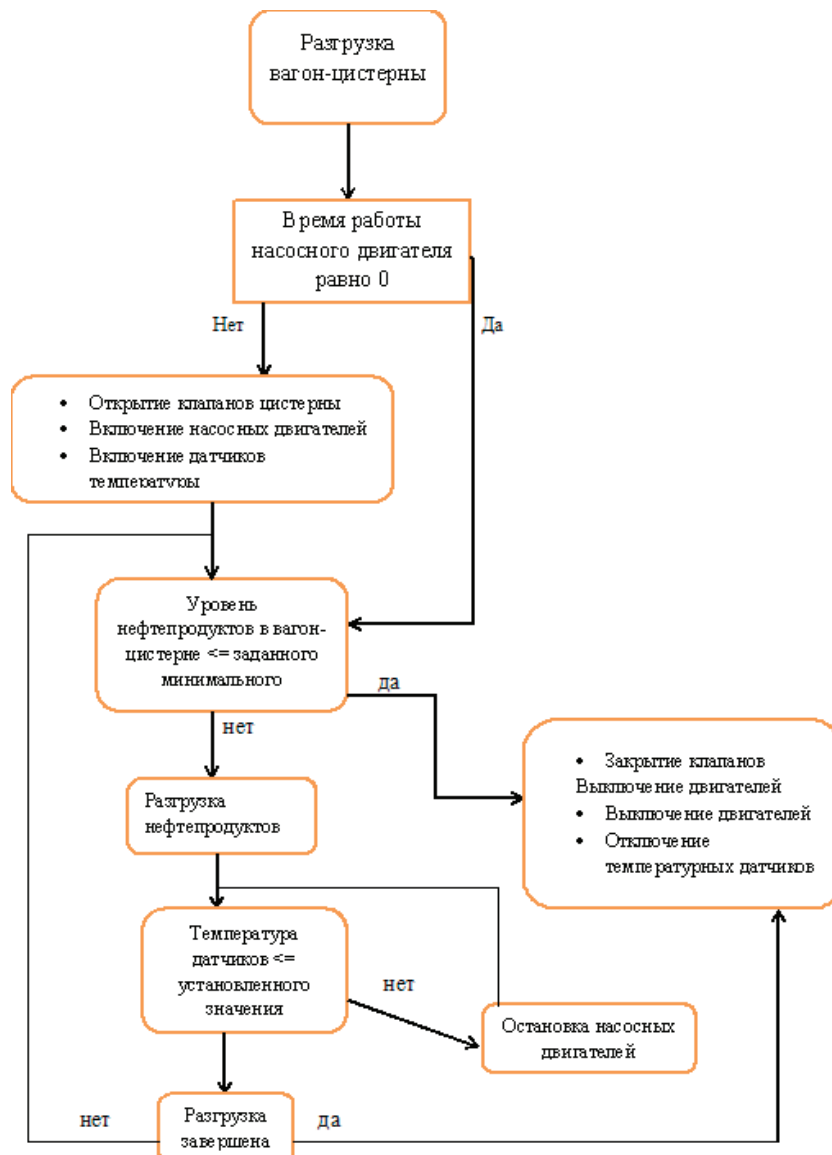


Рис. 2. Блок-схема алгоритма разгрузки железнодорожной эстакады

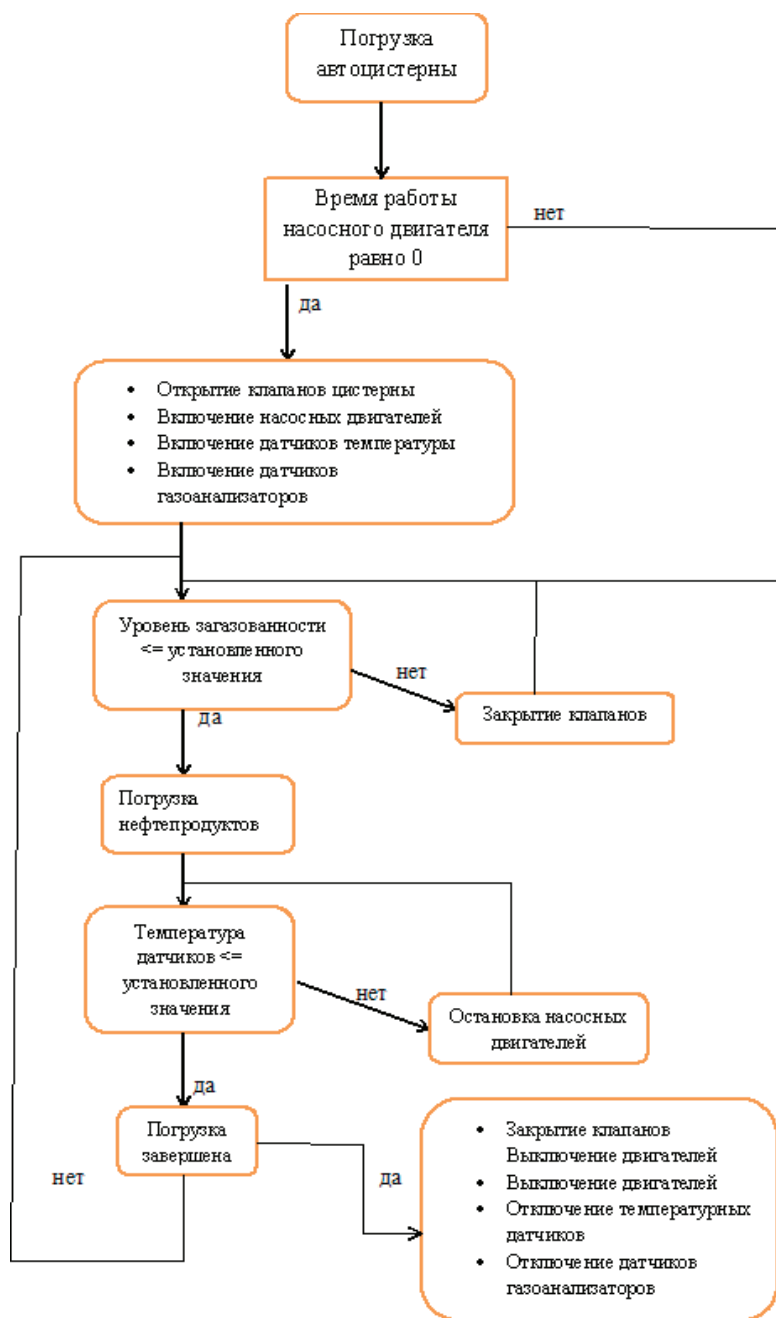


Рис. 3. Блок-схема алгоритма погрузки в автоцистерну

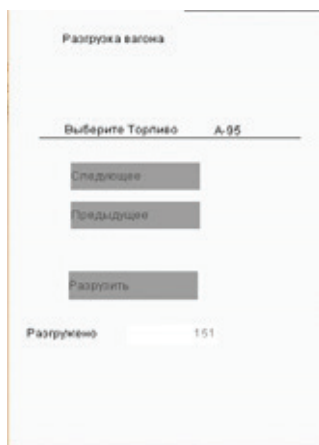


Рис. 4. Экран ж/д системы

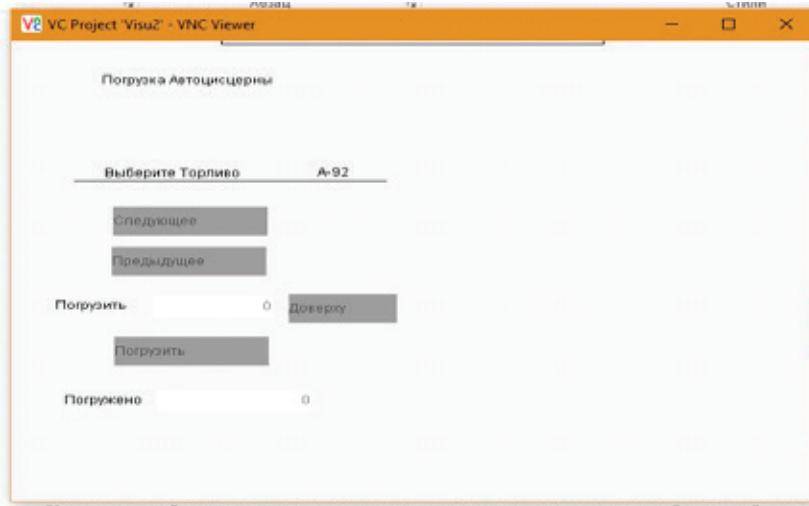


Рис. 5. экран погрузки автоцистерны

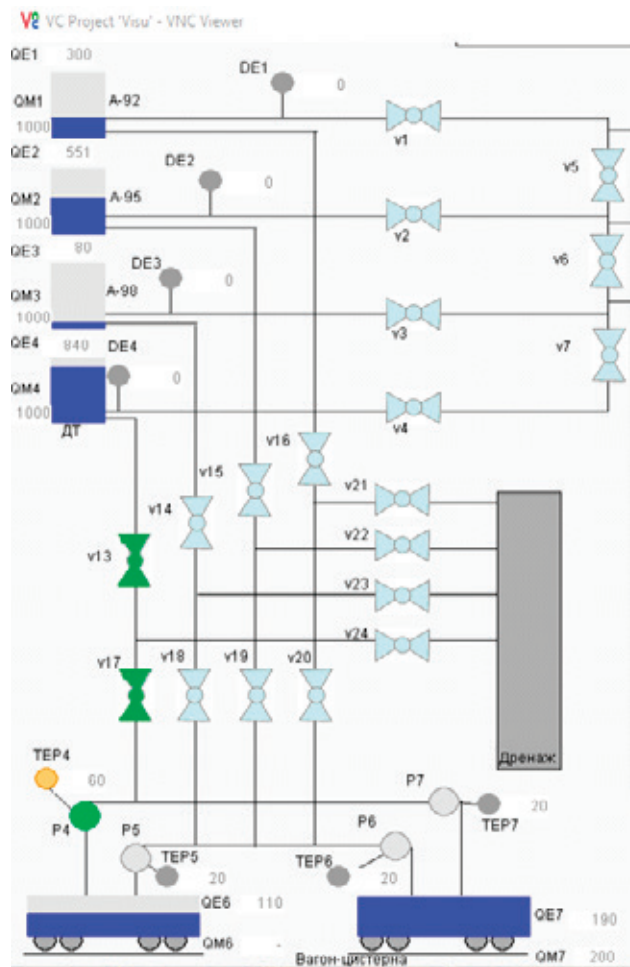


Рис. 6. Разгрузка железнодорожной эстакады

На экране присутствуют кнопки управления двумя железнодорожными цистернами, отвечающие за выгрузку нефтепродуктов из цистерны и погрузку в них же. В разгружаемом вагоне имеется возможность выбрать нужную вам цистерну с топливом с помощью кнопок «Следующее» и «Предыдущее», а также полностью разгрузить вагон с помощью кнопки «Разгрузить».

