

**НАУКА**

**и глобальные вызовы  
XXI века**

**МАТЕМАТИКА И  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

Пермь, 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# МАТЕМАТИКА И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – 2019

Материалы  
Всероссийской научно-практической конференции  
молодых ученых с международным участием

(г. Пермь, 15–18 мая 2019 г.)



Пермь 2019

УДК 51:001  
ББК 22.1:1  
М34

**Математика** и междисциплинарные исследования – 2019  
М34 [Электронный ресурс]: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием (г. Пермь, 15–18 мая 2019 г.). / гл. ред. А. П. Шкарапута; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон. дан. – Пермь, 2019. – 10,8 Мб; 428 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/mmi-2019.pdf>. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7944-3300-5

В сборнике представлены статьи участников Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Математика и междисциплинарные исследования – 2019». На конференцию было прислано более ста статей из различных регионов России, а также из ближнего и дальнего зарубежья. По итогам работы экспертной комиссии для публикации в сборнике было отобрано девяносто четыре статьи. Каждая статья оценивалась группой экспертов в той области, которая рассматривается автором.

Представленные статьи охватывают широкий спектр таких направлений, как фундаментальная математика и механика, математическое моделирование в различных сферах, искусственный интеллект, прикладная лингвистика, информационные технологии в различных сферах, а также современные методики преподавания. Большинство работ носит междисциплинарный характер.

**УДК 51:001**  
**ББК 22.1:1**

*Издается по решению ученого совета механико-математического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

*Редакционная коллегия*

А.П. Шкарапута (гл. ред.), И.С. Азанова, А.О. Алексеев, В.Г. Алябьева, В.Н. Аптуков, Н.Б. Асташина, И.А. Баландина, Ю.В. Бидуля, М.М. Бузмакова, В.Г. Гилев, Д.С. Голдобин, А.Ю. Городилов, Е.Ю. Данилова, А.Г. Деменев, К.В. Доможирова, Е.Б. Замятина, И.В. Зорин, А.О. Иванцов, Е.В. Исаева, А.А. Каменских, Т.А. Костарева, Д.С. Курушин, В.В. Ланин, Л.Н. Лядова, Н.А. Медведева, С.В. Наумов, Ю.И. Няшин, К.С. Осоргин, Е.Н. Остапенко, О.И. Перескокова, В.М. Пестренин, М.А. Плаксин, И.С. Постановов, С.В. Русаков, О.Л. Русакова, К.В. Рябинин, А.Ю. Скорнякова, С.И. Спивак, А.О. Сухов, Е.Н. Харебова, Е.К. Хеннер, А.В. Черников, В.В. Чичагов, С.И. Чуприна, Ю.А. Шарапов, К.Г. Шварц, В.И. Яковлев

ISBN 978-5-7944-3300-5

© ПГНИУ, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

**Авраменко Д.Г., Данилова Е.Ю.**

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ТЕСТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ «ЗАМКАНИЙ» ВХОДОВ ПЛИС .....10

**Авхимович Д.В.**

ОБОГАЩЕНИЕ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИКАТОРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....14

**Агеева Д.Ю.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕДАКТОРА ПРАВИЛ ДЛЯ IOT .....19

**Агибалова О.С., Стрелкова Н.А.**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УСРЕДНЕНИЯ К ЗАДАЧАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯМИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА .....24

**Акулинин Д.С., Шапцев В.А.**

ЛАКОНИЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СЛЕДСТВИЯ ТЕОРЕМЫ О СЛОЖЕНИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ .....29

**Алексеев А.О.**

РОЛЬ И МЕСТО СОГЛАСОВАНИЯ ПОЛИТИКИ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ КОЛЛЕГИАЛЬНОМ ОРГАНЕ УПРАВЛЕНИЯ .....32

**Антоненко А.Р., Кычкин А.В.**

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ .....36

**Ахметьянова А.И.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗИСА ГОМОДЕСМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИКИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ .....40

**Бекмансуров М.Р., Бояршинова И.Н.**

ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....45

**Боков К.А., Бузмакова М.М.**

ДЖЕММИНГ К-МЕРОВ РАЗНОЙ ФОРМЫ НА КВАДРАТНОЙ РЕШЕТКЕ .....50

**Бондаренко А.С.**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙНА ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ .....55

**Балдина Н.В., Бортник Р.О., Пейсахович А.Д., Редозубова Д.С.**

ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОТОВЫХ ЧАТ-БОТОВ В ОБУЧЕНИИ ИЯ .....60

**Бочкова С.Д.**

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ .....64

<b>Бояршинов Д.А., Гитман М.Б., Батин С.Е.</b>	
КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЗЕРЕННО-ФАЗОВОЙ СТРУКТУРЫ И МИКРОПОВРЕЖДАЕМОСТИ	69
<b>Брюхова К.С., Пешеренко С.Н.</b>	
РОТОРНОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСЕВОГО МУЛЬТИФАЗНОГО	74
<b>Бублик С.А., Семин М.А.</b>	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ В ПОРИСТОМ КОЛЛЕКТОРЕ С ТРЕЩИНАМИ	78
<b>Бушуев Д.А., Алябьева В.Г.</b>	
РАЗРАБОТКА РОБОТА ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ VEXA	83
<b>Бызов В.А.</b>	
О ЗАДАЧЕ ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ ЦИКЛОВ В ГРАФАХ ПОВОРОТОВ	87
<b>Горбунова М.А.</b>	
РАЗРАБОТКА МЕТРИК СРАВНЕНИЯ СТИЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ	92
<b>Гостева Е.А., Ланин В.В.</b>	
ЗАДАЧА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА В ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАНДАРТАХ	97
<b>Грушевский С.П., Добровольская Н.Ю., Харченко А.В.</b>	
ФАСЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ	104
<b>Денисова Ю.А., Шестаков А.П.</b>	
ФРЕЙМВОРК REACT КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ	108
<b>Дерюшева А.Ю., Пермякова А.В.</b>	
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ У ДЕТЕЙ	113
<b>Джемадинов Э.Р.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ EMBEDDINGS И TF-IDF ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕКСТОВ	117
<b>Елсукова Т.В.</b>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОГО ДРЕЙФА ВОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ	121
<b>Еремеева Ю.Д., Ананьева М.С.</b>	
ФАКУЛЬТАТИВНЫЙ КУРС «ИСТОРИЯ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ»	126

<b>Захарова И.И.</b>	
АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В УНИВЕРСИТЕТЕ .....	129
<b>Заякин В.С.</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССАХ .....	134
<b>Зимин И.В., Замятина Е.Б.</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДИНАМИЧЕСКОЙ ИММУНИЗАЦИИ УЗЛОВ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДНОСНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ .....	139
<b>Зорина М.И.</b>	
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В «СТУДИИ КОМПЕТЕНТНОСТНЫХ ДЕЛОВЫХ ИГР» .....	146
<b>Иванисенко Н.С.</b>	
ТЕОРЕМА ЕДИНСТВЕННОСТИ ДЛЯ ФУНКЦИЙ С НУЛЕВЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ ПО ПРАВИЛЬНЫМ ЧЕТЫРЕХМЕРНЫМ СИМПЛЕКСАМ .....	151
<b>Каменских А.А., Адамов А.А.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОЙ ЧАСТИ С АНТИФРИКЦИОННОЙ ПРОСЛОЙКОЙ С УЧЕТОМ И БЕЗ УЧЕТА КАНАВОК СО СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ .....	154
<b>Кашапов А.Х., Гарафутдинов Р.В.</b>	
ИНТЕГРАЦИЯ ARCSHIMATE И VRMN .....	158
<b>Климов Н.А., Колмогоров Г.Л.</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ СТАЛИ 45 ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ .....	162
<b>Кобцева С.Е.</b>	
О МОДЕЛИРОВАНИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНОГО ПОДХОДА .....	168
<b>Ковалева Е.А.</b>	
ПРЕДСКАЗАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВАНИИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	173
<b>Козлов И.В., Пещеренко С.Н.</b>	
НОВАЯ АСИМПТОТИКА В МОДЕЛИ ПОДОБИЯ БЫСТРОХОДНЫХ НАСОСОВ .....	177
<b>Кокоулина М.А., Смородов А.А.</b>	
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР «ИТ-МЕНЕДЖЕР» .....	181
<b>Колчанова Е.А., Колчанов Н.В.</b>	
ВИБРОКОНВЕКТИВНЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ПОДОГРЕВАЕМОЙ СВЕРХУ СИСТЕМЫ БИНАРНАЯ ЖИДКОСТЬ – ПОРИСТАЯ СРЕДА .....	186
<b>Костарева Т.А.</b>	
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ НА БАЗЕ ЛЕКСИКО-СИНТАКСИЧЕСКИХ ШАБЛОНОВ .....	191

<b>Куклин В.В.</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИСУТСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПОМЕЩЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ BUSINESS INTELLIGENCE .....	195
<b>Куприянычева Е.А.</b>	
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИНОЯЗЫЧНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	200
<b>Кучумов А.И.</b>	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	206
<b>Кылосова В.В.</b>	
ОТРАСЛЕВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	210
<b>Лабутин И.А., Белоусов К.И., Чуприна С.И.</b>	
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ .....	214
<b>Лапин А.А.</b>	
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕПАРТАМЕНТА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ .....	219
<b>Макарова И.В.</b>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ONLINE-КУРСОВ .....	224
<b>Макурин А.В., Петров Д.А.</b>	
ОРИЕНТАЦИОННАЯ И МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ФЕРРОНЕМАТИКА В МАГНИТНОМ И ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЯХ .....	230
<b>Мальцев А.С., Максимов П.В.</b>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННОЙ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ANSYS .....	235
<b>Мельник Е.А., Холмогорова А.С., Неудачина Л.К.</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ РУБЕАНАТА КОБАЛЬТА (II) В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ .....	240
<b>Мехоношин В.К., Шуваев Н.В.</b>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ .....	245
<b>Минин А.С., Чуприна С.И.</b>	
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОМОЩНИКОВ-ИНФОРМАНТОВ О РИСКАХ ЗДОРОВЬЮ ПО ДАННЫМ МЕДИЦИНСКИХ АНАЛИЗОВ .....	250
<b>Мироненко А.О., Чуприна С.И.</b>	
КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К ОБРАБОТКЕ АРХИВОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ .....	255

<b>Митин В.Ю.</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ И ЧАСТОТНО-РАНГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ РЯДОВ В ПАКЕТЕ WOLFRAM MATHEMATICA 11 .....	261
<b>Мукошеева Я.Ю.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «СЕМОГРАФ» ДЛЯ АНАЛИЗА ИСТОРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ .....	266
<b>Назаренкова Е.В.</b>	
ИЗ ИСТОРИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА .....	270
<b>Неприна А.Д.</b>	
СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КУРСА АКЦИЙ .....	276
<b>Никитин И.В., Бузмакова М.М.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ .....	281
<b>Носов Ю.О., Каменских А.А., Адамов А.А.</b>	
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПЛОСКОГО СЛОЯ СКОЛЬЖЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ЛУНКАМИ ДЛЯ СМАЗКИ .....	286
<b>Павлов Д.А., Пещеренко С.Н.</b>	
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО ПОГРУЖНОГО НАСОСА НА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ .....	290
<b>Пенкин Н.К., Пещеренко С.Н.</b>	
НЕСТАЦИОНАРНАЯ МОДЕЛЬ ПЛАСТ–СКВАЖИНА–УЭЦН .....	294
<b>Пешин С.Е.</b>	
БИОМЕХАНИКА БРУКСИЗМА .....	298
<b>Поспелова Н.С., Пермякова А.В.</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИТОМЕГАЛОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА .....	302
<b>Потапова Н.В.</b>	
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ .....	306
<b>Потапова Н.В., Макаровская Т.Г.</b>	
К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ СТУДЕНТАМИ НЕМАТЕМАТИЧЕСКИХ ФАКУЛЬТЕТОВ В ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	310
<b>Пьянков Д.В.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАТЕЖАМИ ЖКХ .....	314



<b>Решетникова Е.А., Бузмакова М.М.</b>	
АЛГОРИТМ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ К-МЕРОВ В ПРОСТРАНСТВЕ .....	319
<b>Романова М.П., Бузмакова М.М.</b>	
КОНТИНУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ .....	324
<b>Романовская С.В.</b>	
КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ SMART-РЕПОЗИТОРИЯ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ ЗАДАЧ NATURAL LANGUAGE PROCESSING .....	330
<b>Сагирова А.Р., Никулин И.Л.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ .....	335
<b>Смирнов А.В.</b>	
МОДИФИКАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ MVP С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТТЕРНА «КООРДИНАТОР» ...	339
<b>Смирнов М.А.</b>	
СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНТЕРНЕТ КОНТЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ .....	343
<b>Снегирев А.С.</b>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ СОСТОЯНИЯ РЫНКА ТРУДА С ПОМОЩЬЮ ПОСТРОЕНИЯ ДОРОЖНЫХ КАРТ .....	348
<b>Соколов А.К., Свистков А.Л., Гаришин О.К.</b>	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАНОГЛИНЫ И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА КАК ПРИЧИНА ДИССИПАТИВНЫХ ПОТЕРЬ В ЭЛАСТОМЕРНОМ КОМПОЗИТЕ .....	353
<b>Спрысков А.А., Бидуля Ю.В.</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧЕВОГО АКТА ОТЗЫВА В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЕ .....	358
<b>Субботин Е.А., Дацун Н.Н.</b>	
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ СКРИНИНГА ПУБЛИКАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЗОРА ЛИТЕРАТУРЫ .....	363
<b>Суконкина А.Н., Григорьев М.В.</b>	
МОНИТОРИНГ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ .....	368
<b>Суходоева Т.С., Сметанников О.Ю.</b>	
ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ПАКЕТЕ ANSYS .....	372
<b>Темиркаева М.Р.</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ НА РЫНКЕ СОТОВОЙ СВЯЗИ .....	376

<b>Усанин А.С., Замятина Е.Б.</b>	
ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕООРИЕНТИРОВАННОГО АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА КОНТЕНТА В AD HOC СЕТЯХ .....	380
<b>Устюгова Т.Н., Каменских А.А., Асташина Н.Б., Сергеева Е.С.</b>	
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПАРЫ ЗУБОВ ДЛЯ ОДНОГО КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ .....	385
<b>Филипсон С.К.</b>	
АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКИХ ШАБЛОНОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ .....	389
<b>Хорошев Д.В., Ильялов О.Р., Устюжанцев Н.Е.</b>	
ОБЪЕМНОЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖПОЗВОНОЧНОГО ДИСКА L4-L5	394
<b>Хотько О.А., Лутманов С.В.</b>	
НАВЕДЕНИЕ НА ЦЕЛЬ ТЯЖЕЛОЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ В СРЕДЕ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ, ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ КВАДРАТУ СКОРОСТИ .....	400
<b>Царёва Ф.Ш.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ .....	405
<b>Целикова Н.П., Пешеренко С.Н.</b>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ ПО ДЛИНЕ ПРОНИЦАЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ .....	409
<b>Цинкер М.Ю.</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ В ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЯХ ЧЕЛОВЕКА .....	413
<b>Черняев А.А., Ивашко А.Г.</b>	
МЕТОД ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ СЛУХОВ В СООБЩЕНИЯХ МИКРОБЛОГОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER .....	418
<b>Чикова Т.Н., Киченко А.А.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ТРАБЕКУЛЯРНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ В БИОМЕХАНИКЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ .....	423
<b>Шардина А.Ю., Городилов А.Ю.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ИГРОКОВ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ONLINE-ИГРАХ .....	427

## ГЕНЕРИРОВАНИЕ ТЕСТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ «ЗАМЫКАНИЙ» ВХОДОВ ПЛИС

*Авраменко Дарья Георгиевна, Данилова Екатерина Юрьевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, AvramenkoDasha@yandex.ru

Данная работа посвящена разработке генератора тестов для тестирования алгоритмов диагностирования замыканий входов ПЛИС. Существует множество алгоритмов диагностирования отказов ПЛИС. Для их отладки и определения эффективности работы необходимо проводить их тестирование. Один из видов тестирования заключается в определении того, насколько эффективные диагностические последовательности были построены алгоритмом для того или иного теста. Такое тестирование требует большого количества разнообразных тестов. Для упрощения создания подобных тестов был разработан алгоритм, производящий наборы тестов по заданным параметрам. В статье даны правила формирования тестовой функции и описание данного алгоритма, приведены примеры работы, а также сделаны общие выводы об эффективности генератора.

Ключевые слова: ПЛИС, диагностирование, генератор тестов, «замыкание» входов ПЛИС.

ПЛИС широко используются при разработке оригинальной аппаратуры, требующей нестандартных схемотехнических решений, а также при проектировании малогабаритных устройств. ПЛИС применяются в стендовом оборудовании. Отдельной областью применения ПЛИС являются устройства для защиты от копирования. Наиболее широко ПЛИС используются в микропроцессорной и вычислительной технике. На их основе разрабатываются контроллеры шины, адресные дешифраторы и др. На ПЛИС часто изготавливаются микропрограммные автоматы [1]. При этом независимо от области применения возникновение ошибок в работе ПЛИС происходит довольно часто. Поэтому диагностирование ПЛИС является важной задачей.

Диагностирование ПЛИС – процесс обнаружения отказа, нахождения места его возникновения и установление его типа [2]. В данной работе будет рассматриваться такой вид отказов, как замыкание соседних входов. Данный вид отказа может быть представлен двумя видами замыканий: «монтажное И» и «монтажное ИЛИ». «Монтажное И» означает, что на оба входа будет подан сигнал, соответствующий логическому И исходных сигналов. «Монтажное ИЛИ» означает, что на оба входа будет подан сигнал, соответствующий логическому ИЛИ исходных сигналов [3].