1.2 Экран заполнения и управления автоцистерн

В экране автоцистерн имеется возможность выбрать цистерну с топливом с помощью кнопок «Следующее» и «Предыдущее». Выбрать объем заполнения автоцистерны с помощью кнопки «Погрузить», в которой объем устанавливается до максимального, а также «Доверху», в которой заполняется весь объем цистерны.

5. Примеры работы программного обеспечения

Рассмотрим работу программы на примере разгрузки железнодорожной эстакады.

На рисунке 6 представлена разгрузка из вагон-цистерны дизельного топлива в соответствующую цистерну резервуарного парка. Насосный двигатель имеет зеленый индикатор, что означает рабочее состояние. Термодатчик имеет оранжевый индикатор, что означает предаварийное состояние — температура двигателя 50–70 градусов. Клапаны остальных цистерн резервуарного парка, вагон-цистерны для погрузки и автоцистерны отключены.

Клапаны дренажа выключены, так как разгрузка не завершена.

Заключение

Разработанное программное обеспечение позволяет осуществить управление нефтяной базой. Преимущество данной программы заключается в простом и удобном интерфейсе, который позволяет управлять осуществить выбор необходимого для погрузки/разгрузки необходимого вида топлива, контроль показателей датчиков, предотвращение и сигнализация аварийных ситуаций.

Литература:

1. Давыдова, Н.А. Программирование / Н.А. Давыдова, Е.В. Боровская. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 240 с.
2. Зdziarski, Джонатан iPhone SDK. Разработка приложений / Джонатан Зdziarski. — М.: БХВ-Петербург, 2011. — 512 с.
3. Матросов, А. Самоучитель Perl / А. Матросов, М. Чаунин. — М.: БХВ-Петербург, 2001. — 432 с.
4. Седжвик, Роберт Алгоритмы на C++ / Роберт Седжвик. — М.: Вильямс, 2011. — 228 с.
5. Шмидт, Дуглас Программирование сетевых приложений на C++. Том 2 / Дуглас Шмидт, Стивен Хьюстон. — М.: Бином-Пресс, 2007. — 394 с.
6. Аньен, Ф. Основы ASP.NET с примерами на Visual Basic.NET / Ф. Аньен. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. — 400 с.
7. Дукин, А. Самоучитель Visual Basic 2010 (+ DVD-ROM) / А. Дукин, А. Пожидаев. — М.: БХВ-Петербург, 2010. — 560 с.
8. Коршак, А.А. Нефтебазы и автозаправочные станции. Учебное пособие / А.А. Коршак. — М.: Феникс, 2015. — 496 с.
9. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных автозаправочных станций. — М.: НЦ ЭНАС, 2010. — 124 с.

Распознавание английского текста сверточной нейронной сетью

Федорова Анна Алексеевна, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

В последнее десятилетие машинное обучение стало набирать все большую и большую популярность и сегодня занимает одну из лидирующих позиций в сфере информационных технологий. Объем цифровых данных, используемый нами в повседневной жизни, увеличивается с каждым днем, в связи с этим, возникла необходимость в автоматическом анализе смарт-данных для дальнейшего развития технологического прогресса.

Сегодня машинное обучение активно используется для распознавания речи и образов, а также на его основе построены многие поисковые системы. Машинное обучение настолько прочно вошло в нашу повседневную жизнь, что ежедневное использование его методов остается для нас, как правило, незамеченным.

Активное развитие машинного обучения привело к распространению искусственных нейронных сетей [7]. Нейронные сети, основанные на биологической структуре человеческого мозга, превышают по своей вычислительной возможности прочие алгоритмы машинного обучения.

Одной из самых ярких и значительных форм искусственных нейронных сетей является сверточная нейронная сеть (СНС). Сверточная нейронная сеть была впервые предложена Я. Лекуном и Й. Бенгуа [1].

СНС состоит из трех основных видов слоев: сверточный слой, субдискретизирующий слой и выходной слой (чаще всего полносвязный) [2]. Слои СНС расположены друг за другом: сначала сверточный слой, а затем субдискретизирующий, за последним сверточным слоем следует выходной слой. Сверточный и субдискретизирующий слои считаются слоями двумерной размерности, а выходной слой, как правило, представляет собой вектор из пространства \mathbb{R}^1 . В СНС каждый двумерный слой имеет несколько уровней. Каждый уровень представляет собой двумерный массив. Выход каждого уровня в дальнейшем будем называть картой признаков. [6]

Математическая модель сверточной нейронной сети

Для описания математической модели рассматриваемой нейронной сети будем использовать следующие обозначения.

Под $l \in [1; L]$ будем понимать рассматриваемый в данный момент слой нейронной сети, где $L = 2a + 2, a \in \mathbb{Z}^+$ – количество слоев в сети. За N^l обозначим количество карт признаков на слое l , а за $f_l(\cdot)$ – функцию активации рассматриваемого слоя l . Также, под переменной y_n^l будем понимать n -ую карту признаков на слое l [4].

Математическая модель сверточного слоя

Введем в рассмотрение сверточный слой l . В подобной архитектуре нейронной сети l принимается нечетным числом, то есть $l = 1, 3, \dots, 2a + 1$. Тогда, для карты признаков n будет иметь место следующее:

$w_{m,n}^l = \{w_{m,n}^l(i, j)\}$ – свертка, применяемая к карте признаков m слоя $(l - 1)$, на слое l с картой признаков n ;

b_n^l – пороговые значения, присоединяемые к карте признаков n на слое l ;

V_n^l – список всех уровней слоя $(l - 1)$, которые соединяются с картой признаков n слоя l .

Таким образом, карта признаков n сверточного слоя l будет вычисляться следующим образом:

$$y_n^l = f_l(\sum_{m \in V_n^l} y_m^{l-1} \otimes w_{m,n}^l + b_n^l),$$

где под оператором \otimes понимается математическая операция двумерной свертки.

Предположим, что размер входных карт признаков y_m^{l-1} равен $H^{l-1} \times W^{l-1}$, а размер применяемой к ним свертки $w_{m,n}^l$ равняется $r^l \times c^l$, тогда размер выходной карты признаков y_n^l вычисляется как:

$$(H^{l-1} - r^l + 1) \times (W^{l-1} - c^l + 1).$$

Математическая модель субдискретизирующего слоя

Введем в рассмотрение субдискретизирующий слой l . В сверточной нейронной сети l принято принимать четным числом, то есть $l = 2, 4, \dots, 2a$. Для карты признаков n введем следующие обозначения: $w_{m,n}^k$ – фильтр, применяемый к n на слое l , и b_n^l – добавочное пороговое значение.

Далее будем действовать следующим образом: разделим карту признаков n $(l - 1)$ -ого слоя на непересекающиеся блоки размером 2×2 пикселя. Затем просуммируем значения четырех пикселей в каждом блоке и в результате получим матрицу $z_n^{l-1} = \{z_n^{l-1}(i, j)\}$, элементами которой будут являться соответствующие значения сумм. Таким образом, формула для вычисления значений элементов матрицы будет иметь следующий вид:

$$z_n^{l-1} = y_n^{l-1}(2i - 1, 2j - 1) + y_n^{l-1}(2i - 1, 2j) + y_n^{l-1}(2i, 2j - 1) + y_n^{l-1}(2i, 2j).$$

Карта признаков n субдискретизирующего слоя l вычисляется, как:

$$y_n^l = f_l(z_n^{l-1} \times w_{m,n}^k + b_n^l).$$

Благодаря представленным выше рассуждениям, становится возможным посчитать размер $H^l \times W^l$ карты признаков y_n^l субдискретизирующего слоя l :

$$H^l = \frac{H^{l-1}}{2}, W^l = \frac{W^{l-1}}{2}.$$

Математическая модель выходного слоя

В данном параграфе будем рассматривать выходной слой L , состоящий из единичных нейронов. Примем за N^L – количество нейронов на данном слое. Как и при рассмотрении предыдущих слоев, обозначим за $w_{m,n}^L$ – фильтр, применяемый к карте признаков m последнего сверточного слоя для получения перехода к нейрону n выходного слоя. Пусть b_n^L – пороговое значение, добавляемое к нейрону n .

Пользуясь введенными обозначениями, получаем формулу для подсчета значения выходного нейрона n :

$$y_n^L = f_L(\sum_{m=1}^{N^{L-1}} y_m^{L-1} w_{m,n}^L + b_n^L).$$

Таким образом, выходом сверточной нейронной сети является вектор следующего вида:

$$y = [y_1^L, y_2^L, \dots, y_{N^L}^L].$$

Математическая постановка задачи

Таким образом, цель данной работы – минимизировать функцию потерь $E(w) = -d_n^p \cdot \log y_n^p$ за счет выбора настраиваемых параметров обучаемой системы w . $E(w)$ представляет собой арифметическое среднее функций вида: $E^p = D(D^p, F(w, Z^p))$, где Z^p – p -ый вход системы, D^p – несоответствие между желаемым выходом системы для Z^p и значением, которое выдает система. $E(w)$ будем вычислять над обучающим множеством пар вида: $\{(Z^1, D^1), \dots, (Z^p, D^p)\}$.

**Проведение эксперимента
Описание базы данных**

Для тестирования разработанной системы была использована база данных, содержащая различные начертания английских букв: a, b, \dots, z , и соответствующие им метки. Для обучения сети было использовано 24206 изображений, из которых 15106 изображений использовалось в качестве обучающей выборки и 9100 изображений в качестве тестовой. Размер каждого изображения составляет 32×32 пикселя. Каждый пиксель кодируется числом в интервале $[0; 1]$, где 0 соответствует черному цвету, а 1 — белому (рис. 1).



Рис. 1. Пример 10 изображений обучающей выборки для буквы k

Предварительная обработка изображений

Предварительная обработка изображений необходима для достижения максимальной точности распознавания системы. Таким образом, полученная нейронная сеть будет инвариантна к незначительным искажениям: шуму, повороту и масштабированию.

Простые искажения изображения, такие как сдвиг, поворот и угловое смещение могут быть устранены путем применения простых аффинных преобразований. Также, для улучшения качества работы нейронной сети подаваемые на вход изображения дополнительно усреднялись.

Данный подход позволил получить сеть, обучение которой осуществлялось с применением различного набора изображений на каждой эпохе.

Описание архитектуры реализованной нейронной сети

В работе была реализована и использована модель сверточной нейронной сети, содержащая 7 слоев. Обучение сети производилось в течение 150 эпох.

Первый слой использованной нейронной сети — сверточный. Ему на вход подается изображение размером 32×32 пикселя, к которому применяется свертка размером 5×5 . Количество использованных фильтров — 20 (рис. 2).

Размер выходных карт признаков данного слоя составляет 28×28 пикселей.

Второй слой реализованной сети — слой субдискретизации. Основной функцией данного слоя являлось уменьшение размерности входного изображения и выбор пикселя с максимальным значением среди нескольких соседних. В данной архитектуре сети такой выбор осуществлялся между 4 соседними пикселями (рис. 3).

Третьим слоем рассматриваемой нейронной сети являлся сверточный слой, принимающий на вход 20 карт признаков предыдущего слоя. На данном этапе в качестве фильтров выбирались матрицы размера 5×5 , формируя на выходе 50 карт признаков размером 10×10 пикселей.