Для тестирования алгоритмов диагностирования необходимы качественные наборы тестов. Один тест представляет собой булеву функцию от  $n$  переменных. Для этой функции строятся вспомогательные функции, которые получаются из данной функции при замыкании соседних входов. Количество вспомогательных функций равно  $2 \cdot n - 2$ , где  $n$  – количество входов ПЛИС (аргументов функции  $f_0$ ). Пусть  $f_0$  – исходная функция, тогда  $f_1$  – функция, которая получается из  $f_0$  при замыкании входов  $x_1, x_2$  по «И»,  $f_2$  – функция, которая получается из  $f_0$  при замыкании входов  $x_1, x_2$  по «ИЛИ»,  $f_3$  – функция, которая получается из  $f_0$  при замыкании входов  $x_2, x_3$  по «И» и т.д. Полученные функции  $f_i$  могут повторяться или быть уникальными. Каждая уникальная функция представляет собой отдельный класс. Если в какой-то класс входит больше одной функции, то говорят, что этот тест с повторами, иначе – без повторов.

Набор тестов должен быть достаточно велик, поэтому появляется потребность в генераторе тестов, который должен уметь формировать тесты, как с повторами, так и без, в зависимости от условия задачи может понадобиться либо тот, либо другой вариант.

Таким образом, генерация тестов заключается в формировании функций  $f_0, \dots, f_{2 \cdot n - 2}$  от  $x_n, \dots, x_1$  переменных ( $n$  – количество переменных, которое задается в генераторе тестов).

**Таблица 1. Пример теста с повторами**

$x_3$	$x_2$	$x_1$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
0	0	0	<b>1</b>	1	1	1	1
0	0	1	<b>1</b>	1	1	1	1
0	1	0	<b>0</b>	1	1	1	1
0	1	1	<b>1</b>	1	1	1	0
1	0	0	<b>1</b>	1	1	1	1
1	0	1	<b>0</b>	1	0	1	0
1	1	0	<b>1</b>	1	0	1	1
1	1	1	<b>0</b>	0	0	0	0

В таблице 1 представлен пример теста с повторами для функции трех переменных ( $n = 3$ ). Для этого теста выполняется равенство (1).

$$f_1 = f_3 \quad (1)$$

Тест формируется по определенным правилам. Пусть генерируемая функция имеет:  $f_0(x_1, \dots, x_n) = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{2^n - 1})$ , где  $\alpha_i = \{0, 1\}$ ,  $i = 0 \dots 2^n - 1$ . Тогда для  $n = 3$  функция  $f_1$  будет иметь вид:  $f_1(x_1, \dots, x_n) = (\alpha_0, \alpha_0, \alpha_0, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_4, \alpha_4, \alpha_7)$ , а функция  $f_2$ :  $f_2(x_1, \dots, x_n) = (\alpha_0, \alpha_3, \alpha_3, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_7, \alpha_7, \alpha_7)$ . Пример правил для  $n = 3$  представлен в таблице 2.

Таблица 2. Правила формирования теста

$x_3$	$x_2$	$x_1$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
0	0	0	$\alpha_0$	$\alpha_0$	$\alpha_0$	$\alpha_0$	$\alpha_0$
0	0	1	$\alpha_1$	$\alpha_0$	$\alpha_3$	$\alpha_1$	$\alpha_1$
0	1	0	$\alpha_2$	$\alpha_0$	$\alpha_3$	$\alpha_0$	$\alpha_6$
0	1	1	$\alpha_3$	$\alpha_3$	$\alpha_3$	$\alpha_1$	$\alpha_7$
1	0	0	$\alpha_4$	$\alpha_4$	$\alpha_4$	$\alpha_0$	$\alpha_6$
1	0	1	$\alpha_5$	$\alpha_4$	$\alpha_7$	$\alpha_1$	$\alpha_7$
1	1	0	$\alpha_6$	$\alpha_4$	$\alpha_7$	$\alpha_6$	$\alpha_6$
1	1	1	$\alpha_7$	$\alpha_7$	$\alpha_7$	$\alpha_7$	$\alpha_7$

На основе описанных выше правил можно выделить алгоритм работы генератора (на примере создания теста с одним классом с повтором из двух функций):

1. Выбираем случайным образом две функции, которые необходимо приравнять.
2. Используя правила из табл.№2 получаем значения  $\alpha_{i1}$  и  $\alpha_{i2}$  для выбранных столбцов,  $i = 0 \dots 2^n - 1$ .
3. Находим строки, для которых выполняется неравенство  $i_1 \neq i_2$  и заменяем его равенством  $\alpha_{i1} = \alpha_{i2}$ .
4. Случайным образом, учитывая только равенства из п.3, задаем все  $\alpha_i$ ,  $i = 0 \dots 2^n - 1$ . Часть констант при этом не задается, поскольку они будут равны другим.

Таким образом, для формирования повторяющихся функций в классе необходимо выбрать функции  $f_i, f_j$ , построчно просмотреть столбцы  $i$  и  $j$  и составить равенства, которые затем выполнить.

Например, рассмотрим функцию трех переменных и возьмем столбцы  $f_2$  и  $f_3$ . Чтобы эти столбцы были равны, необходимо, чтобы выполнялись равенства (2).

$$\alpha_0 = \alpha_0, \alpha_3 = \alpha_1, \alpha_3 = \alpha_0, \alpha_3 = \alpha_1, \alpha_4 = \alpha_0, \alpha_7 = \alpha_1, \alpha_7 = \alpha_6, \alpha_7 = \alpha_7 \quad (2)$$

Если преобразовать эти равенства, то получится (3)

$$\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_6 = \alpha_7 \quad (3)$$

После преобразования этих равенств, происходит само приравнивание, и появляются классы с повторами.

Для получения теста с функциями без повторов необходимо провести аналогичную операцию, рассмотрев все функции попарно, а затем вместо равенств указать неравенства. Каждая из совокупностей неравенств для пар функций должна выполняться хотя бы для одной пары значений (одной строки в таблице).

Описанный алгоритм был реализован и протестирован. Тесты, полученные в результате работы алгоритма, удовлетворяют поставленным задачам.

### **Библиографический список**

1. ПЛИС. [Электронный ресурс] URL: <http://stud.izhdv.ru/msch/23.htm>
2. *Городилов А.Ю., Тюрин С.Ф.* Генетический алгоритм диагностирования цифровых устройств – 2013.
3. *Тюрин С.Ф., Ермаков С.В., Городилов А.Ю.* Сравнение моделей внешних отказов элементарного мультиплексора логического элемента ПЛИС FPGA относительно покрывающих тестовых наборов – 2013.
4. *Данилова Е.Ю., Никифорова К.В.* Генерирование тестов для диагностирования ПЛИС – 2017.

### **TEST GENERATION FOR INPUT CIRCUIT FPGA DIAGNOSIS**

*Avramenko Darya G., Danilova Ekaterina U.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, AvramenkoDasha@yandex.ru

This work is devoted to the development of a test generator for testing algorithms for diagnosing circuit of FPGA inputs. There are many algorithms for diagnosing FPGAs failures. To debug them and determine the effectiveness of their work, they should be tested. One type of testing is to determine how effective diagnostic sequences were constructed by the algorithm for a particular test. Such testing requires a lot of different tests. To simplify the generation of such tests, an algorithm was developed that produces test sets by specified parameters. The article gives the rules for the formation of the test function and a description of this algorithm, examples of work and general conclusions about the efficiency of the generator.

Key words: FPGA, diagnosis, test generator, input circuit FPGA.

## **ОБОГАЩЕНИЕ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИКАТОРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Авхимович Дмитрий Владимирович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, dx195@mail.ru

В работе рассматриваются математические методы обогащения данных с использованием индикаторов технического анализа для применения методов машинного обучения с целью прогнозирования будущих значений финансовых временных рядов. В качестве математических методов обогащения данных используются комбинации скользящих средних, полосы Боллинджера, осцилляторы скользящих средних. Индикаторами выступают сигналы, принятые в техническом анализе и применяемые по отношению к вышеперечисленным математическим методам. В качестве методов машинного обучения для прогнозирования финансовых временных рядов используются градиентный бустинг и линейная регрессия. Для сравнения результатов прогнозирования на основе обогащенных данных с индикаторами также представлены результаты прогнозирования без использования индикаторов. Точность прогноза увеличена на 3,41% относительно данных без индикаторов (при использовании одинаковых методов прогнозирования). Также в работе предложены методы повышения качества данных, которые могут увеличить точность прогноза.

Ключевые слова: обогащение данных, индикаторы технического анализа, финансовые временные ряды, прогнозирование временных рядов, методы машинного обучения.

Прогнозирование финансовых временных рядов довольно частая тема научных статей, многие авторы представляют свои исследования по данной тематике, однако в основном, при прогнозировании используются авторегрессионные модели и наилучшие результаты прогнозирования колеблются от отклонения 9,5% до отклонения 11% [1], [2], [3], [4]. К тому же, тестирование методов проводилось на достаточно стабильных рынках, с отсутствием сильной волатильности. В данном же случае, рассматривается вопрос прогнозирования цены на криптовалюту, а именно прогноз цены на пару BTC/ USD.

Рынок криптовалют обусловлен большой волатильностью (так по данным сервиса CryptoCompare, колебания цены биткоина в среднем составляли около 20% на протяжении 2018 года, время от времени они достигали отметок в 30-40% [5]), соответственно прогнозировать будущие значения цены на таком рынке значительно сложнее, нежели на рынке акций. Авторы статей, проводивших прогнозирование цен на рынке криптовалют, добивались 70-75%% точности прогнозов и частично были удовлетворены результатом [6].

Поскольку необходимо добиться более точных результатов прогнозирования, рассматривались различные методы прогнозирования временных рядов и в итоге было принято решение использовать методы машинного обучения, а именно методы линейной регрессии и градиентного бустинга.

Для применения данных методов машинного обучения, необходимо в первую очередь обогатить данные. Таким образом, цель данной работы заключается в определении улучшения результатов прогнозирования финансовых временных рядов с использованием и без использования индикаторов технического анализа. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть математические методы обогащения данных.
2. Определить индикаторы технического анализа.
3. Сравнить результаты прогнозирования с использованием индикаторов и без использования индикаторов.
4. Предложить возможные способы улучшения результатов прогнозирования временных рядов.

Для обогащения данных было принято решение воспользоваться математическими методами анализа временных рядов [7], [8], а также индикаторами, основанными на показаниях применяемых методов.

В качестве первого математического метода обогащения данных был выбран метод комбинаций скользящих средних. Первая скользящая средняя с окрестностью = 2 дня (короткая скользящая средняя), вторая скользящая средняя с окрестностью = 20 дням (длинная скользящая средняя). В техническом анализе существуют определенные методы прогнозирования временных рядов, так, согласно данным методам, пробитие короткой скользящей средней длинной скользящей средней является индикатором смены тренда. В данном случае, в момент обогащения данных проверяется наличие данного индикатора и записывается в соответствующий столбец.

Далее был применен математический метод, названный полосами Боллинджера. Результат применения данного метода является двумя линиями, образующими коридор цен. Линии в свою очередь рассчитываются на основе центральной линии (которая представляет собой скользящую среднюю с небольшой окрестностью) и стандартного отклонения. Индикаторами при использовании данного метода выступают пробития основным финансовым рядом коридора цен, определенным линиями полос Боллинджера. При применении данного метода используют два индикатора – для верхней и нижней полос. При обогащении данных вычисляются и записываются в отдельные столбцы оба индикатора.



Финальным в данной работе методом обогащения являются осцилляторы скользящих средних, которые характеризуют состояние перекупленности и перепроданности рынка. Осцилляторы представляют собой разницу двух скользящих средних с разной окрестностью. Разность строится на открытой шкале около нулевой линии. При положительной разнице – индикатор сигнализирует о покупке, при отрицательной разнице – индикатор сигнализирует о продаже. При обогащении данных вычисляются и записываются значения индикатора в отдельный столбец.

Таким образом, результатом обогащения данных являются дополнительные 11 столбцов: короткая скользящая средняя, длинная скользящая средняя, индикатор скользящих средних, центральная линия, стандартное отклонение, верхняя граница полос Боллинджера, нижняя граница полос Боллинджера, индикатор пробития верхней полосы, индикатор пробития нижней полосы, осцилляторы скользящих средних, индикатор осцилляторов скользящих средних.

При использовании методов машинного обучения используются все 11 столбцов для прогнозирования цены закрытия торгов на следующий день. В результате, было проведено тестирование с применением всех обогащенных данных, а также без индикаторов. Результаты тестирования представлены ниже в таблице 1:

**Таблица 1. Результаты применения методов машинного обучения**

	Обогащенные данные с индикаторами		Обогащенные данные без индикаторов	
	% отклонения градиентного бустинга	% отклонения линейной регрессии	% отклонения градиентного бустинга	% отклонения линейной регрессии
Среднее отклонение	6.43	6.19	8.08	9.54
Максимальное отклонение	16.74	17.07	18.12	19.36
Минимальное отклонение	0.02	0.00	0.03	0.01

Тестирование проводилось на интервале с 01.01.2018 по 31.01.2018. Высокий процент максимального отклонения обуславливается высокой активностью новостного фона в определенные дни интервала тестирования. Поскольку система не подразумевает использование как основной инструмент трейдинга, а лишь позиционируется как система поддержки принятия решений, то такой результат можно считать положительным. К тому же, просмотренные представленные работы далеки от полученного результата.

Предполагается, что выбросы, связанные с сильным новостным фоном, будут фильтроваться непосредственно самим трейдером, то есть при появлении сильного

новостного фона стоит принимать во внимание результат с большим отклонением от реального.

Для исключения подобных выбросов необходимо помимо технического анализа рынка использовать фундаментальный анализ, т.е. как минимум программа должна производить сбор и некую оценку новостей и принимать их во внимание. В случае достойной реализации данной задачи, предполагается снизить средний уровень отклонения на 2-3%% (данные получены путем исключения дат выбросов).

Другим примером улучшения алгоритма прогнозирования может являться обработка данных, например, методами экспоненциального сглаживания или методом исключения сезонной компоненты X13-ARIMA-SEATS.

Помимо этого, был рассмотрен вариант нахождения среднего из полученных значений прогнозирования двумя методами. Результаты представлены ниже в таблице 2:

**Таблица 2. Результаты применения методов машинного обучения со средним значением прогнозирования**

	% отклонения градиентного бустинга	% отклонения линейной регрессии	Средние значения применения методов прогнозирования
Среднее отклонение	6.43	6.19	6.13
Максимальное отклонение	16.74	17.07	15.2
Минимальное отклонение	0.02	0.00	0.01

Итогом работы является увеличение точности результата прогнозирования путем применения индикаторов технического анализа на 3,41%. Средний процент отклонения результатов прогнозирования составляет 6,13%.

### **Библиографический список**

1. *Кондратьева Т.Н.* Прогнозирование тенденции финансовых временных рядов с помощью нейронной сети lstm // Интернет-журнал Науковедение. 2017. №4 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-tendentsii-finansovyh-vremennyh-ryadov-s-pomoschu-neyronnoy-seti-lstm> (дата обращения: 14.03.2019).
2. *Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А.* Модели прогнозирования основных показателей инновационной деятельности промышленных предприятий // Экономический анализ: теория и практика. 2014. №29 (380). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-prognozirovaniya-osnovnyh-pokazateley-innovatsionnoy-deyatelnosti-promyshlennyh-predpriyatiy> (дата обращения: 14.03.2019).
3. *Ефремова Е.А, Дунаев Е.В.* Применение нейронных сетей для прогнозирования финансовых временных рядов // Доклады ТУСУР. 2004. №1 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-dlya-prognozirovaniya-finansovyh-vremennyh-ryadov> (дата обращения: 14.03.2019).
4. *Меркулова В.С.* Модель прогнозирования финансовых временных рядов в условиях гипотезы эффективного рынка // Среднерусский вестник общественных наук. 2009.

- №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-prognozirovaniya-finansovyh-vremennyh-ryadov-v-usloviyah-gipotezy-effektivnogo-gynka> (дата обращения: 14.03.2019).
5. Волатильность биткоина достигла минимальных годовых значений [Электронный ресурс] // Forklog [Сайт]. [2018]. URL: <https://forklog.com/volatilnost-bitkoina-dostigla-minimalnyh-godovyh-znachenij/> (дата обращения: 14.03.2019).
  6. Прогнозирование финансовых временных рядов с MLP в Keras [Электронный ресурс] // habr [Сайт]. [2017]. URL: <https://habr.com/post/327022/> (дата обращения: 14.03.2019).
  7. *Любцын В.Н.* Повышение качества данных в контексте современных аналитических технологий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2012. №23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-dannyh-v-kontekste-sovremennyh-analiticheskikh-tehnologiy> (дата обращения: 14.03.2019).
  8. *Кирьянов Б. Ф. Петрова Ю. Ю.*, Прогнозирование временных рядов с «Особыми» значениями // Вестник НовГУ. 2004. №28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-vremennyh-ryadov-s-osobymi-znacheniyami> (дата обращения: 14.03.2019).

## **ENRICHING DATA BY TECHNICAL INDICATORS FOR THE FINANCIAL TIME SERIES FORECASTING BY MACHINE LEARNING METHODS**

*Avximovich Dmitrij V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, dxl95@mail.ru

The paper discusses data enrichment mathematical methods by technical analysis indicators for applying machine-learning methods to predict the financial time series future values. A combination of moving averages, Bollinger bands, moving average oscillators are used as mathematical methods of data enrichment. The indicators are the signals accepted in the technical analysis and applied in relation to the above-listed mathematical methods. Gradient boosting and linear regression are used as machine-learning methods for predicting financial time series. To compare the forecasting results based on enriched data with indicators, the results of forecasting without using indicators are also presented. The forecast accuracy is increased by 3.41% relative to the data without indicators (using the same forecasting methods). Also in the work proposed methods for improving the quality of data that can increase the accuracy of the forecast.

Keywords: data enrichment, technical analysis indicators, financial time series, time series prediction, machine-learning methods.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕДАКТОРА ПРАВИЛ ДЛЯ ИОТ**

*Агеева Диана Юрьевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, diana-ageeva98@mail.ru

В НИУ ВШЭ-Пермь запущен проект по разработке офиса, использующего прогрессирующие технологии интернета вещей (IoT). Основой функционирования офисов такого рода являются сценарии управления, основанные на заданных правилах. Поэтому важной задачей является проектирование редактора правил для IoT-платформы «умного» офиса на базе НИУ ВШЭ-Пермь. В данной работе описано онтологическое моделирование, использованное в качестве основы для проектирования редактора правил. Объектом исследования является «умный» офис НИУ ВШЭ-Пермь. Предметом исследования выступает онтология предметной области. В статье содержится описание иерархии классов спроектированной онтологии, а также связей между ее объектами; представлены функциональные требования к проектируемому редактору сценариев, которые были определены на основе разработанной онтологической модели и исходя из особенностей предметной области. В заключении представлены варианты дальнейшего использования разработанной онтологической модели.

Ключевые слова: онтологическое моделирование, интернет вещей, «умный» офис, киберфизическая система, сценарии, редактор правил.

### **Введение**

Сегодня активно набирают свою популярность «умные» офисы. В НИУ ВШЭ-Пермь запущен проект по разработке офиса, использующего прогрессирующие технологии интернета вещей (IoT). Основой функционирования офисов такого рода являются сценарии управления, основанные на заданных правилах. Поэтому важной задачей является проектирование редактора правил для IoT-платформы «умного» офиса на базе НИУ ВШЭ-Пермь. В данной работе описано онтологическое моделирование, использованное в качестве основы для проектирования редактора правил.

### **Онтологическое моделирование**

Онтология — отличный инструмент для структурирования знаний о предметной области и упорядочивания элементов системы [1]. В рамках решения поставленной задачи разработка онтологии необходима для определения структуры сценариев и места редактора в сложной системе.

«Умный» офис НИУ ВШЭ-Пермь – киберфизическая система, изменяющаяся во времени, взаимодействующая с внешней средой, управляемая субъектами (сотрудниками

офиса), включающая в себя физические объекты, цифровые двойники и различные интерфейсы [2]. Архитектура информационной системы, управляющей такой киберфизической системой была рассмотрена в статье [3].

### **Классы и подклассы**

В спроектированной онтологии предметной области были созданы четыре непересекающихся класса «Субъект управления», «Время», «Внешняя среда» и киберфизическая система (далее «КФС»). Наибольший интерес представляет класс КФС, подклассами которого выступают три основополагающих элемента: «Физический объект», «Цифровой двойник» и «Интерфейс».

Физическими объектами «умного» офиса являются:

- объекты управления («ОУ») – характеристики, которые необходимо регулировать в офисе (влажность, температура, задымленность и др.);
- исполнительные устройства («ИспУ») - непосредственно «умные» вещи в офисе (чайник, компьютер, шторы, батареи и др.);
- устройства управления («УУ») – микроконтроллеры, с помощью которых передается управляющий сигнал (сценарий) на исполнительные устройства;
- устройства связи («УС») – каналы, позволяющие осуществлять передачу сигналов;
- измерительные устройства («ИзмУ») – они же датчики, снимающие показания с различных объектов.

В КФС может быть выделено три типа интерфейса: пользовательский, программный и сетевой. Одним из примеров реализации пользовательского интерфейса как раз и является проектируемый **редактор правил**.

Цифровыми двойниками в рамках КФС выступают информационные и математические модели, онтологии, оперативная информация, цифровые схемы и чертежи, электронная документация. «Сценарий» является подклассом контролирующих математических моделей. Каждый сценарий – это правило, которое состоит из трех ключевых элементов: источник данных (датчики либо внутренние переменные), само правило (операция плюс константа) и действие (команда либо оповещение). Между собой эти элементы связываются по схеме если-то-иначе и с помощью логических связок «и» / «или»/ «не».

## Свойства объектов

Далее были определены свойства объектов (отношения между объектами). Свойства связывают индивидов из доменов с индивидами в диапазонах, которые представлены в таблице.

Таблица. Домены и диапазоны свойств

Домен	Свойство	Диапазон
субъект управления (СУ)	использует	редактор правил
редактор правил	создает	сценарий
сценарий	содержится в	устройство управления (УУ)
устройство управления (УУ)	кому передает управляющий сигнал	исполнительное устройство (ИспУ)
устройство управления (УУ)	что передает управляющий сигнал	действие
внешняя среда (ВС)	оказывает воздействие	объект управления (ОУ)
исполнительное устройство (ИспУ)	оказывает воздействие	объект управления (ОУ)
измерительное устройство (ИзмУ)	снимает показания	ОУ, СУ, ВС, ИспУ
измерительное устройство (ИзмУ)	передает выходящее воздействие	устройство управления (УУ)

В результате с помощью программы Protégé была создана иерархия классов и сформирован онтограф, отражающий все процессы, протекающие в «умном» офисе (см. рисунок).

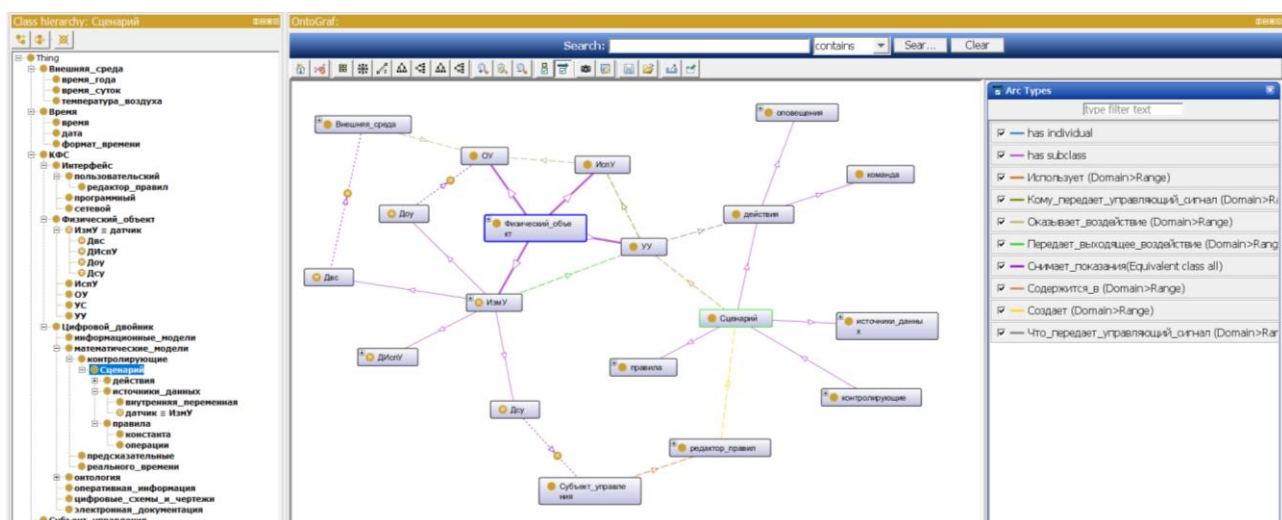


Рисунок. Онтограф со свойствами объектов

Созданная онтологическая модель показала, насколько сложна система «умного» офиса. Для того чтобы контролировать системы такого рода, необходимы IoT-платформы и сценарии управления, основанные на заданных правилах [4].

На основе анализа предметной области были выдвинуты следующие функциональные требования к редактору правил:

1. Редактор должен позволять создавать три типа элементов: источник данных, правила и действия.
2. Редактор должен позволять связывать объекты между собой, выстраивая цепочки.
3. Редактор должен позволять разрешать коллизии путем расставления приоритетов.

#### **Заключение**

Спроектированная онтологическая модель отражает структуру «умного» офиса НИУ ВШЭ-Пермь, на ее основе были разработаны функциональные требования к будущему редактору правил. Онтология является хорошим фундаментом для развития функционирования «умного» офиса в целом. Так, с помощью онтологической модели возможна не только разработка редактора, но и оптимизация заполнения сценариев правилами [5]. Кроме того, на основе созданной онтологии возможна разработка различных приложений, позволяющих управлять «умным» офисом.

#### **Библиографический список**

1. Wang S., Hou Y., Gao F. Ontology-Based Resource Description Model for Internet of Things // 2016 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC). 2016. P. 105-108.
2. Coronato A., De Pietro G., Esposito M. A Semantic Context Service for Smart Offices // 2006 International Conference on Hybrid Information Technology. 2006. P. 391-399.
3. Викентьева О. Л., Кычкин А. В., Дерябин А. И., Шестакова Л. В. Архитектура сетевого управляющего комплекса здания на базе IoT устройств // Датчики и системы. 2018. № 5. С. 32-38.
4. Кычкин А. В., Дерябин А. И., Викентьева О. Л., Шестакова Л. В. Проектирование IoT-платформы для управления энергоресурсами интеллектуальных зданий // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 4. С. 29-41.
5. Сухов А. О., Лядова Л. Н., Замятина Е. Б. Интеграция систем моделирования на основе DSM-платформы с использованием онтологий // В кн.: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Мн.: БГУИР, 2014. С. 375-380.

## ONTOLOGY-BASED IOT RULE EDITOR MODELING

*Ageeva Diana U.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, diana-ageeva98@mail.ru

NRU HSE Perm has launched a project to develop an office using progressive Internet of things (IoT) technologies. Scenarios based on rules are the basis of such offices. Therefore, it is important to design a rule editor for the IoT platform. This paper describes the ontology-based method for modeling the IoT rule editor. NRU HSE Perm smart office is an object to study. Ontology is a subject to study. The article describes classes' hierarchy and relationships between its objects. Moreover, it presents functional requirements for the rule editor, which are based on developed ontology. In conclusion, there are some further applications for developed ontology.

Keywords: ontology-based modeling, Internet of Things, smart office, cyber-physical system, scenarios, rule editor.



## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УСРЕДНЕНИЯ К ЗАДАЧАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯМИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

*Агибалова Ольга Сергеевна, Стрелкова Нина Александровна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, olga-sa94@yandex.ru

Рассматриваются две задачи торможения экваториальной составляющей угловой скорости осесимметричного твердого тела при заданных ограничениях на управление. Предполагается, что осевая составляющая угловой скорости является заданной функцией времени, а управление изменением экваториальной составляющей угловой скорости осуществляется при помощи одного или двух фиксированных в связанных с телом осях двигателей. Критерием оптимальности является минимизация энергетических затрат. С использованием принципа максимума Л.С. Понтрягина и метода усреднения определены оптимальные управления в форме синтеза, угловые скорости, минимальные значения функционала энергетических затрат. Рассмотрены различные режимы реализации управлений. Указаны условия, когда решение рассматриваемых задач не существует.

Ключевые слова: оптимальное управление; вращение твердого тела; минимум энергетических затрат; принцип максимума Понтрягина.

Рассматривается задача оптимального гашения экваториальной составляющей угловой скорости осесимметричного твердого тела при помощи малых управляющих моментов. Уравнения движения в безразмерных переменных имеют вид [1, 2]

$$\begin{cases} \dot{\omega}_1 + (I-1)\omega_2\omega_3 = \varepsilon u_1, & \omega_1(0) = \omega_1^0, \omega_1(T) = 0, \\ \dot{\omega}_2 - (I-1)\omega_1\omega_3 = \varepsilon u_2, & \omega_2(0) = \omega_2^0, \omega_2(T) = 0, \omega_3(0) = \omega_3^0. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь точка означает дифференцирование по времени  $t' = (\omega^0)^{-1}t$  (в дальнейшем для упрощения записи штрих опускаем),  $\omega^0 = \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02} + \omega_3^{02}}$ ,  $I = J_3 J^{-1}$ ,  $J, J_3$  ( $J \neq J_3$ ) - главные центральные моменты инерции твердого тела,  $\omega^0 \omega_i$  - проекции вектора угловой скорости на главные центральные оси инерции,  $u_i$  - управляющие моменты,  $\varepsilon$  - малый параметр.

Предполагается, что функция  $\omega_3(t)$  является заданной функцией времени  $t$ , а управление изменением экваториальной составляющей угловой скорости осуществляется при помощи одного фиксированного двигателя ( $u_1 = u \cos \alpha, u_2 = u \sin \alpha, |u| \leq u^0, \alpha = \text{const}$ )

и двух фиксированных двигателей, когда система управления создает моменты сил вдоль каждой из связанных осей, причем  $|u_1| \leq u_1^0$ ,  $|u_2| \leq u_2^0$ .

Требуется найти управляющие функции  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ , доставляющие минимум функционалу энергетических затрат

$$J = \varepsilon \int_0^T (u_1^2 + u_2^2) dt, \quad (2)$$

где время перехода  $T$  задано.

Для решения рассматриваемых задач используются принцип максимума Л.С. Понтрягина [3] и метод усреднения для построения приближенного решения задач оптимального управления с фиксированным временем окончания процесса [1, 2].

При управлении с помощью одного двигателя оптимальные управления  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  в форме синтеза определяются из соотношений

$$u_1^* = u^* \cos \alpha, \quad u_2^* = u^* \sin \alpha, \\ u^* = \begin{cases} \frac{u^0}{\cos \psi_1} \frac{\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}}, & \text{если } \left| \frac{\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2} \cos \psi_1} \right| \leq 1 \\ -u^0 \operatorname{sign}(\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha), & \text{если } \left| \frac{\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2} \cos \psi_1} \right| > 1 \end{cases}, \quad (3)$$

где постоянная  $\psi_1$  является корнем трансцендентного уравнения

$$\sin \psi_1 + \frac{1}{\cos \psi_1} \left( \frac{\pi}{2} - \psi_1 \right) = \frac{\pi}{\varepsilon T u^0} \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}.$$

При

$$T < \frac{\pi}{2\varepsilon} \frac{\sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{u^0}$$

рассматриваемая задача решения не имеет.

При

$$\frac{\pi \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{2\varepsilon u^0} \leq T \leq \frac{2}{\varepsilon u^0} \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}$$

оптимальное управление  $u^*$  является кусочно-гладкой функцией, принимающей, при выполнении неравенства

$$\left| \frac{\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2} \cos \psi_1} \right| > 1,$$

значения  $\pm u^0$  в зависимости от знака выражения  $\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha$ ; в противном случае – графиком функции является кривая, определяемая уравнением

$$u^* = \frac{-u^0}{\cos \psi_1} \frac{\omega_1 \cos \alpha + \omega_2 \sin \alpha}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}}.$$

При

$$T > \frac{2}{\varepsilon u^0} \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}$$

управление  $u^*$  не имеет точек переключений и не достигает своего предельного значения  $u^0$ .

При управлении с помощью двух двигателей оптимальные управления  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  в форме синтеза имеют вид

$$u_1^* = \begin{cases} -\frac{u_1^0}{\cos \psi_1} \frac{\omega_1}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}}, & \text{если } \left| \frac{\omega_1}{\cos \psi_1 \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}} \right| \leq 1, \\ -u_1^0 \operatorname{sign} \omega_1, & \text{если } \left| \frac{\omega_1}{\cos \psi_1 \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}} \right| > 1, \end{cases} \quad (4)$$

$$u_2^* = \begin{cases} -\frac{u_2^0}{\sin \psi_2} \frac{\omega_2}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}}, & \text{если } \left| \frac{\omega_2}{\sin \psi_2 \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}} \right| \leq 1, \\ -u_2^0 \operatorname{sign} \omega_2, & \text{если } \left| \frac{\omega_2}{\sin \psi_2 \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}} \right| > 1. \end{cases} \quad (5)$$

где постоянные  $\psi_1, \psi_2$  определяются из системы двух трансцендентных уравнений

$$\begin{cases} u_1^0 \sin \psi_1 + \frac{u_1^0}{\cos \psi_1} \left( \frac{\pi}{2} - \psi_1 \right) + u_2^0 \cos \psi_2 + \frac{u_2^0 \psi_2}{\sin \psi_2} = \frac{\pi}{\varepsilon T} \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}, \\ u_2^0 \cos \psi_1 = u_1^0 \sin \psi_2. \end{cases}$$

При

$$T < \frac{\pi}{2\varepsilon} \frac{\sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{u_1^0 + u_2^0}$$

данная задача решения не имеет.

При

$$u_2^0 \leq u_1^0$$

и

$$\frac{\pi \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{2\varepsilon \frac{u_1^0 + u_2^0}{u_1^0}} \leq T \leq \frac{\pi \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{\varepsilon} \left( u_1^0 \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{u_2^0}{u_1^0} \right) + \frac{u_2^0}{u_1^0} \sqrt{u_1^{02} - u_2^{02}} \right)^{-1}$$

управление  $u_1^*$  не имеет точек переключения, а при

$$u_1^0 \leq u_2^0$$

и

$$\frac{\pi \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{2\varepsilon \frac{u_1^0 + u_2^0}{u_1^0}} \leq T \leq \frac{\pi \sqrt{\omega_1^{02} + \omega_2^{02}}}{\varepsilon} \left( u_2^0 \left( \pi - \arccos \frac{u_1^0}{u_2^0} \right) + \frac{u_1^0}{u_2^0} \sqrt{u_2^{02} - u_1^{02}} \right)^{-1}$$

управление  $u_2^*$  не имеет точек переключения. При всех остальных значениях времени  $T$  оптимальные управления  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  удовлетворяют неравенствам  $-u_1^0 < u_1^* < u_1^0$ ,  $-u_2^0 < u_2^* < u_2^0$ .

В первом приближении угловые скорости и минимальное значение функционала (2) для обоих рассматриваемых случаев вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \left(1 - \frac{t}{T}\right) (\omega_1^0 \cos \varphi - \omega_2^0 \sin \varphi), \\ \omega_2 &= \left(1 - \frac{t}{T}\right) (\omega_1^0 \sin \varphi + \omega_2^0 \cos \varphi), \quad \varphi = \int_0^t (I-1) \omega_3(\tau) d\tau, \end{aligned} \quad (6)$$

$$J^* = \varepsilon \int_0^T \langle u_1^{*2} + u_2^{*2} \rangle dt. \quad (7)$$

Здесь  $\langle u_1^{*2} + u_2^{*2} \rangle$  – функция, полученная в результате подстановки в (7) управлений  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  из (3) и (4), (5) для первой и второй задач соответственно и усреднения по фазе  $\varphi$ .