Четвертый слой, как и второй слой нейронной сети, являлся слоем субдискретизации. Выходом данного слоя послужили 50 карт признаков — 5×5 пикселей.

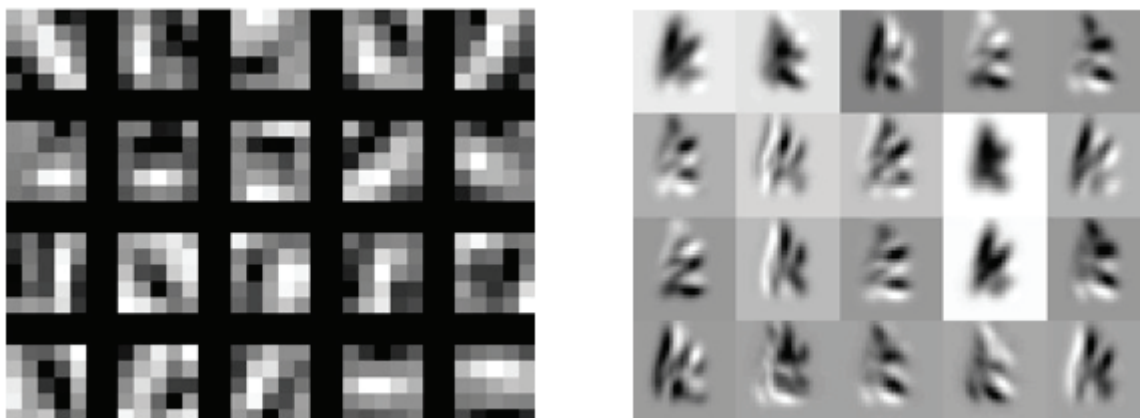


Рис. 2. Фильтры первого слоя сети, настроенные на распознавание простейших признаков

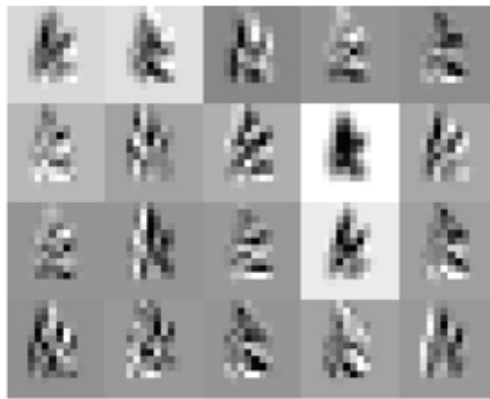


Рис. 3. Применение субдискретизации к одному изображению обучающей выборки

Пятый слой реализованной нейронной сети — сверточный слой. На вход данному слою подавалось 50 карт признаков предыдущего слоя, к которым применялись фильтры размера 4×4 . Таким образом, выход данного слоя представляет собой 500 карт признаков размером 2×2 пикселя.

Задачей шестого слоя было применение нелинейной функции вида [7]:

$$f(y_n^5) = \max(0, y_n^5(i, j)).$$

Использование данной функции наиболее удобно при обучении сверточной нейронной сети в силу простоты вычисления ее градиента (9), что значительно уменьшает время обучения сети, увеличивая при этом нелинейность выхода.

$$\frac{\partial f}{\partial y_n^5} = \begin{cases} 1, & y_n^5(i, j) > 0 \\ 0, & y_n^5(i, j) \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

Седьмой слой рассматриваемой нейронной сети — полносвязный слой, содержащий 26 нейронов. Основной задачей данного слоя являлась классификация. В качестве функции активации данного слоя выбиралась softmax-функция вида [3]:

$$y_{26}^7 = \frac{e^{y_k^6(i, j)}}{\sum_{k=0}^{25} e^{y_k^6(i, j)}}$$

а для сравнения получившихся значений функция:

$$E^7 = -d_{26}^7 \cdot \log y_{26}^7,$$

где d_{26}^7 — желаемый выход для конкретного обучающего примера.

Примеры работы реализованной сверточной нейронной сети представлены на рисунках 4, 5, 6.



Рис. 4. Пример работы нейронной сети для произвольных букв (верхние буквы — исходные изображения, нижние — результат работы сети)

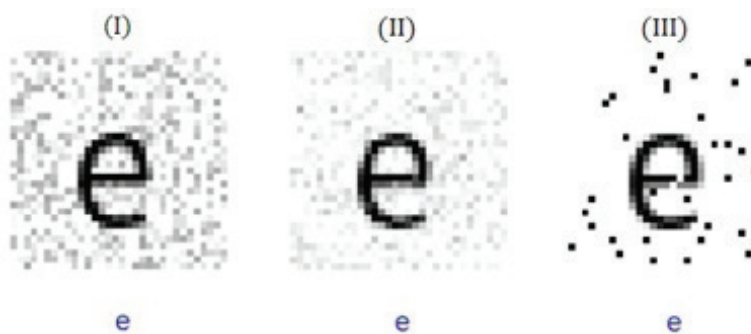


Рис. 5. Пример работы нейронной сети для одной буквы с добавлением различного шума: мультипликативный шум (I), гауссовский шум (II), шум типа «соль и перец» (III) (верхние буквы — исходные изображения, нижние — результат работы сети)



Рис. 6. Пример работы нейронной сети для одной буквы с искажениями (верхние буквы — исходные изображения, нижние — результат работы сети)

Сегментация текста на изображении

Для использования полученной нейронной сети для распознавания подаваемых на вход слов и предложений с изображения необходимо осуществить предварительную сегментацию.

Основной идеей использованного алгоритма являлось нахождение всевозможных способов разделения букв на изображении, а затем использование полученной нейронной сети для отыскания наиболее правильного разреза [5].