### Библиографический список

1. Черноусько Ф.Л., Акуленко Л.Д., Соколов Б.Н. Управление колебаниями. М.: Наука, 1980.
2. Акуленко Л.Д. Асимптотические методы оптимального управления. М.: Наука, 1987.
3. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983.

# APPLICATION OF THE METHOD OF AVERAGING FOR OPTIMAL CONTROL OF ROTATION OF AN AXISYMMETRIC SOLID BODY

*Agibalova Olga S., Strelkova .Nina A.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, olga-sa94@yandex.ru

Two problems of deceleration of the Equatorial component of the angular velocity of an axisymmetric solid body under given control constraints are considered. It is assumed that the axial component of the angular velocity is a given function of time, and the control of the change in the Equatorial component of the angular velocity is carried out by means of one or two fixed in the axes of the engines connected to the body. The optimality criterion is the minimization of energy costs. Using the principle of maximum HP Pontryagin and averaging method optimal control in the form of synthesis, angular velocities, minimum values of the functional energy costs are determined. Various modes of realization of managements are considered. Conditions when the solution of the considered problems does not exist are specified.

Keywords: optimal control; rotation of a solid body; low energy costs; the Pontryagin maximum principle.

## ЛАКОНИЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СЛЕДСТВИЯ ТЕОРЕМЫ О СЛОЖЕНИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

*Акулинин Денис Сергеевич, Шапцев Валерий Алексеевич*

Тюменский государственный университет, 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Семакова, 10,  
akulinin.denisYouTube@mail.ru

В предлагаемом докладе классическая схема вывода выражения для вероятности суммы трёх совместных событий заменяется на упрощённую. Обычно: сумма этих 3 событий представляется в виде суммы 7 несовместных событий (подмножеств множества  $A + B + C$ ); далее используется обобщение 3-й аксиомы о сложении 2-х несовместных событий на 7 несовместных событий; затем производятся соответствующие преобразования и приведение подобных. В статье схема доказательства формулы для вероятности суммы 3-х совместных событий - следующая. Она основана на использовании третьей аксиомы теории вероятностей, формулы разности вероятностей и рассматриваемой теоремы (для 2-х событий). Такая форма доказательства оказалась более очевидной для студентов и требует значительно меньшего числа действий.

Ключевые слова: теорема сложения вероятностей, совместные события, её следствие для трёх событий, третья аксиома теории вероятностей, разность вероятностей.

Освоение математических основ технических направлений подготовки студентами начальных курсов осложняется их устоявшимся стилем восприятия новых сведений, который получил название информационный серфинг [1] (иногда, клиповое мышление). Студентам сложно осуществлять длинные математические выкладки. Поэтому методы, позволяющие уменьшить объём аналитических преобразований в процессе освоения математических дисциплин, являются актуальными. Один из примеров доказательства теоремы посредством интеллект-карты представлен в [1]. Ниже предлагается вариант математическое «сжатие» доказательства.

Речь идёт о теореме сложения теории вероятностей: для двух совместных событий  $A$  и  $B$  ( $AB \neq \emptyset$ ) имеет место равенство:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB) \quad (1)$$

а также о её следствии для 3-х совместных событий:

$$P(A + B + C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(AB) - P(AC) - P(BC) + P(ABC). \quad (2)$$

В [2] предложено доказать это следствие самому читателю.

В [3] это следствие рассматривается как частный случай при  $n = 3$  более общего следствия, доказанного методом математической индукции для  $n$  совместных событий. Этот путь для большинства современных студентов технических направлений подготовки представляется трудным.

Итак, нам предстоит доказать формулу (2).

Классическая схема вывода этого выражения заключается в следующем. Сумма этих трёх событий представляется в виде суммы семи несовместных событий (непересекающихся подмножеств множества  $A + B + C$ ). Далее используется обобщение теоремы о сложении на семь несовместных событий. Наконец, использованием выражения для разности вероятностей (следствие 3-й аксиомы)

$$P(A \setminus B) = P(A) - P(AB). \quad (3)$$

В этой сумме семи вероятностей скрупулёзно производятся преобразования и приведение подробных членов. В целом - это относительно трудоёмкий для студента процесс.

Предлагается более лаконичный вариант.

$$\begin{aligned} P(A + B + C) &= P[A \setminus (B + C)] + P(B + C) = \\ &\{ \text{использована 3-я аксиома теории вероятностей} \} \\ &= P(A) - P[A(B + C)] + \\ &\{ \text{разность вероятностей (3)} \} \\ &+ P(B) + P(C) - P(BC) = \\ &\{ \text{теорема о сложении (1)} \} \\ &= P(A) + P(B) + P(C) - P(BC) - P(AB) - P(AC) + P(ABC) \\ &\{ \text{теорема о сложении (1)} \}. \end{aligned}$$

Последнее выражение и есть формула (2).

В итоге доказательство прозрачно и умещается в неполные две строки:

$$\begin{aligned} P(A + B + C) &= P[A(B + C)] + P(B + C) = P(A) - P[A(B + C)] + P(B) + P(C) - P(BC) = \\ &= P(A) + P(B) + P(C) - P(BC) - P(AB) - P(AC) + P(ABC). \end{aligned}$$

### Библиографический список

1. *Kutrunov V., Shaptsev V. a. u. Mind Map and Information Surfing. Unity of Opposites in Education // Proceedings of the International Conference on the Theory and Practice of Personality Formation in Modern Society (ICTPPFMS 2018).* – URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/ictppfms-18/articles?q=&author=&keyword=&title=&page=1>.

2. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* В 29 Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учеб. пособие для вузов.– 2-е изд., стер.– М.: Высш. шк., 2000.– 480 с.
3. *Крицкий О.Л.* Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов. I. Теория вероятностей: уч. пос. / О.Л. Крицкий, А.А. Михальчук, А.Ю. Трифонов, М.Л. Шинкеев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 212 с.

## **BRIEF JUSTIFICATION OF THE COROLLARY OF THE PROBABILITY ADDITION THEOREM**

*Akulinin Denis S, Shaptsev Valeriy A.*

Tyumen State University, 10. Semakova St., Tyumen, 625003, Russia,  
akulinin.denisYouTube@mail.ru

In the proposed report, the classical scheme for deriving an expression for the probability of the sum of three joint events has replaced by a simplified one. Usually: the sum of these 3 events is represented as the sum of 7 incompatible events (subsets of the set  $A + B + C$ ); next, a generalization of the 3rd axiom about of the addition of 2 incompatible events on 7 incompatible events; then the corresponding transformations and bringing similar. In the article, the scheme of the formula proof for the probability of the 3 joint events sum is the following. It has based on the use of the third axiom of probability theory, the formula for the difference of probabilities and the main theorem under consideration (for 2 events). Such proof form turns out to be more obvious to students and requires a significantly smaller number of actions.

**Keywords:** probability addition theorem, its consequence for three events, joint events, the third axiom of probability theory, the difference of probabilities.



## **РОЛЬ И МЕСТО СОГЛАСОВАНИЯ ПОЛИТИКИ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ КОЛЛЕГИАЛЬНОМ ОРГАНЕ УПРАВЛЕНИЯ**

*Алексеев Александр Олегович*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, alekseev@cems.pstu.ru

Обсуждается задача согласования мнений лиц, входящих в коллегиальный орган управления организацией, при выработке единой политики риск-менеджмента в части формирования матрицы рисков, описывающей реакции по воздействию на риски при всевозможных сочетаниях рискобразующих факторов: возможность наступления рисковогото события и последствия в случае его наступления. С целью исключения ситуации манипулирования со стороны любого члена коллегиального органа предлагается использовать матричный анонимный обобщенный медианный механизм, который относится к классу неманипулируемых механизмов планирования.

Ключевые слова: риск-менеджмент, политика организации, согласование интересов, неманипулируемость.

Обсуждается задача [1] согласования единой политики риск-менеджмента организации при коллегиальном органе управления, которая востребована в процессе выработки мероприятий по воздействию на риски.

Риск, согласно РМВОК<sup>®</sup>, определяется тремя факторами:

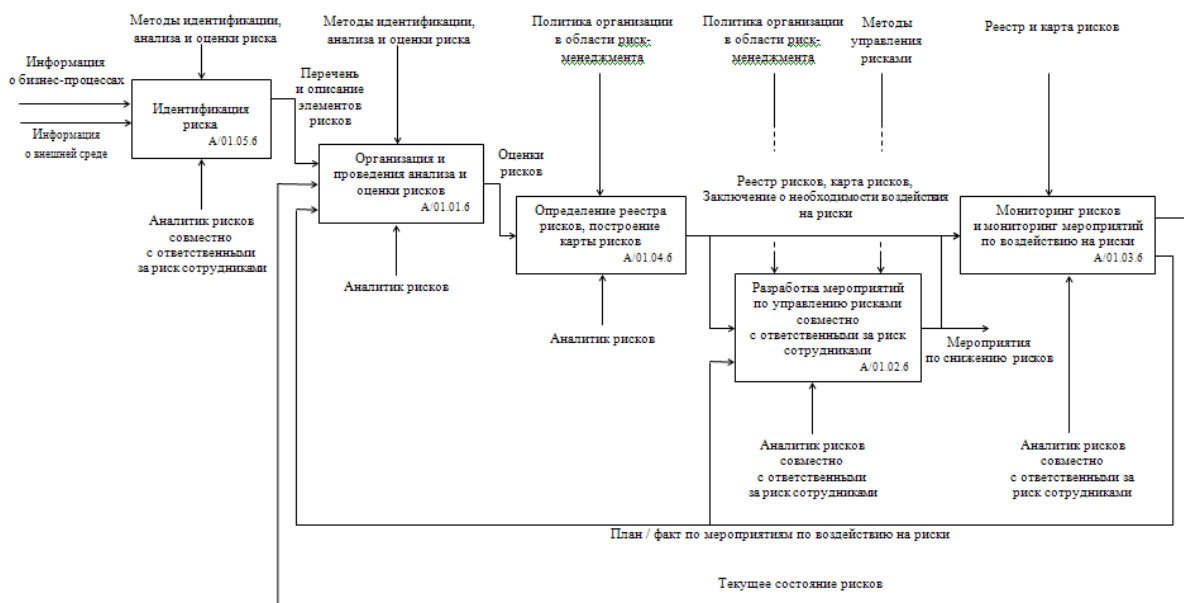
1) рисковогото события (risk event, согласно ISO 31000: 2018 речь идет о любых событиях, способных повлиять на цели организации),

2) вероятность риска (probability of risk, который согласно международному стандарту по риск-менеджменту ISO 31000: 2018 рекомендовано называть likelihood, то есть речь не идет только о количественных оценках, описывающих возможность наступления случайных событий),

3) последствия (amount of risk) в случае наступления рисковогото события.

Для того чтобы перейти к процессу «анализа и оценки рисков» необходимо сначала эти риски идентифицировать, понять, с каким именно риском столкнулась организация или может столкнуться в будущем и насколько он опасен в конкретном случае.

Рассмотрим подробно процесс идентификации, анализа, оценки рисков и выработки мероприятий по воздействию на риск (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Бизнес-процесс идентификации, анализа, оценки рисков и выработки мероприятий по воздействию на риск, формализованный в нотации IDEF0 [2]**

Анализ рисков должен осуществляться в отношении каждого выявленного рискового события с позиции двойственности факторов риска: вероятность наступления рискового события и последствия в случае их наступления. Оценку рисков целесообразно выполнять с позиции сочетания рискообразующих факторов и учитывать политику организации в области риск-менеджмента.

После того, как риски распознаны, проанализированы и оценены, необходимо создать реестр рисков и построить карту рисков в соответствии с согласованной реакцией на риски. В риск-менеджменте существует несколько общепринятых стратегий реагирования на риски: принятие, снижение, передача и отказ (Таблица 1).

**Таблица 1. Соответствие уровней риска и реакций на них**

№	Уровень риска (категория риска)	Реакция на риски	Примеры методов управления рисками
1	Низкий	Принятие риска	Резервирование
2	Средний	Управление рисками	Хеджирование и др.
3	Высокий	Передача риска	Страхование, диверсификация, привлечение новых партнёров
4	Очень высокий	Отказ от риска	Отказ от участия в проекте, отказ от поставщика и т.п.

Набор правил реагирования на риски должен предусматривать всевозможное сочетание возможности наступления событий и их последствий. Например, если риски возможны, а

последствия существенные, то необходимо передать эти риски страховой организации. Подобные правила могут быть, и не прописаны непосредственно в политике риск-менеджмента организации, а могут находиться в локальных нормативных документах организации, как часть приложений к ней.

План реагирования на риски будет показывать, какие методы (см. таблицу 1) к каким рисковому событиям целесообразно применять и надо ли применять вообще. Именно поэтому процесс разработки мероприятий по управлению рисками идет параллельно (см. рисунок 1). В случае низкого уровня рисков можно сразу переходить к мониторингу рисков, в противном случае – мониторингу рисков и мониторингу мероприятий по воздействию (реагированию) на риски.

Правила реагирования на риски могут быть прописаны как вербально (аналогично тексту выше) с указанием конкретных критериев отнесения рисков к тем или иным категориям «возможностей» и «последствий», так и в виде матрицы реагирования на риски (Рисунок 2).

	<b>Возможности:</b>				
	4 – отказ	4 – отказ	3 – передача	3 – передача	4 – ожидаемые события
	4 – отказ	3 – передача	2 – снижение	2 – снижение	3 – частые события
	4 – отказ	3 – передача	2 – снижение	1 – принятие	2 – редкие события
	3 – передача	3 – передача	2 – снижение	1 – принятие	1 – крайне редкие события
<b>Последствия:</b>	4 – катастрофические	3 – критические	2 – существенные	1 – приемлемые	

**Рисунок 2. Пример матрицы реагирования на риски**

Одной из ключевых проблем при попытке формализации подобного набора правил является согласование мнений всех лиц, участвующих в управлении организацией. С одной стороны, лица, отвечающие за определенный круг вопросов, могут иметь собственные отличающиеся друг от друга представления о том, как необходимо реагировать на риски. Например, директор по информационным технологиям (CIO) может иметь отличное представление от мнения директора по финансам (CFO), а тот, в свою очередь, отличное от мнения директора по производству (CPO) и т.д. С другой стороны, не исключен случай личной заинтересованности отдельных членов коллегиального органа управления в формировании выгодной им политики риск-менеджмента. Например, с целью увеличения бюджета на противодействие каким-либо рискам.

Для согласования единой политики риск-менеджмента и исключения ситуации манипулирования со стороны любого члена коллегиального органа предлагается

использовать матричный анонимный обобщенный медианный механизм (МАОММ) [3], который относится к классу неманипулируемых механизмов планирования.

Стоит признать, что есть исследования (например, [4]), в которых критикуется использование матриц риска. В данной же работе речь идет не об оценке рисков на основе матриц риска, а прежде всего о том, что в виде матрицы можно представить сформулированные руководством организации правила реагирования на риски.

### **Библиографический список**

1. *Алексеев А.О.* Согласование политики риск-менеджмента организации при коллективном органе управления // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: материалы VII Междунар. молодеж. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Изд-во «Научная книга», 2018. – С. 3-8.
2. *Алексеев А.О., Князева А.И., Мироненко Е.Ю.* Анализ профессионального стандарта «Специалист по управлению рисками» // *Master's Journal*. – 2018. – № 1. – С. 128-138.
3. *Алексеев А.О.* Неманипулируемость механизма комплексного оценивания при определении матрицы свертки с помощью матричного анонимного обобщенного медианного механизма // Математика и междисциплинарные исследования – 2018: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием – Пермь: Perm University Press, 2018. – С. 144-147.
4. *Thomas Ph., Bratvold R.B., Bickel J.E.* The risk of using risk matrices // *SPE Economics & Management*. – 2014. – pp. 56 – 66.

### **ROLE AND PLACE OF COORDINATION OF THE RISK MANAGEMENT POLICY IN CASE OF COLLEGIAL MANAGEMENT BODY**

*Alekseev Alexander O.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
alekseev@cems.pstu.ru

The management organization body may consist of the few decision makers. It makes necessary the coordination of their opinions including case of development a risk management policy. The approach to the coordination a risk matrix is illustrated. The risk matrix is describing responses to the effects on risks in all possible combinations of risk factors: the likelihood of the risk event (risk probability) and amount of risk (consequences in case of its event occurrence). In order to exclude the situation of manipulation by any member of the collegial body (decision makers), it is proposed to use a matrix anonymous generalized median scheme for coordination, because median scheme belongs to the class of non-manipulated planning mechanisms.

Keywords: risk-management, management organization body, coordination of interests, strategy-proof mechanism

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

*Антоненко Анастасия Романовна, Кычкин Алексей Владимирович*

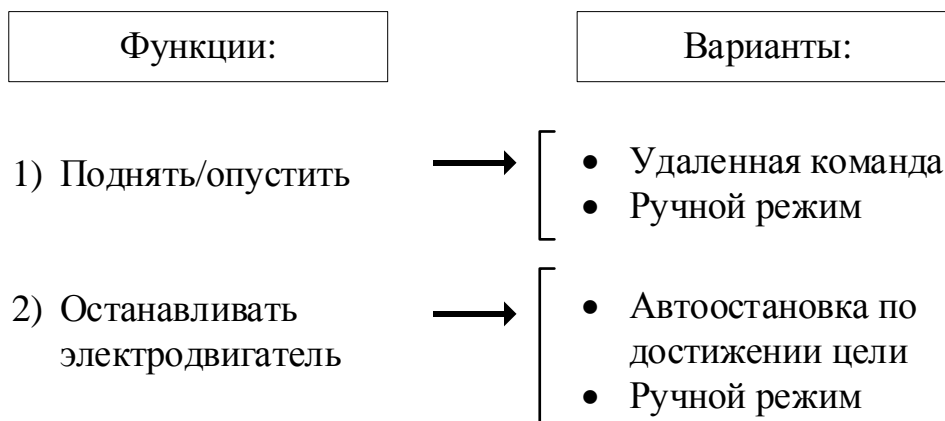
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 61060, Россия,  
г. Пермь, ул. Бульвар Гагарина, 37а, arantonenko@edu.hse.ru

Описывается решение задачи по разработке программного обеспечения для системы управления исполнительным механизмом на основе технологий Интернета Вещей. Описываются функции электродвигателя постоянного тока, работоспособность объекта демонстрируется с использованием облачной платформы Интернета Вещей. Приводится общая временная диаграмма алгоритма управления с пояснением. Приводится описание сценариев использования объекта, демонстрируется разнообразие применимости разработанного программного обеспечения. Обозначены выводы, результаты разработки и пути наращивания функций системы. Приводится фотография опытного образца, перечисляются использованные при разработке физические компоненты. Система управления выполнена на базе контроллера Arduino Uno, который представляет собой плату смонтированных на ней электронных компонентов под управлением микроконтроллера ATmega328. Связь с сервером обеспечивается с помощью wi-fi модема. Исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки Пермского филиала НИУ ВШЭ «Исследование методов управления в киберфизических системах».

Ключевые слова: Умный офис, Интернет Вещей, Ардуино, облачные платформы.

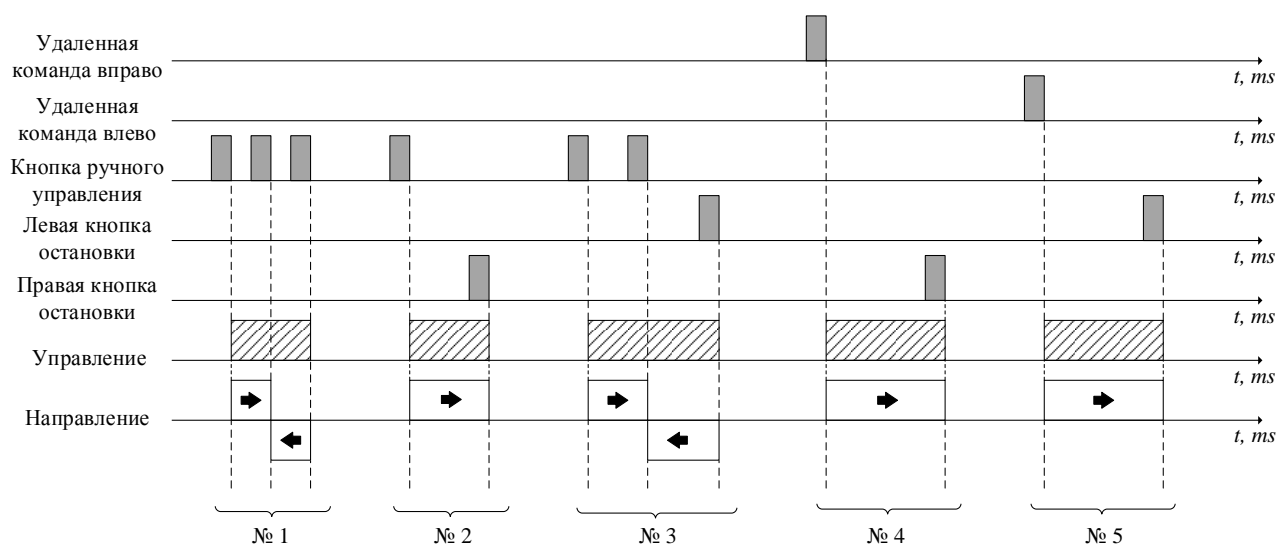
«Умные вещи» представляют собой привычные предметы повседневной жизни с расширенной функциональностью и является частью проекта «Умный город». Весь проект направлен на автоматизацию деятельности городских служб, повышение комфорта и безопасности городской среды и предоставление возможности удаленного управления вещами пользователей. Объекты с электродвигателем являясь частью названного проекта преследует те же цели. Термины «объект» и «умная вещь» считаются взаимозаменяемыми.

Функции объектов с электродвигателем, как и у обычных вещей, – это открывать и закрывать, поднимать и опускать, а также перемещать что-либо. Пользователь может отправить команду удаленно, то есть нажав переключатель на подключенной к объекту интернет-платформе; а также предусмотрен ручной режим для случаев перебоев с подключением к интернету. На рисунке 1 представлена описанная схема управления объектом.



**Рисунок 1. Функции и схема управления «Умной вещью» с электродвигателем**

На схеме, представленной выше, можно видеть, что отдельно вынесен процесс остановки электродвигателя. Под этим имеется в виду то, что, подав сигнал на, например, открытие чего-либо, микроконтроллер получает информацию о направлении движения и команду на запуск. Остановка же электродвигателя происходит тогда, когдадвигаемый предмет достиг пункта назначения (и задел находящуюся там кнопку, например). На рисунке 2 представлена временная диаграмма, отображающая все сценарии использования.



**Рисунок 2. Временная диаграмма, отображающая сценарии работы объекта с электродвигателем**

Далее следует описание сценариев.

Сценарий № 1: Включили и выключили вручную;

Сценарий № 2: Включили вручную, электродвигатель выключился по достижении стены.

Сценарий № 3: Включили вручную, нажали кнопку еще раз для смены направления вращения электродвигателя, мотор выключился по достижении другой стены;

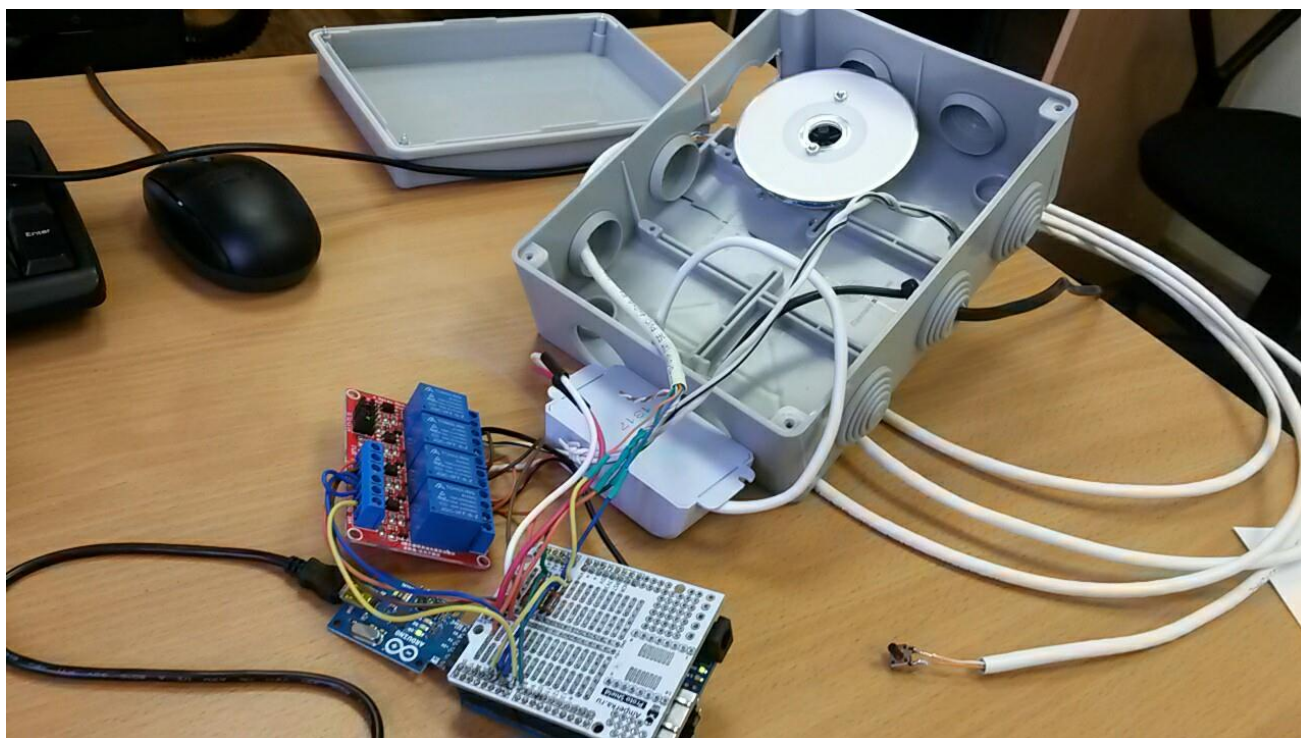
Сценарий №4: С облачной интернет-платформы послали команду на открытие чего-либо (окна, двери, ворот и пр.), электродвигатель остановился по достижении пункта назначения;

Сценарий № 5: С облачной интернет-платформы послали команду на закрытие чего-либо, мотор остановился по достижении пункта назначения.

В процессе разработки использовалась Arduino IDE в качестве среды разработки и облачная платформа для IoT проектов. Состав опытного образца представлен ниже:

1. Комплект дисков.
2. Мотор.
3. 4x реле.
4. Arduino Uno.
5. Блок питания 12 v.
6. Макетная плата.
7. Резисторы, провода, кнопки.
8. Модуль wi-fi.

На рисунке 3 вы можете видеть разработанный объект изнутри.



**Рисунок 3. Состав объекта управления с электродвигателем.**

В процессе разработки было выявлено, что созданное программное обеспечение может быть использовано для любого типа транспортеров – для конвейерных лент на заводах, для движущихся лент в ресторанном бизнесе (например, кайтен-суши), для различных тросов (управление лифтами, подъемниками и пр.). В этом заключается универсальность и междисциплинарность разработанного программного обеспечения.

В качестве полученных результатов можно отметить следующее:

Разработано программное обеспечение для Arduino, с использованием которого можно управлять подъемными, открывающими и перемещающими объектами.

Выполнено подключение объекта к облачной IoT платформе.

В качестве последующего расширения функций данного программно-аппаратного комплекса можно рассматривать добавление датчиков, использование протокола ZigBee для связи с сервером или другими вещами.

### **Библиографический список**

1. *Джеремии Блум* Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. С. 27-201.

## **ELECTRIC MOTOR MANAGEMENT SYSTEM SOFTWARE DEVELOPMENT BASED ON THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES**

*Antonenko Anastasiia R., Kychkin Aleksey V.*

National Research University Higher School of Economics, 37a, Boulevard Gagarina st., Perm, 61060, Russia, arantonenko@edu.hse.ru

The solution of software development task for actuator management system based on technologies of the Internet of Things is described. Functions and features of the DC motor are described, performance of the object is demonstrated with use of the cloud platform of the Internet of Things. The overall time diagram of control algorithm with an explanation is given. A description of the use case of the object is given, and the variety of applicability of the developed software is demonstrated. The findings of the research, results of development and ways to increase the functions of the system were outlined. A photo of preproduction model is given and components which was used in development process are listed. Management system is based on Arduino Uno controller, which is a board of electronic components mounted on it under control of ATmega328 microcontroller. Communication with server is provided using a wi-fi modem. Research done within priority direction development of science Perm campus of HSE “Research of management methods in cyberphysical systems”.

Keywords: Smart office, Internet of Things, Arduino, IoT Cloud Platform.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗИСА ГОМОДЕСМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИКИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Ахметьянова Альбина Ильшатовна*

Башкирский государственный университет, 450076, Россия, г.Уфа, ул. Заки Валиди, 32,  
ai-albina@mail.ru

В настоящей работе описано программное обеспечение для конструирования базиса гомодесмических реакций (ГДР), которое позволяет реализовать гомодесмический подход с целью расчета термодинамических параметров циклических химических соединений. Для ГДР выполняется совокупность следующих балансов – материального, связевого, изогирического, группового и энергетического баланса. Программа генерирует полный набор независимых гомодесмических реакций для исследуемого соединения и рассчитывает для него энтальпии образования. В работе приведены основные этапы построения программы, реализующей алгоритм определения базиса ГДР для органических соединений. На данный момент проведены расчеты энтальпий образования для тестового набора химических соединений различных классов. Для наглядности разработанного алгоритма в настоящей работе приведен пример определения базиса гомодесмических реакций для молекулы метиленициклобутан.

Ключевые слова: граф, матрица смежности, базис гомодесмических реакций, энтальпия образования, метиленициклобутан.

Целью нашей работы является разработка математического и программного обеспечения для определения термодинамических параметров органических соединений, с использованием современных представлений молекулярной энергетики [8]. Данные расчеты дают сравнительную оценку и позволяют найти оптимальные условия проведения реакции.

Ранее метод ГДР был применен в работах Хурсана С.Л., Исагиловой А.С. и др. [4-7, 9-10] для определения стандартной энтальпии образования ациклических неароматических соединений, представляющих классы спиртов, простых и сложных эфиров, карбонильных соединений. Результаты расчета оказались малочувствительны к уровню сложности квантово-химического метода. Это позволяет применить метод ГДР, разработать математическое и программное обеспечение для более сложных молекулярных систем, включающих в себя циклические соединения.

Ниже приведен пример циклического химического соединения и описаны подробные алгоритмы конструирования базиса ГДР, реализуемые на языке программирования Delphi. В качестве примера, на рисунке 1 представлено соединение метиленикклопропан ( $C_5H_8$ ). Применяя аддитивно-групповой метод Бенсона [1], получаем комбинацию из трех типов внутренних термодимических групп  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ . В данной молекуле присутствуют три типа химических связей:  $C-C$ ,  $C-H$  и  $C=C$ .

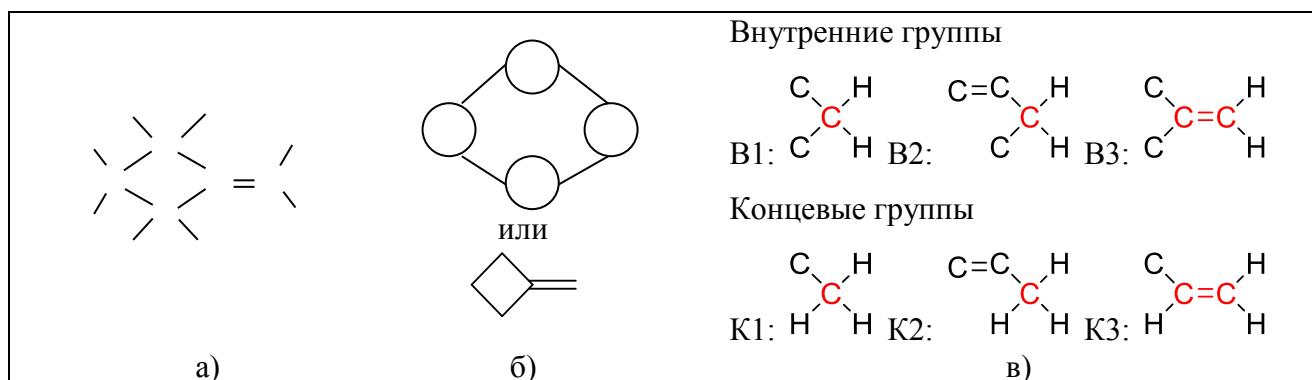


Рисунок 1 а) Молекула метиленикклобутан; б) Структурная формула молекулы и ее групповой состав; в) Внутренние группы  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_2$ , составляющие молекулу, и концевые группы  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  [3]

При выборе пользователем соединения, программа считывает с базы данных информацию о групповом составе и матрицу смежности. Здесь необходимо отметить, что нумерация столбцов или строк в матрице смежности соответствует нумерации группового состава в базе данных [2] (рисунок 2).

	j	1	2	3	4
i		$V_1$	$V_2$	$V_2$	$V_3$
1	$V_1$	0	1	1	0
2	$V_2$	1	0	0	1
3	$V_2$	1	0	0	1
4	$V_3$	0	1	1	0

Рисунок 2. Матрица смежности

Информация о групповом составе и матрица смежности в программе записываются в строковые переменные (рисунок 3).

<pre> Procedure Tform1.MatrInMass(S:string;   var m,n:integer; var MATR:mas); var i,j,k:integer; begin i:=1;k:=1;j:=1; while i&lt;=length(s) do begin if s[i]&lt;&gt;';' then begin matr[k,j]:=strtoint(s[i]); j:=j+1; end else begin n:=j;j:=1;k:=k+1; end; i:=i+1; end; m:=k-1;n:=n-1; end; </pre> <p style="text-align: center;">a)</p>	<pre> procedure Variant(m,l:integer; MATR:mas); var i,j,p,z:integer; ind:mas l; begin z:=0; for i:=1 to m-1 do for j:=i to m-1 do if matr[i,j]=1 then begin z:=z+1; ind[z,1]:=i; ind[z,2]:=j; end; for p:=1 to z do Combin(m,n,z,p,l,ind,MAT end; </pre> <p style="text-align: center;">б)</p>
--	--

Рисунок 3. а) Запись матрицы смежности в массив MATR; б) Процедура подсчета количества единиц в матрице смежности

В результате изучения данного примера циклического соединения метиленциклобутана ( $C_5H_8$ ) получены девять базисных гомодесмических реакций (рисунок 4).