В первую очередь было сгенерировано множество всевозможных разрезов, к ним относились столбцы вертикальных пикселей изображения, сумма которых была наименьшей. При использовании данного подхода будем делать предположение, что необходимый нам разрез находится в рассматриваемом множестве.

Затем строился направленный ациклический граф описанным далее способом. Каждая вершина графа соответствовала одному из полученных ранее разрезов, а ребро — фрагменту изображения, расположенному между разрезами на узлах. Ребро графа строилось только в том случае, если полученный фрагмент мог быть распознан в качестве буквы. К полученным фрагментам изображения применялась нейронная сеть, которая присваивала каждому фрагменту соответствующую букву. Пары последовательных фрагментов объединялись в буквы тогда и только тогда, когда результаты сети совпадали (рис. 7).



Рис. 7. Пример работы нейронной сети для одного предложения различного начертания (верхние буквы — исходные изображения, нижние — результат работы сети)

Точность распознавания на тестовом множестве реализованной и использованной в данной работе модели сверточной нейронной сети составила 94,5% (рис.8).



Рис. 8. Примеры некорректной работы нейронной сети. Желаемые выходы слева направо: «d», «z», «p» (верхние буквы — исходные изображения, нижние — результат работы сети)

Заключение

Полученный алгоритм, использующий сверточную нейронную сеть, может быть применен для решения задач офлайн-распознавания, так как обладает достаточно высокой точностью и инвариантностью к различным искажениям и шумам. Однако, эффективность реализованной системы зависит от размера обучающей и тестовой выборок.

Точность решения поставленной задачи с использованием модели сверточной нейронной может быть улучшена практически до 100%. Об этом подробнее написано в публикации [8].

Литература:

1. An introduction to Convolutional Neural Networks. http://white.stanford.edu/teach/index.php/An_Introduction_to_Convolutional_Neural_Networks [08.07.2016]
2. Keiron O'Shea, Ryan Nash. An Introduction to Convolutional Neural Networks.
3. Samer Hijazi, Rishi Kumar, Chris Rowen. Using Convolutional Neural Networks for Image Recognition.
4. Son Lam Phung, Abdesselam Bouzerdoum. MATLAB Library for Convolutional Neural Networks. Technical report.
5. Tanzila Saba, Amjad Rehman, Ghazali Sulong. Cursive Script Segmentation With Neural Confidence // ICIC International ISSN 1349–4198. P. 4955–4964.
6. Understanding Convolutions. <http://colah.github.io/posts/2014-07-Understanding-Convolutions/> [08.07.2016]
7. Vivek Shrivastava, Navdeep Sharma. Artificial Neural Networks Based Optical Character Recognition // Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ) Vol. 3, № 5, October 2012.
8. Yann LeCun, Léon Bottou, Yoshua Bengio, Patrick Haffner. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition // Proc. of the IEEE, November 1998.

Реализация сервиса для проверки уровня безопасности построенного маршрута

Хачатрян Альберт Гагикович, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

В данной статье описывается создание web-сервиса для проверки уровня безопасности построенного маршрута. Метод анализа построенного маршрута для водителя и пешехода представлен на конференции «Технические науки: проблемы и перспективы» [1].

Основные понятия. Принцип работы MVC (model view controller)

MVC — это широко используемая техника разработки. Идея MVC заключается в разделении динамических приложений (как веб-приложений, так и других) на составляющие (модель — представление — контроллер). Это означает, что приложение делится на модель, управляющую данными, представления, определяющее, как будут отображаться данные, и контроллер, осуществляющий посреднические функции между первыми двумя уровнями и дающий пользователю возможность запрашивать данные и управлять ими.

Разделение приложения таким способом обеспечивает необходимую гибкость и позволяет многократно использовать один и тот же программный код. Например, существует модуль, способный отображать числовые данные в графическом виде, — этот модуль можно использовать для различных наборов данных при условии наличия связующего звена между модулем и данными.

На сегодня это самая популярная парадигма программирования, которая используется при веб-разработке. Сервис, представленный в данной работе, также использует MVC.

Ключевые принципы MVC:

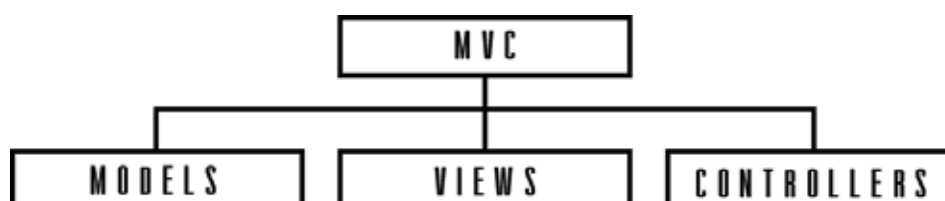


Рис. 1. MVC

1. Модели (models) — ответственны за данные приложения и доступ к базе данных.

2. Контроллеры (controllers) — отвечают за взаимодействие пользователя с системой. При необходимости контроллеры получают данные из моделей.

3. Представления (views) — выводят данные, полученные от контроллера.

Прямой связи между представлениями и моделями не существует. Наглядная демонстрация принципа работы MVC представлена в качестве блок-схемы на рис. 2.