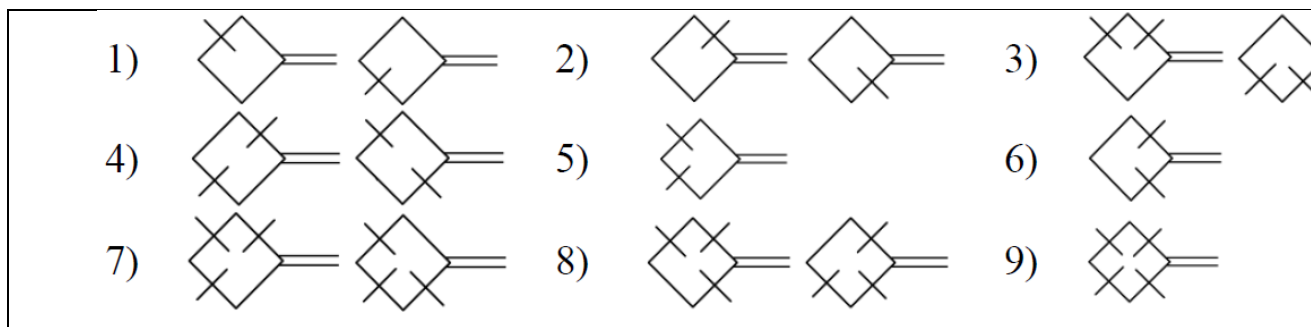


Рисунок 4. Базис гомодесмических реакций

Разрыв одной связи приводит к обнулению 2 единиц во всей матрице смежности. Следовательно, матрица смежности должна увеличиться на два столбца и на две строки, т.к. добавляются две концевые группы K1 и K2.

Реализация алгоритма конструирования базиса ГДР для циклического соединения на языке программирования включает в себя следующие этапы [2]:

Во-первых, необходим подсчет количества обнуленных единиц.

Во-вторых, следует определить номера присоединенных концевой группы. В случае разрыва связи между внутренними группами  $V_i$  и  $V_j$ , к внутренней группе  $V_i$  присоединяется концевая группа с индексом  $j$  ( $K_j$ ), а к  $V_j$  концевая группа с индексом  $i$  ( $K_i$ ).

В-третьих, совершить расширение матрицы смежности с учетом количества обнуленных единиц. В начале, программа расширяет матрицу и записывает в добавленные столбцы и строки массива Matr\_New нули. Затем, учитывая индексы обнуленных единиц, проставляются единицы соответствующие связи внутренней и концевой групп. Следует

отметить, что при обнулении одной единицы, к исходной матрице смежности должны быть присоединены еще 2 строки и 2 столбца соответственно.

Программное обеспечение реализовано на языке программирования Delphi. Применен специализированный метод перебора, основанный на рекурсии. Результат работы программы – базис ГДР, соответствующие энтальпии образования исследуемого химического соединения, отклонение расчетных данных от экспериментальных. Вся информация о структуре, составе и энергетических характеристиках химического соединения хранится в реляционной базе данных SQLite.

### Библиографический список

1. Бенсон, С.У. Термохимическая кинетика / С.У. Бенсон // Москва: Мир. 1971. 308 с.
2. Зиганшина Ф.Т., Ахметьянова А.И., Исмагилова А.С., Хурсан С.Л., Ахмеров А.А. Теоретико-графовый метод определения гомодесмических реакций для циклических химических соединений // Системы управления и информационные технологии. 2018. Т.74. №4. С. 72-77.
3. Оре, О. Графы и их применение. – М.: КомКнига, 2006. – 168 с.
4. Хурсан, С.Л. Учет внутримолекулярных невалентных взаимодействий в методе аддитивности термохимических инкрементов. Сравнительный анализ методов расчета энтальпий образования // Башкирский химический журнал. 1997. Т.4. №1. С.37-41.
5. Хурсан С.Л. Сопоставительный анализ теоретических методов определения термохимических характеристик органических соединений // Вестник Башкирского университета. 2014. Т.19. №2. С.395–401.
6. Хурсан С.Л., Исмагилова А.С., Ахмеров А.А., Спивак С.И. Конструирование гомодесмических реакций для расчета энтальпий образования органических соединений // Журнал физической химии. 2016. Т.90. №4. С.569–575.
7. Хурсан, С.Л., Исмагилова А.С., Ахметьянова А.И. Определение базиса гомодесмических реакций циклических органических соединений с использованием теории графов // Журнал физической химии. 2018. Т92, №7 С. 1076-1085.
8. Сталл, Д., Вестрам Э., Зинке Г. Химическая термодинамика органических соединений // М.: Мир, 1971. 808 с.
9. Khursan S.L., Ismagilova A.S., Akhmetyanova A.I. Determining the basis of homodesmotic reactions of cyclic chemical compounds // Doklady Physical Chemistry, 2018. Т. 92. № 7. P. 1312-1320.

10. *Khursan S.L., Ismagilova A.S., Spivak S.I.* Graph Theory Method for Determining the Basis of Homodesmic Reactions for Acyclic Chemical Compounds // *Doklady Physical Chemistry*. 2017. V.474. Part.2. P.99-102.

## **MODELING THE BASIS OF HOMODESMIC REACTIONS FOR THERMOCHEMICAL ANALYSIS OF ENERGY OF CHEMICAL COMPOUNDS**

*Akhmetyanova Albina I.*

Bashkir State University, 32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia, ai-albina@mail.ru

This paper describes software for constructing a basis for homodesmic reactions (GDR), which allows one to implement a homodesmic approach in order to calculate the thermodynamic parameters of cyclic chemical compounds. For the GDR, a set of the following balances is performed — material, bond, isogyric, group, and energy balance. The program generates a complete set of independent homodesmic reactions for the compound under study and calculates the formation enthalpies for it. The paper presents the main stages of building a program that implements an algorithm for determining the basis of the GDR for organic compounds. At the moment, calculations of the enthalpies of formation for the test set of chemical compounds of various classes have been carried out. For clarity, the developed algorithm in this paper provides an example of determining the basis of homodesmic reactions for the methylenecyclobutane molecule.

**Keywords:** graph, adjacency matrix, basis of homodesmic reactions, formation enthalpy, methylenecyclobutane.

## **ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Бекмансуров Марат Рамильевич, Бояршинова Ирина Николаевна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, bekmansurov@list.ru

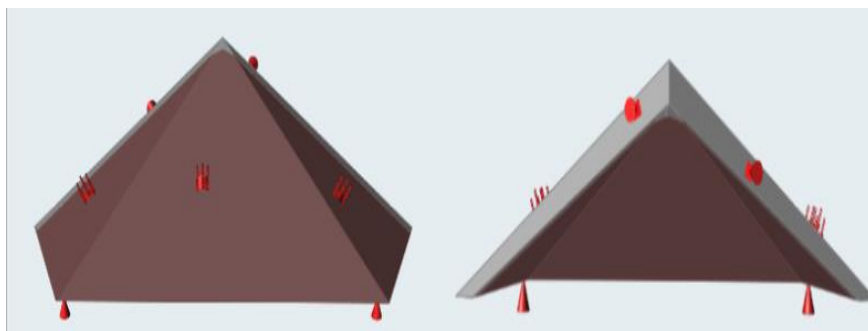
В рамках работы была сформулирована методика решения задач оптимизации в два этапа: топологической и параметрической оптимизации. Топологическая оптимизация проводилась с помощью пакета SolidThinking Inspire. Этап параметрической оптимизации выполнялся в пакетах Solidworks и Ansys Mechanical APDL с дополнительным написанием кода метода Нелдера-Мида. Для тестирования разработанной программы метода Нелдера-Мида была решена модельная задача оптимизации в пакете Ansys Mechanical APDL. Разработанная методика применена к оптимизации заданной строительной конструкции.

Ключевые слова: топологическая и параметрическая оптимизация, метод Нелдера-Мида, балочная конструкция.

В настоящий момент в производстве весьма актуально использование различных методов оптимизации, позволяющих заметно снизить затраты на производство, не изменяя механические свойства модели, но заметно снижая ее исходную массу. Каждый из методов оптимизации имеет свои преимущества и недостатки. Для исключения или снижения влияния недостатков, предлагается последовательное использование двух различных методов: топологической и параметрической оптимизации.

Целью данной работы является решение задачи поиска оптимальных форм и размеров строительной конструкции минимального веса с использованием двухэтапной методики оптимизации [1, 2].

Дана трехмерная конструкция, жестко закрепленная на задней стенке под действием распределенного давления, общий вид которой представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1. Общий вид конструкции до оптимизации**

Дана трехмерная конструкция, находящаяся под действием распределенного давления, общий вид которой представлен на рисунке 1.

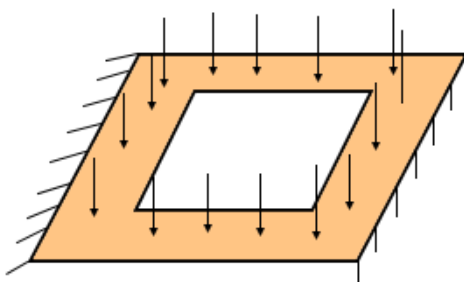
Требуется создать конструкцию из балок, которая должна обладать минимальным собственным весом, но оставаться работоспособной под действием заданных нагрузок.

Двухэтапная методика оптимизации заключается в том, что на первом этапе выполняется топологическая оптимизация [1], позволяющая выявить места расположения балок в конструкции. На втором этапе методами параметрической оптимизации [1-3] определяются оптимальные размеры балок, составляющих конструкцию.

Математическая постановка задачи оптимизации подробно описана в статье [1]. Топологическая оптимизация проводится в пакете SolidThinking Inspire.

В качестве тестовой задачи для этапа параметрической оптимизации рассмотрим оптимизацию квадратной пластины с вырезом, жестко закрепленной по двум параллельным сторонам. На верхнюю грань действует давление. Будем искать геометрические размеры пластины наименьшего веса в двух программных пакетах: SolidWorks и Ansys Mechanical APDL с написанием программы алгоритма Нелдера-Мида.

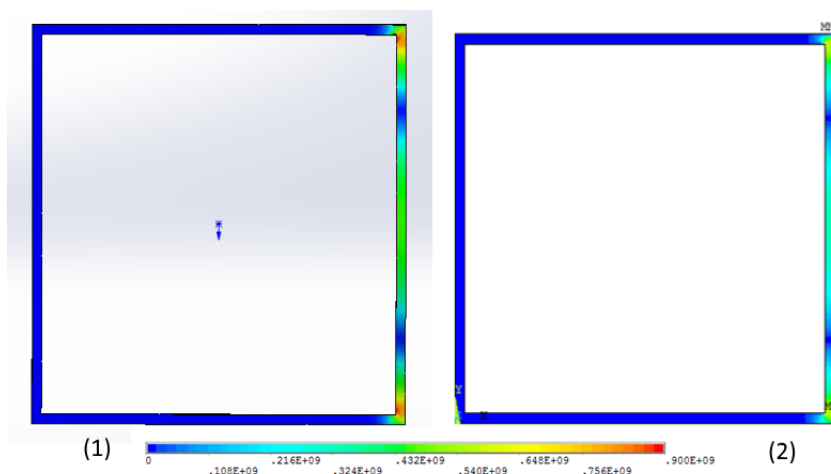
Покажем на рисунке 2 схему нагружения пластины.



**Рисунок 2. Схема нагружения пластины**

Параметрами оптимизации являются:  $h$  – сторона выреза пластинки,  $t$  – толщина пластинки. В качестве ограничения принята максимальная интенсивность напряжений в пластине.

На рисунке 3 показаны напряжения в пластине, полученные после параметрической оптимизации в SolidWorks (1) и Ansys Mechanical APDL (2).



**Рисунок 3. Напряжения в оптимизированной пластине**

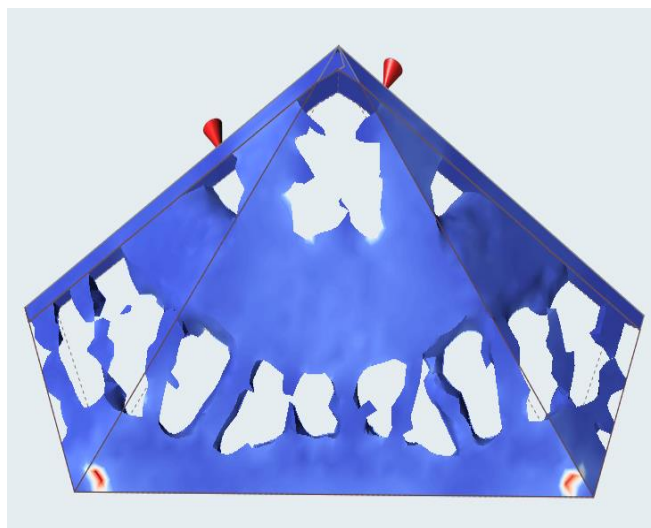
Результаты параметрической оптимизации физически соответствуют поставленной задаче. Оптимизация, выполненная в пакете Ansys Mechanical APDL, привела к меньшим значениям напряжений при меньшем оптимальном весе пластины. Следовательно, написанная самостоятельно программа метода Нелдера-Мида имеет преимущество по сравнению с методами параметрической оптимизации, встроенными в пакет SolidWorks.

Для поставленной задачи параметрической оптимизации балочной конструкции решение первоначально проводилось в пакете SolidWorks.

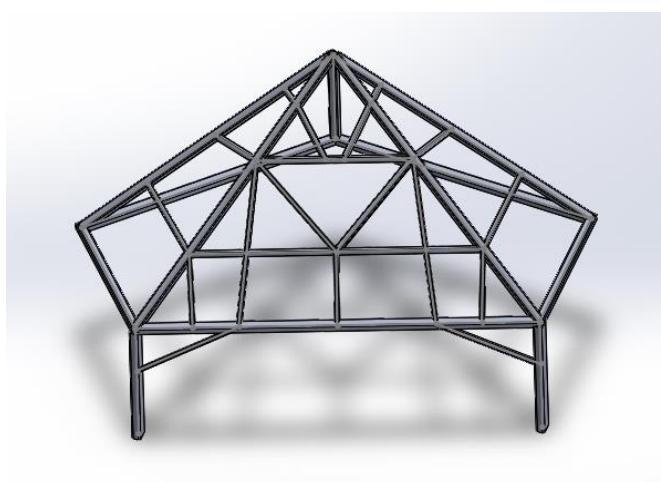
В качестве параметров оптимизации выбраны переменные, определяющие расположение поперечных балок на средней грани. В качестве ограничений заданы максимальные перемещения и максимальная интенсивность напряжений. Целевой функцией выступает масса конструкции, которую требуется минимизировать.

На рисунках 4 и 5 показаны конструкция после топологической оптимизации и конструкция после второго этапа, параметрической оптимизации.





**Рисунок 4. Конструкция после топологической оптимизации (сохранено 85% первоначального объема)**



**Рисунок 5. Конструкция после этапа параметрической оптимизации**

По итогам работы можно сделать следующие выводы. В ходе работы была найдена оптимальная форма конструкции минимального веса, удовлетворяющей ограничениям на напряженио-деформированное состояние. После последовательного применения топологической и параметрической оптимизации масса конструкции снизилась в 150 раз. Решение тестовой задачи показало преимущество метода Нелдера-Мида перед методами параметрической оптимизации, встроенными в пакет SolidWorks.

### Библиографический список

1. *Бояринова И. Н., Бекмансуров М. Р.* Оптимальное проектирование деталей рамных конструкций // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 102-105.
2. *Бояринова И. Н., Ильиных М. С.* Двухэтапная методика оптимального проектирования деталей с целью снижения веса // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 106-109.
3. *Бояринов М.Г., Бояринова И.Н., Потапова И.А., Исмагилов Т.Р.* Оптимизация цикла работы светофора на регулируемом перекрестке // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3 (27). С. 85-93.

### TWO-STEP METHOD OF OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION STRUCTURES

*Bekmansurov Marat R., Boyarshinova Irina N.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
bekmansurov@list.ru

As part of the work, a methodology was developed for solving optimization problems in two stages: topological and parametric optimization. Topological optimization was carried out using the package SolidThinking Inspire. The parametric optimization stage was performed in Solidworks and Ansys Mechanical APDL packages with additional writing of the Nelder-Mead method code. To test the developed program of the Nelder-Mead method, a model optimization problem was solved in the Ansys Mechanical APDL package. The developed technique is applied to the optimization of a given building structure.

Keywords: topological and parametric optimization, Nelder-Mead method, beam construction.

## ДЖЕММИНГ К-МЕРОВ РАЗНОЙ ФОРМЫ НА КВАДРАТНОЙ РЕШЕТКЕ

*Боков Кирилл Александрович, Бузмакова Мария Михайловна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, cyrilevel@rambler.ru

В настоящей работе предложена и исследована математическая и компьютерная модель джемминга  $k$ -меров разной формы на квадратной решетке.  $k$ -мер представляет собой  $k$  подряд занятых узлов в горизонтальном или вертикальном направлении.  $k$ -меры равномерно распределены по всей решетке. Рассмотрены два случая: в первом  $k$ -меры линейные, во втором – нелинейные, то есть могут иметь изгибы по краям и в середине.  $k$ -меры не могут пересекаться между собой. Горизонтальные и вертикальные ориентации  $k$ -меров равновероятны. При моделировании используются периодические граничные условия. Координатами начала  $k$ -мера и его ориентация являются случайно сгенерированные числа. Получены значения порога джемминга при различных значениях длины  $k$ -мера и доли нелинейных  $k$ -меров. Результаты для первого случая совпадают с результатами других исследователей, результаты для второго случая являются новыми и оригинальными.

Ключевые слова: математическое и компьютерное моделирование, джемминг,  $k$ -мер.

### Введение

При построении перколяционных моделей интересен вопрос о максимально возможном случайном заполнении рассматриваемой системы объектами – джемминге. Различными авторами получены значения порогов джемминга для некоторых перколяционных решеточных и континуальных задач [6-7].

В настоящей работе предложена и исследована математическая и компьютерная модель джемминга  $k$ -меров разной формы на квадратной решетке.

### Постановка задачи и методы моделирования

В рамках предложенной модели джемминга  $k$ -меров разной формы на квадратной решетке  $k$ -мер представляет  $k$  подряд занятых узлов решетки в одном направлении (горизонтальном или вертикальном). Горизонтальные и вертикальные ориентации  $k$ -меров равновероятны.  $k$ -меры равномерно распределены по всей решетке. Рассмотрены два случая: в первом  $k$ -меры линейные, во втором – нелинейные, то есть могут иметь изгибы по краям и в середине. Координатами начала  $k$ -мера и его ориентация являются случайно сгенерированные числа. При моделировании использованы периодические граничные условия. Математически модель можно представить в виде

$$M = \langle L, Z_n, k, pn, K \rangle ,$$

где  $L$  – линейный размер квадратной решетки,  $Z_n = \{x_i, y_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  – множество пар координат начала  $k$ -мера,  $k$  – длина  $k$ -мера,  $pn$  – доля нелинейных  $k$ -меров,  $K$  – количество испытаний. Рассмотрены нелинейные  $k$ -меры двух форм (могут иметь изгибы по краям и в середине – рисунок 1).

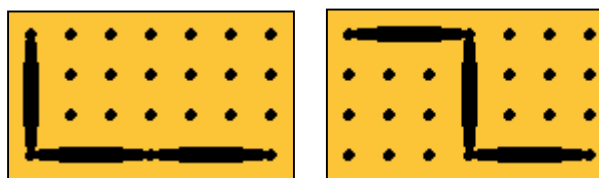


Рисунок 1. Нелинейные  $k$ -меры

Моделирование проводилось с использованием методов Монте-Карло. Для реализации модели была написана программа с пользовательским интерфейсом на языке программирования C#. Для максимального заполнения решетки  $k$ -мерами был разработан алгоритм, работающий следующим образом:

1. Генерируется направление и тип  $k$ -мера .
2. Генерируются координаты начала  $k$ -мера (пара целых чисел  $i$  и  $j$ , где  $1 \leq i \leq L$  и  $1 \leq j \leq L$ ,  $L$  – линейный размер решетки).
3. Производится попытка упаковать сгенерированный  $k$ -мер:
  - а) если при проверке узлов, все оказываются свободными, они помечаются как занятые, и текущий  $k$ -мер считается упакованным;
  - б) иначе текущий  $k$ -мер отвергается, и производится попытка разместить его с другими координатами – переход к пункту 2.
4. Случайное распределение  $k$ -меров происходит до тех пор, пока количество попыток упаковать  $n$ -ый  $k$ -мер не превысит числа  $L$ ,  $L \cdot \sqrt{L}$ ,  $L \cdot L$  – выбранной сложности упаковки.
5. Каждый узел  $[i][j]$  решетки проверяется, является ли он свободным:
  - а) если узел свободен, то генерируется направление и тип  $k$ -мера и производится попытка упаковать  $k$ -мер в узле  $[i][j]$ ;
  - б) если упаковка не удалась, то производится другая попытка – разместить  $k$ -мер с другим направлением или типом.

Результатом работы программы являются текстовые файлы с данными по максимально полученной концентрации  $k$ -меров для каждого испытания и среднего значения концентрации  $k$ -меров для каждого набора параметров модели.

При компьютерном моделировании определяются пороги джемминга для решеток конечного размера  $L$ . Однако эти значения порогов идентичны со значениями для случая бесконечных систем (до некоторого знака).

### Результаты и обсуждение

Получены результаты моделирования для двух случаев: в первом  $k$ -меры линейные (рисунок 2, таблица 1), во втором – нелинейные (рисунок 3, таблица 2). Результаты для первого случая совпадают с результатами других исследователей [6-7], результаты для второго случая являются новыми и оригинальными.

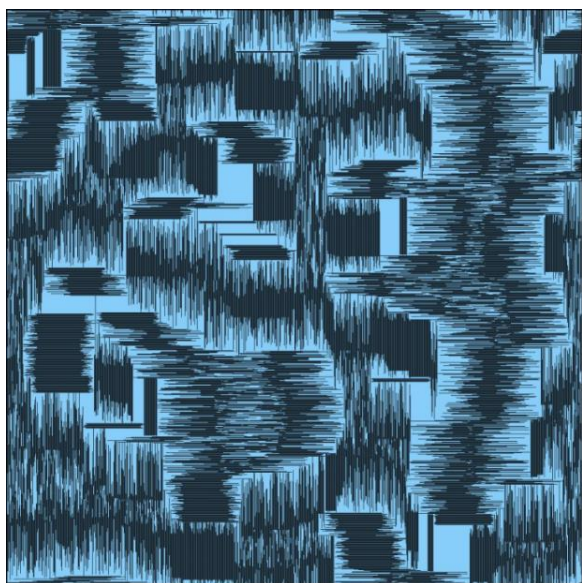


Рисунок 1.  $L=1000, k=100, pn=0\%$

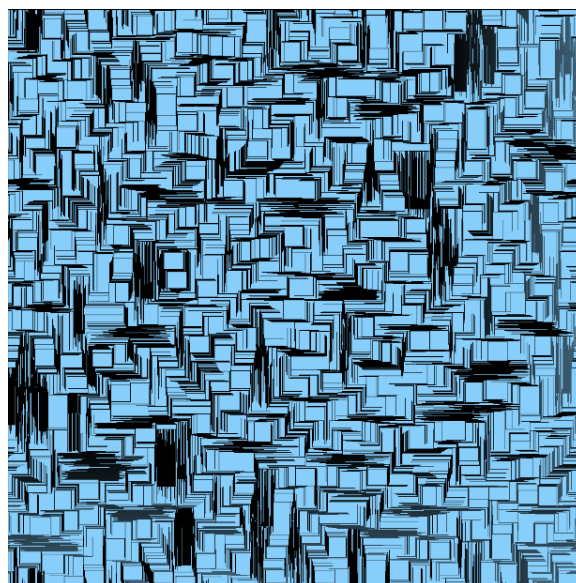


Рисунок 2.  $L=1000, k=100, pn=75\%$

Таблица 1. Значения порога джемминга линейных  $k$ -меров на квадратной решетке

$-k$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_j$	90,682	84,658	81,039	78,662	76,986	75,739	74,773	74,000	73,365
$k$	11	16	32	64	100	128	256	384	512
$P_j$	72,835	71,088	68,925	67,611	67,030	66,826	66,321	66,138	66,055

Таблица 2. Значения порога джемминга нелинейных  $k$ -меров на квадратной решетке

$k \backslash pn$	10	19	28	37	46	55	64	73	82	91	100	118	136	154	172	190	199
0	0,7337	0,7043	0,6923	0,6856	0,6813	0,6781	0,6759	0,6741	0,6724	0,6714	0,6703	0,6687	0,6675	0,6664	0,6656	0,6649	0,6646
25	0,7134	0,6388	0,6034	0,582	0,5672	0,5564	0,548	0,5411	0,5355	0,5306	0,5266	0,5197	0,5147	0,5105	0,5067	0,5038	0,5024
50	0,6706	0,5792	0,5356	0,5091	0,4908	0,4771	0,4665	0,4578	0,4506	0,4447	0,4394	0,4307	0,4236	0,4183	0,4132	0,409	0,4075
75	0,6379	0,5339	0,484	0,4535	0,4323	0,4163	0,404	0,3937	0,3852	0,378	0,3715	0,3614	0,3531	0,3457	0,3397	0,3349	0,3322
100	0,6132	0,4983	0,4427	0,4083	0,3843	0,3662	0,3518	0,3401	0,3303	0,3217	0,3144	0,3019	0,292	0,2836	0,2765	0,2702	0,2673

### Библиографический список

1. *Silva J., Ribeiro S., Lanceros-Mendez S., Simões R.* The influence of matrix mediated hopping conductivity, filler concentration, aspect ratio and orientation on the electrical response of carbon nanotube/polymer nanocomposites // *Composites Science and Technology*. 2011. V. 71. P. 643-646.
2. *Heng Gul, Jiaojiao Wang, Choongho Yu.* Three-dimensional Modeling of Percolation Behavior of Electrical Conductivity in Segregated Network Polymer Nanocomposites Using Monte Carlo Method [Электронный ресурс] URL: <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/am> (дата обращения: 11.09.2017)
3. *Гельгор А. Л.* Методы моделирования случайных величин и случайных процессов. СПб.: Издательство политехнического университета. 2012
4. *Боков К. А., Бузмакова М. М.* Компьютерное моделирование перколяции  $k$ -меров на квадратной решетке // *Вестник Пермского университета*. 2017.
5. *Бузмакова М. М.* Компьютерное моделирование континуальной перколяции сфер и эллипсоидов с проницаемыми оболочками // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Астрахань, 2013. 168 с.
6. *M. G. Slutskaa, L. Yu. Barash, Yu. Yu. Tarasevich.* Percolation and jamming of random sequential adsorption samples of large linear  $k$ -mers on a square lattice.
7. *N. Vandewalle, S. Galam, and M. Kramer,* A new universality for random sequential deposition of needle, *Eur. Phys. J. B* 14, 407–410, 2000.

## THE JAMMING OF THE K-MERES OF DIFFERENT FORM ON THE SQUARE LATTICE

*Bokov Kirill A., Buzmakova Mariya M.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, cyrilevel@rambler.ru

In the present work the mathematical and computer model of the jamming of the  $k$ -meres of different form on the square lattice are proposed and investigated.  $k$ -mer is  $k$  neighboring occupied nodes in the horizontal or vertical direction.  $k$ -meres are uniformly distributed on the lattice. Two cases are considered: in the first  $k$ -meres are linear, in the second – nonlinear, that is, they can have curves at the edges and in the middle.  $k$ -meres cannot overlap. The horizontal and vertical orientations of  $k$ -meres are equally probable. Periodic boundary conditions are used in the simulation. The coordinates of the beginning of the  $k$ -mer and its orientation are randomly generated numbers. The values of the jamming threshold for different values of the length  $k$ -mer and the proportion of non-linear  $k$ -meres are obtained. The results for the first case coincide with the results of other researchers, the results for the second case are new and original.

Keywords: the mathematical and computer modeling, the jamming, the  $k$ -mer

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙНА ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

*Бондаренко Анна Сергеевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия, г. Пермь, Студенческая д. 38, [annpostanogova@yandex.ru](mailto:annpostanogova@yandex.ru)

В данной статье показаны результаты анализа электронного курса на соответствие требований к дизайну. Целью анализа является выявление того, как теоретические знания при проектировании дизайна электронного курса могут быть использованы на практике. Рассматриваемый курс знакомит сотрудников с новыми продуктами компании, которые им впоследствии нужно будет продавать. Он выполнен в формате интерактивной презентации и взят с сайта крупной компании по разработке ПО и курсов для онлайн-обучения. В статье иллюстрируется пересечение требований к педагогическому дизайну и юзабилити курса. Результатом работы является общий список требований, который может помочь в проектировании и тестировании электронного курса.

Ключевые слова: дизайн электронных курсов, педагогический дизайн, юзабилити, пользовательский интерфейс, формирование требований, проектирование интерфейса.

Проектирование дизайна курса является сферой исследования на стыке педагогики и информационных технологий. С одной стороны, электронный курс – это продукт педагогического труда, так как он позволяет передавать знания от преподавателя к обучаемому с целью формирования новых навыков и умений (педагогический дизайн). С другой стороны, это информационный продукт, к которому предъявляются требования к пользовательскому интерфейсу (UX) и удобству использования (usability). Пересечение этих двух областей также подтверждает Курносова, подчеркивая, что веб-дизайн выступает в роли помощника для реализации методической теории в сети Интернет [7].

Роль педагогического дизайна в электронных курсах уже признана давно. Кречетников в своем исследовании приводит множество примеров, повествующих о том, что грамотно построенная с помощью информационных технологий образовательная среда помогает повысить эффективность обучения и заинтересованность в дальнейшем саморазвитии учащихся [6].

С самого развития таких понятий как педагогический дизайн и пользовательский интерфейс, накопилось множество теории о том, как должен быть спроектирован дизайн для того, чтобы приносить максимальную пользу [1, 2, 5, 6, 7, 9, 10]. Поэтому целью данной



работы является выявление основных требований к дизайну курсов и их реализация в современных электронных курсах. Объектом исследования являются электронные курсы. Предметом является дизайн электронных курсов. Решение данной задачи позволит составить список для самопроверки при проектировании и тестировании дизайна курса.

Дизайн электронного курса оказывает влияние на мотивацию, скорость восприятия материала, утомляемость и на другие значимые показатели [6]. Поэтому к разработке такого образовательного продукта необходимо подходить поэтапно и при этом соблюдать выполнение соответствующих требований. Данные факторы были изучены в теории термина педагогический дизайн разными учеными: начиная с работ Роберта Ганье в 1974 году [1] до Дэвида Мэррилла [2] в настоящее время, разумеется и сейчас эта сфера находится в активной разработке. Принципы и правила выстроились в методологии, предлагающие поэтапное проектирование дизайна электронного курса: ADDIE, SAM, ALD др.

Последние подходы к организации педагогического дизайна курса связаны с целевым или проблемно-ориентированным подходом. Так в своих работах Дэвид Мэррилл центральное место в проектировании дизайна отводит проблеме, решаемой в обучении. Его основным принципом является то, что обучаемые во время прохождения курса должны решать реальную и конкретную задачу.

На основе стандарта ISO 9241-210:2010 [3] Сергей Сергеев выработал свою методологию проектирования дизайна, сконцентрированную именно на удобство использования электронных курсов, результат применения которой в последствии можно оценить с помощью юзабилити тестирования [8].

Для оценки соответствия текущих проектов требованиям педагогического дизайна и юзабилити курса, был проведен анализ электронного курса для продавцов-консультантов, который знакомит их с новыми продуктами сети «Леруа Мерлен» [4]. Чтобы оценить данный курс на соответствие требованиям дизайна, для каждого критерия из трех групп требований предлагается шкала от 1 до 5 (1 - совсем не соблюдено, 5 – полностью соблюдено). Далее будет высчитана средняя оценка по каждой группе требований, как среднее арифметическое от всех требований, которые можно будет оценить в данном курсе. Результаты будут представлены в сравнительной таблице.

В результате исследования курс получил среднюю оценку по педагогическому дизайну, равную 3.5, а по юзабилити – 4.1. Данному электронному курсу не хватило активации предыдущего опыта обучаемых, обобщения знаний, тестирования и выбора пути обучения. Оценить, насколько данные пробелы повлияли на качество обучения пока невозможно, скорее всего реализация данных принципов могла бы послужить хорошим дополнением к

текущему проекту. В любом случае, данный курс выполнен на довольно высоком уровне, так как использует различные механики взаимодействия с пользователем, направлен на его вовлечение и подкрепляет теорию практическими заданиями.

Следует отметить, что в ходе анализа подтвердилась тесная связь между педагогикой и удобством использования курса. Итак, электронный курс обучения должен отвечать следующим требованиям:

1. Решение конкретной задачи;
2. Привлечение внимания;
3. Информирование о целях;
4. Активация предыдущего опыта;
5. Учет особенностей восприятия;
6. Использование различных инструментов демонстрации (визуализация, моделирование);
7. Отработка полученных знаний в знакомой и незнакомой ситуациях;
8. Обеспечение эффективной обратной связи;
9. Использование промежуточной и итоговой аттестации;
10. Обобщение полученных знаний в конце курса;
11. Формирование стереотипов работы, единообразное оформление курса;
12. Корректная обработка действий пользователя;
13. Предотвращение действий пользователя, которые могут привести к тупиковой ситуации;
14. Обеспечение исправления ошибок без повторного ввода данных;
15. Предоставление возможности управления ходом обучения;
16. Ясность и корректность информации;
17. Обеспечить согласованность объема предоставляемой информации пользователя с объемом его оперативной памяти и этапом обучения;
18. Делать акцент в информации об ошибках пользователя на то, как можно эти ошибки исправить;
19. Предусматривать использование несколько видов диалога.

## Библиографический список

1. *Gagne R. M., Briggs L. J.* Principles of instructional design. – Holt, Rinehart & Winston, 1974.
2. *Merrill M. D.* First principles of instruction. – John Wiley & Sons, 2012.
3. *ISO 9241-210: 2010.* Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems //International Standardization Organization (ISO). Switzerland. – 2009.
4. *Примеры курсов и тестов компании iSpring* [Электронный ресурс] URL: <https://www.ispring.ru/ispring-suite/demos> (дата обращения: 01.03.2019).
5. *Абызова Е.В.* Педагогический дизайн: понятие, предмет, основные категории // Вестник Вятского государственного университета. - 2010. -№ 3. - Т. 3. - С. 12-16.
6. *Кречетников К. Г.* Педагогический дизайн и его значение для развития информационных образовательных технологий [Электронный ресурс] URL: <http://ito.edu.ru/2005/Troitsk> (дата обращения: 01.03.2019).
7. *Курносова С.А.* Теоретико-педагогические предпосылки проблемы подготовки студентов вуза к проектированию педагогического дизайна // Фундаментальные исследования. - Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2011. -№ 12-4. - С. 747-751.
8. *Сергеев С.Ф.* Юзабилити информационных систем в образовании: основные понятия//Образовательные технологии. -2013. - № 1. - С. 25-30.
9. *Тихомирова Е.* 800 слов про педагогический дизайн [Электронный ресурс] URL: <http://www.trainings.ru/library/articles> (дата обращения: 01.03.2019).
10. *Уваров А.Ю.* Педагогический дизайн // Информатика. - М.: Издательский дом «Первое сентября», 2003. - № 30. - С. 1-32.

## E-LEARNING COURSE DESIGN: FROM THEORY TO PRACTICE

*Bondarenko Anna S.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, [annpostanogova@yandex.ru](mailto:annpostanogova@yandex.ru)

This article shows the results of the analysis of e-learning course for compliance with design requirements. The purpose of the analysis is to identify how theoretical knowledge in the design of the e-course can be used in practice. Reviewed course introduces employees to the new products of the company, which they will later need to sell. It is an interactive presentation and taken from the website of a large company for the development of software for online learning. The article illustrates the intersection of the requirements for instructional and UX design. The result of the work is a list of requirements that can help in the design and testing of the e-course. During the

course analysis, there were prerequisites for the use of General principles of UX-design in the subsequent development of electronic courses.