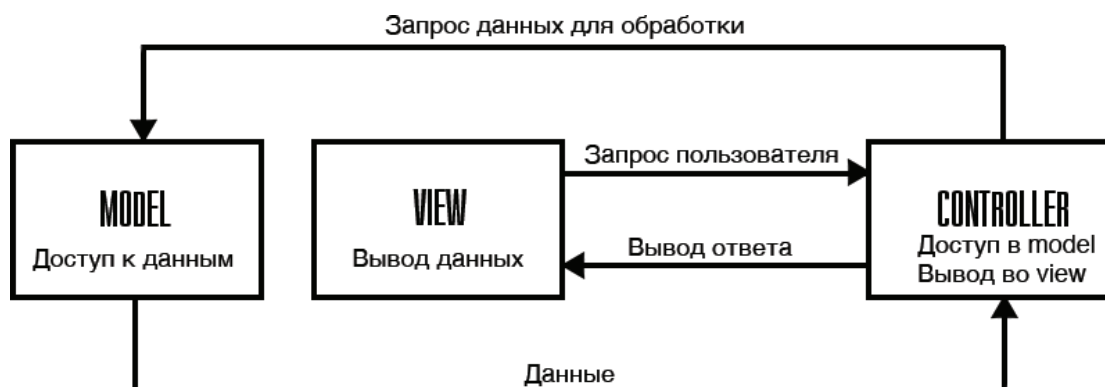


Рис. 2. Взаимодействие в MVC

Рассмотрим представленный принцип на примере данной работы. В качестве данных (models) у нас используется база аварий. В качестве контроллера используются методы и алгоритмы, представленные в данной работе, для запроса и обработки данных. В качестве визуальной составляющей (view) используется страница сайта. Таким образом, изначально пользователь видит страницу сайта, затем отправляет запрос с информацией, откуда и куда он хочет поехать. Контроллер получает эти данные, применяя к ним свои прописанные методы, происходит первый этап обработки, затем запрашивает из базы (models) аварии по маршруту, после получения аварий происходит вторая стадия обработки данных. Затем составляется ответ и отправляется во view и пользователь видит маршрут и информацию о нем.

Сбор данных

Данные об авариях на дорогах Санкт-Петербурга были собраны с официального сайта ГИБДД. С сайта информация об авариях качается в формате xls файлов. Далее программа разбирает скаченный файл и забирает оттуда нужную информацию. Была предпринята попытка полностью автоматизировать процесс обновления базы, но удалось реализовать только некоторые этапы автоматизации:

- Автоматически происходит разбор скаченного файла;
- Автоматически происходит обновление базы с добавлением в нее новых аварий.

Не удалось реализовать автоматическое скачивание файлов с сайта ГИБДД, так как на сайте стоит ограничение по количеству запросов в минуту с одного компьютера. И в случае превышения лимита блокируется возможность обращаться на сайт. В данный момент на сайте

висит объявление о том, что вскоре будет разработан GIBDD API, с помощью которого можно будет получать информацию об авариях в автоматизированном режиме. И тем самым можно будет расширить сервис по всем регионам России.

После сбора происходила обработка данных, и все данные были внесены в одну большую базу. Для хранения данных была выбрана база MySQL. О каждой аварии хранится следующая информация: универсальный номер (id) каждой аварии, день, в который произошла авария, район аварии, вид ДТП, точный адрес ближайшего дома, рядом с которым произошла авария. Фрагмент собранной базы представлен на рис. 3.

Для хранения информации о маршруте была создана дополнительная база, куда записывается информация о каждом построенном маршруте пользователя, а именно: точка отправления, точка прибытия, общая длина маршрута, аварийность маршрута, приходящаяся на 1 км, и выборочное среднеквадратическое отклонение (риск маршрута).

Построение маршрута

При построении маршрута пользователь видит только карту, на которой изображен маршрут. Программа в этот момент получает все координаты перекрестков, через которые проедет пользователь, и делит маршрут на отрезки от перекрестка до перекрестка. Далее попарно берутся координаты перекрестков, которые являются концами отрезков, и строится прямоугольник следующего вида (см. рис. 4):

Далее из базы запрашиваются все аварии, которые произошли на улице АВ в данный день недели. И уже из этих аварий выбираются только те, которые попадают в прямоугольник, представленный на рис. 4. Алгоритм проверки следующий:

avariya_id	avariya_data	avariya_area	avariya_view	avariya_address
1	2015-12-29	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, п Стрельна, ш Санкт-Петербургское, 46
2	2015-12-28	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, п Стрельна, ш Санкт-Петербургское, 76
3	2015-12-26	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ш Ропшинское, 4
4	2015-12-22	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Аврора, 45
5	2015-12-20	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ш Ропшинское, 4
6	2015-12-18	Петродворцовый район	Падение пассажира	Петродворцовый район, г Ломоносов, ул Федонинского, 16
7	2015-12-17	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Александровская, 20-16
8	2015-12-16	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ш Гостилицкое, 13-1
9	2015-12-15	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, п Стрельна, 78
10	2015-12-14	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Михайловская, 5
11	2015-12-14	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Ломоносов, пр-кт Ораниенбаумский, 31
12	2015-12-14	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, б-р Разведчика, 2 К.1
13	2015-12-14	Петродворцовый район	Наезд на препятствие	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Гостилицкая, 131
14	2015-12-13	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, г Петергоф, ш Санкт-Петербургское, 97
15	2015-12-13	Петродворцовый район	Наезд на препятствие	Петродворцовый район, г Санкт-Петербург, ш Санкт-Петербургское, 109
16	2015-12-10	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Астрономическая, 6
17	2015-12-10	Петродворцовый район	Наезд на стоящее ТС	Петродворцовый район, г Петергоф, ш Ропшинское, 1км
18	2015-12-08	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Разводная, 11-50
19	2015-12-07	Петродворцовый район	Наезд на пешехода	Петродворцовый район, п Стрельна, ш Санкт-Петербургское, 115
20	2015-12-05	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, п Стрельна, ш Санкт-Петербургское, 63
21	2015-11-26	Петродворцовый район	Столкновение	Петродворцовый район, г Петергоф, ул Гостилицкая, 28
22	2015-11-25	Петродворцовый район	Наезд на препятствие	Петродворцовый район, г Ломоносов, ул Морская, 94

Рис. 3. База аварий

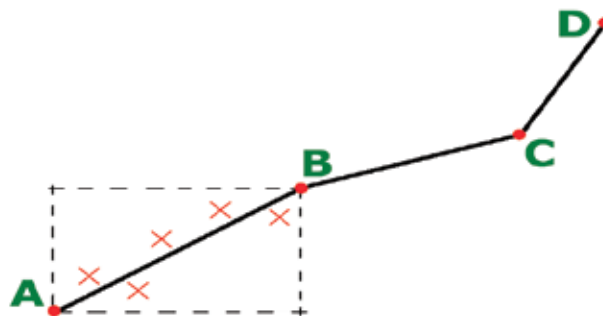


Рис. 4. Подсчет аварий

1. Берутся адреса, запрошенных ранее аварий (которые произошли в данный день недели и на улице, которой принадлежит конкретный отрезок);
2. С помощью службы геокодирования эти адреса переводятся в координаты;
3. На этом этапе происходит проверка, проверяем, какие из координат входят в прямоугольник, который показан на рис. 4.

Разберем третий этап подробнее. Пусть у точки A координаты (x_a, y_a) , у точки $B(x_b, y_b)$. И есть некоторая авария — назовем ее $T(x, y)$, Она произошла в данный день недели на улице, которой принадлежит наш отрезок AB . Далее происходит проверка на истинность следующих неравенств:

$$\begin{cases} \min(x_a, x_b) < x_i < \max(x_a, x_b) \\ \min(y_a, y_b) < y_i < \max(y_a, y_b) \end{cases}$$

Если оба неравенства выполняются, то координаты $T(x, y)$ входят в построенный прямоугольник, и мы относим эту аварию к отрезку AB . Затем берем следующую аварию и также проверяем.

Такая процедура продлевается для каждого отрезка. В результате получаем количество аварий на каждом отрезке в определенный день недели.

Взаимодействие с Google API

API (application programming interface) — набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) или операционной системой для использования во внешних программных продуктах. Используется программистами при написании всевозможных приложений.

Формат взаимодействия с Google API может быть двух видов: json запрос или xml запрос. В данной работе будем использовать json формат взаимодействия, так как он работает быстрее. Запрос отправляемый на сервер Google API выглядит следующим образом: <https://maps.googleapis.com/maps/api/directions/json?origin=A&destination=B&key=you-api-key>

Где вместо A вписывается адрес, откуда нужно строить маршрут, вместо B — адрес конечной точки маршрута. Параметр key — это индивидуальный ключ, который выдается сервисом разработчику для взаимодействия с API. В данной работе также используется параметр $mode$, который отвечает за построение маршрута для пешехода или водителя.

В ответ на запрос от сервера приходит следующая информация о маршруте: общая длинна пути, предполагаемое время в пути, далее идёт пошаговая инструкция с координатами перекрестков, с которых нужно будет совершить поворот, информации о длине каждого участка дороги, по которому проедет пользователь.

На рис. 5 для наглядности приведен фрагмент ответа сервера на запрос, где вместо А было вписано «Санкт-Петербург метро Нарвская», а в качестве конечной точки маршрута В — «Санкт-Петербург метро Елизаровская»

```
"copyrights" : "Картографические данные © 2016 Google",
"legs" : [
  {
    "distance" : {
      "text" : "11,0 км",
      "value" : 11010
    },
    "duration" : {
      "text" : "23 МИН.",
      "value" : 1405
    },
    "end_address" : "Метро Елизаровская, Санкт-Петербург, Россия, 192029",
    "end_location" : {
      "lat" : 59.8960882,
      "lng" : 30.4227513
    },
    "start_address" : "Нарвская, Санкт-Петербург, Россия, 190020",
    "start_location" : {
      "lat" : 59.90109099999999,
      "lng" : 30.2742376
    },
    "steps" : [
      {
        "distance" : {
          "text" : "24 м",
          "value" : 24
        },
        "duration" : {
          "text" : "1 МИН.",
          "value" : 5
        },
        "end_location" : {
          "lat" : 59.9012986,
          "lng" : 30.2741305
        },
        "html_instructions" : "Направляйтесь на \u003cб\u003eсевер",
        "polyline" : {
          "points" : "y1r1J_}wwDKF]L"
        },
        "start_location" : {
          "lat" : 59.90109099999999,
          "lng" : 30.2742376
        },
        "travel_mode" : "DRIVING"
      },
    ],
  },
],
```

Рис. 5. Json ответ

Вывод

Таким образом, анализируя каждый построенный маршрут пользователя, мы сообщаем ему не только стандартную информацию, но и информируем его об опас-

ности построенного маршрута, выявляя опасные участки дорог и предлагая ему по возможности их объехать.

Хорошим результатом будет, если данные исследования, методы и реализованные технологии будут использоваться в дальнейшем для обеспечения безопасности на дорогах.

Литература:

1. Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). — СПб.: Свое издательство, 2016.
2. Сервис представленный в данной работе. <http://avariyamnet.ru>.

Молодой ученый

Международный научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 14 (118) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Абдрасилов Т. К.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Калдыбай К. К.
Кенесов А. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матвиенко Е. В.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Паридинова Б. Ж.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Ахмеденов К. М. (Казахстан)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.
Ответственные редакторы: Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.,
Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.08.2016. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25