Keywords: e-course design, instructional design, usability, user interface, formation of the requirements, interface design.

## **ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОТОВЫХ ЧАТ-БОТОВ В ОБУЧЕНИИ ИЯ**

*Балдина Наталья Владимировна, Бортников Руслан Олегович, Пейсахович Анна Дмитриевна,  
Редозубова Дарья Сергеевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, siyalm2017@gmail.com

В данной статье представлен анализ международной научной литературы, посвящённой применению чат-ботов в обучении иностранным языкам и внедрении таких программ в образовательный процесс. В настоящей статье были определены и выведены лингводидактические аспекты использования готовых чат ботов в обучении иностранным языкам. В публикации были представлены и проанализированы различные классификации готовых и популярных чат-ботов. Виды чат-ботов были изучены и оценены в соответствии с современными запросами и выдвигаемыми требованиями в области среднего образования. Был выделен наиболее подходящий тип чат-ботов для образовательного процесса. В статье были подробно описаны и рассмотрены возможности и ограничивающие факторы, которые могут возникнуть при внедрении чат-ботов в процесс обучения иностранным языкам в школе.

Ключевые слова: иностранный язык, ИКТ, чат-бот, имитация диалога, языковой барьер, обучение ИЯ, искусственный интеллект.

Обучение иностранному языку в современном мире невозможно представить без использования различного рода ИКТ. Одним из вариантов их применения является использование такой компьютерной программы, как чат-бот (от англ. chat – болтать, bot – робот). Традиционно чат-бот (или виртуальный собеседник) определяется как «компьютерная программа, которая создана для имитации речевого поведения человека при общении с одним или несколькими собеседниками» [Кузнецов 2016: 17].

В настоящее время одновременно применяется несколько классификаций чат-ботов, которые выделяются по принципу их функциональных характеристик. В отечественной и зарубежной литературе отсутствует единство терминологии. В российских источниках часто встречается подразделение чат-ботов на примитивные и продвинутые [Фирсова 2018: 189]. Примитивные чат-боты основаны на готовых, заранее заданных разработчиком алгоритмах действия и ответах на запросы пользователя. В отличие от них продвинутые чат-боты работают на принципах машинного обучения, что позволяет программе самообучаться и подстраиваться под своего собеседника. Зарубежные источники в свою очередь предлагают свой вариант классификации чат-ботов, подразделяя их на ретривиальные (retrieval-based

chatbots) и генеративные (generative chatbots) [Babar 2017: 2]. Ретривиальные чат-боты основаны на запросах пользователя, являются простыми в разработке и широко используются в ситуациях, требующих типичного для нее ответа или реакции на запрос или команду. Генеративные чат-боты являются более сложными в плане структуры и используются в ситуациях, требующих уникальных и соответствующих контексту ответов на запросы пользователя. Так как обе классификации основаны на одном и том же функциональном принципе, можно сделать вывод, что примитивные и ретривиальные виды чат-бота (предусмотренная разработчиком реакция на запрос пользователя), как и продвинутые и генеративные (сгенерированная искусственным интеллектом реакция на запрос пользователя), на наш взгляд, соотносимы.

Вне зависимости от выбора классификации, каждый вид обладает своими преимуществами и недостатками в зависимости от цели применения и целевой группы виртуального собеседника. Проведём сравнение примитивных и продвинутых чат-ботов, а также определим возможность их применения в образовательных целях.

Примитивные чат-боты действуют в соответствии со строгим алгоритмом, предусмотренным разработчиком. Данная особенность обуславливает как негативные, так и положительные стороны виртуальных собеседников обозначенного типа. К отрицательным сторонам можно отнести: ограниченный лексический и грамматический ресурс: чат-бот использует лингвистические и грамматические конструкции, введенные разработчиком в код программы; нелогичность ответов: при отсутствии введенного стимула в базе данных чат-бота, программа с высокой вероятностью даст нелогичные ответы, не связанные с заданным вопросом; ограниченная вариативность: чат-боты действуют по принципу «один стимул – одна реакция», что приводит к быстрой потере интереса к общению с виртуальным собеседником; необходимость многократной ручной кастомизации лингвистического ресурса программы её разработчиками, постоянного мониторинга коммуникации чат-бота с пользователями и выявления ошибок.

Однако примитивные чат-боты обладают одной важнейшей положительной чертой, особенно в контексте их применения в образовательных целях - **строгий отбор контента**: контент или лексико-грамматический ресурс полностью контролируется разработчиком, что позволяет избежать «заучивания» ботом грубых и нецензурных выражений, а также предоставляет возможность создания версии виртуального собеседника для определенного уровня владения иностранным языком и даже виртуального собеседника для отработки материала какого-либо учебного пособия.

Продвинутые чат-боты отражают развитие изучаемого пользователем языка в реальном времени. Программа сохраняет новые лексические и грамматические единицы, которые вносятся в его память пользователями и предварительно просматриваются специально обученными людьми – модераторами, призванными «отсеивать» жаргонизмы и нецензурную лексику. Общаясь с чат-ботом, пользователь попадает в искусственную языковую среду, созданную разработчиками чат-бота, носителями языка и другими пользователями.

Анализ наиболее продвинутых чат-ботов показал, что любой готовый чат-бот всегда будет иметь как определенного рода преимущества, так и некоторые недостатки, поскольку создатели каждого чат-бота преследовали собственные цели, скорее всего не связанные со школьной программой обучения иностранному языку.

Из преимуществ использования продвинутых чат-ботов на уроках иностранного языка отметим: готовое программное обеспечение, сокращение времени на разработку диалогов; регулярное пополнение словаря чат-бота новым актуальным языковым материалом; безличное общение с машиной, способствующее преодолению языкового барьера; развитие метапредметных навыков при работе с чат-ботом (работа с ТСО, толерантность к собеседнику при ведении беседы, навыки работы с ПК и т.п).

Что касается недостатков, среди них мы выделили несколько основных: неоднородность языкового материала, сложность дифференциации чат-ботов по уровню владения иностранным языком; возможность столкновения пользователя с ненормативной лексикой или другими некорректными высказываниями других пользователей; необходимость дополнительной языковой подготовки учащихся при работе с незнакомой лексикой – теряется практическая ценность такого чат-бота с точки зрения закрепления изученного материала, поскольку продвинутый чат-бот – программа непредсказуемая, способная ответить несколькими тысячами вариантов на реплику пользователя, в то время как тот нуждается в повторении конкретной конструкции.

Из вышеизложенного следует, что каждый тип чат-бота может найти свое применение в образовательном процессе. Прimitивный чат-бот прост в управлении, его шаблонный стиль общения способствует быстрому усвоению основных речевых клише на иностранном языке, а его короткая, постоянно обновляющаяся оперативная память позволяет использовать данный технический ресурс неограниченное количество раз. Также примитивный чат-бот полностью управляется разработчиком, то есть исключен риск наполнения базы данных программы нежелательной информацией. Кроме того, примитивный чат-бот особенно полезен для отработки конструкций-клише, которые необходимо запомнить в чётко определённой грамматическим строем языка форме. Более

того, примитивный чат-бот относительно прост в создании, что определяет его привлекательность для применения в образовательных целях. Однако необходимо отметить, что разработка чат-бота, пригодного для использования на уроках иностранного языка, потребует опоры на конкретный учебник, его тематическое планирование, что позволит «найти общий язык» учащимся и виртуальному собеседнику.

### **Библиографический список**

1. Кузнецов В.В. Перспективы развития чат-ботов // Успехи современной науки, 2016. С.16-19.
2. Фирсова Е.А. Перспективы использования чат-ботов в высшем образовании/совершенствование учебно-методической работы в университете в условиях изменяющейся среды, 2018. С.188-193.
3. Babar Z., Lapouchnian A., Yu E. Chatbot Design – Reasoning about design options using i\* and process architecture // iStar Workshop, 2017. [Электронный ресурс] URL: [http://ceur-ws.org/Vol-1829/iStar17\\_paper\\_7.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-1829/iStar17_paper_7.pdf) (дата обращения 06.03.2019).

## **LINGO-DIDACTIC ASPECTS OF EXISTING CHATBOTS APPLICATION IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING**

*Baldina Natalia V., Bortnikov Ruslan O., Peisakhovich Anna D., Redozubova Daria S.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, siyalm2017@gmail.com

This article is devoted to the analysis of international scientific papers describing functions of chatbots application in foreign languages teaching. Lingo-didactic aspects of existing chatbots application in teaching of foreign languages are identified and outlined. Various classifications of chatbots are provided and analyzed. The types of chatbots are evaluated and assessed according to modern educational requirements of comprehensive school education. Possibilities and limitations of chatbots implementation in teaching foreign languages in schools are described.

Keywords: foreign language, ICT, chat bot, dialogue imitation, language barrier.



## ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

*Бочкова Софья Дмитриевна*

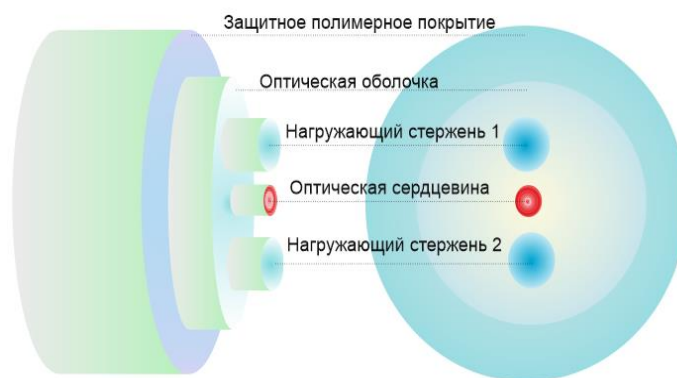
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, г. Пермь,  
Комсомольский пр., 29, sooyfar@gmail.com

Метод поляризационной рефлектометрии предназначен для определения значений поляризационных параметров, распределенных по длине оптического волновода с сохранением поляризации. К таким параметрам можно отнести двулучепреломление, поляризационно-модовую дисперсию, поляризационные биения и  $h$ -параметр (исключительно для анизотропного волокна). В работе анализируется методика измерения распределенного  $h$ -параметра в оптическом волокне типа Панда. Проведена верификация методики при совместном использовании этого анизотропного волокна и изотропного волокна SMF-28. Полученные рефлектограммы показывают сильные поляризационные биения в месте соединения анизотропного и изотропного оптических волокон. Это означает, что происходит деполяризация излучения. Это обуславливается тем, что при подключении поляризатора к импульсному оптическому рефлектометру РК-8000 данный прибор становится поляризационно-чувствительным. В конце концов мы предполагаем, что универсальность импульсного оптического рефлектометра РК-8000 имеет место быть.

Ключевые слова: рефлектометрия, анизотропные оптические волокна, поляризационный рефлектометр,  $h$ -параметр, длина деполяризации излучения.

Ускоренное развитие науки, техники и их применение в повседневной жизни человека приводит к тому, что с каждым годом совершенствование оптических устройств и их компонентов становится все более востребованным.

В частности, приборы, использующие интерференционные методы, нуждаются в высококачественном оптическом волокне [1]. Как правило, в различных датчиках используется анизотропное волокно. Оно способно сохранять направление вектора напряженности электрического поля практически при любом механическом воздействии. Принципиальная схема такого волокна представлена на рисунке 1. Нагружающие стержни из боросиликатного стекла создают в сердцевине искусственную анизотропию, за счет которой при распространении излучения по волноводу состояние поляризации постоянно [2].



**Рисунок 1. Анизотропное оптическое волокно типа Панда**

Методы, которые существуют на сегодняшний день на производственных предприятиях, позволяют лишь точно оценивать состояние того или иного поляризационного параметра образца. Исключением являются измерения с использованием оптического анализатора сигналов РХА, который также позволяет получать распределенные значения. Однако вследствие некоторых особенностей его компонентов (входящего в его состав интерферометра) существует ограничение по длине измерения (максимальное значение – до 1 км), а также необходимость в дополнительных расчетах.

Основной целью выполненной работы являлась разработка универсального инструмента для определения поляризационных параметров анизотропных оптических волокон без ограничения по длине измерения.

Метод поляризационной рефлектометрии позволяет получать распределенные значения такой поляризационной характеристики как  $h$ -параметр (характеризует связь двух осей двулучепреломления: медленной и быстрой). Авторы работы [3] предлагают использовать в схеме эксперимента поляризационный рефлектометр. В порядке реализации этого предложения было произведено повторение эксперимента с использованием оптического импульсного рефлектометра РК-8000 с подключенным поляризатором (рисунок 2). Измерения производились в двух режимах: сварка анизотропных волокон между поляризатором и образцом под углами 0 и 45 градусов.

При помощи двух экспериментально полученных поляризационных рефлектограмм (по разности их наклона) с использованием формулы 1:

$$h = \frac{1}{2L} \ln \left( 2 \cdot 10^{\frac{\Delta\alpha L}{10}} \right)^{-1} \quad (1)$$

было получено распределение искомой величины связи поляризационных мод, представленное на рисунке 3.

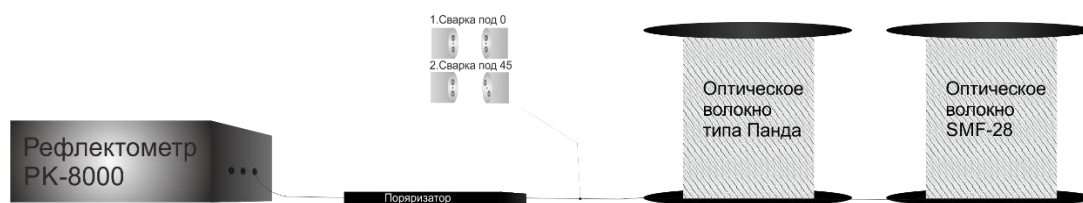


**Рисунок 2. Схема методики измерения распределенного h-параметра**



**Рисунок 3. Распределение значений h-параметра по длине анизотропного волокна**

В дальнейшем ставилась задача верификации полученных результатов. Для этого было предложено к исходной схеме добавить изотропное оптическое волокно (рисунок 4).



**Рисунок 4. Схема верификации методики измерения распределенного h-параметра**

Поскольку в данном виде оптического волокна очень легко разрушается поляризация, эта особенность позволила визуально наблюдать на рефлектограмме (рисунок. 5) деполяризацию излучения (700-750 метров) и сильные поляризационные биения на протяжении изотропного участка волокна (750-1250 метров).



**Рисунок 5. Поляризационная рефлектограмма (от 0 до 700м – анизотропное оптическое волокно типа Панда, от 700м – изотропное оптическое волокно SMF-28).**

Описанные выше результаты показывают достаточную степень адекватности используемой методики, а также подтверждают, что рефлектометр РК-8000 (Photon Kinetics) работает в предложенной схеме как поляризационно-чувствительный.

Данные, полученные в ходе исследования, позволяют сделать вывод о том, что распределенные значения одного из поляризационных параметров могут быть получены без использования узкоспециализированного оборудования и без существенного ограничения по длине измеряемых образцов.

В дальнейшем планируется провести моделирование распределения  $h$ -параметра в заводских образцах оптического волокна типа Панда и выполнить расчет экономической целесообразности внедрения данной методики на производстве. Также представляет интерес исследование методом поляризационной рефлектометрии других распределенных параметров и реализация универсального программно-аппаратного устройства их измерения непосредственно на производстве волоконно-оптических компонентов.

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории фотоники ПФИЦ УрО РАН и кафедры общей физики ПНИПУ.

### **Библиографический список**

1. *Lefevre H.C.* The Fiber-Optic Gyroscope. Artech House Optoelec-tronics Library, 1993.
2. *Ероньян М.А., Мешковский И.К.* Основы нанотехнологии анизотропных одномодовых волоконных световодов // 2014
3. *Смирнов А.С., Бурдин В.В., Константинов Ю.А.* Об оценке  $h$ -параметра в сохраняющем поляризацию оптическом волокне на основе данных поляризационной рефлектометрии // Прикладная фотоника. –2014. –№ 1. –С. 97–111.

# RESEARCH ANISOTROPIC OPTICAL FIBERS WITH THE POLARIZATION REFLECTOMETRY METHOD

*Bochkova Sofya. D.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
sooyfar@gmail.com

The polarization reflectometry method is designed to determine the values of polarization parameters distributed along the length of the polarization-maintaining optical fiber. These parameters include birefringence, polarization-mode dispersion, polarization beats length and h-parameter (exclusively for anisotropic fibers). The paper analyzes the method of measuring the distributed h-parameter in the Panda type optical fiber. The verification of this technique for this anisotropic fibers and isotropic fibers SMF-28 used simultaneously in one experiment is done. The obtained reflectograms show strong polarization beats at the connection of anisotropic and isotropic optical fibers. This means that the radiation is under depolarization process. Due to the fact that when the polarizer is connected to the pulsed optical reflectometer PK-8000, this device becomes polarization-sensitive. In the end we suppose that universality of the pulsed optical reflectometer PK-8000 takes a place.

Keywords: reflectometry, polarization-maintaining fibers, polarization reflectometer, h-parameter, radiation depolarization length

**КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ  
ЗЕРЕННО-ФАЗОВОЙ СТРУКТУРЫ И МИКРОПОВРЕЖДАЕМОСТИ**

*Бояршинов Дмитрий Альбертович, Гитман Михаил Борисович, Батин Сергей Евгеньевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, houston707@mail.ru

Исследуется связь между параметрами зеренно-фазовой структуры, а также микроповреждаемостью, и прочностными свойствами металлических функциональных материалов. Приведена методика определения прочностных свойств на основе анализа параметров микроструктуры функционального материала, основанная на использовании элементов теории нечетких множеств. Приведенная методика применена для определения твердости на основе анализа параметров зеренно-фазовой структуры материала, а также для определения усталостной долговечности на основе анализа параметров микроповреждаемости материала. Также приведена методика определения минимального количества исходных экспериментов, необходимых для оценки прочностных характеристик с заданной точностью, и определения минимального количества параметров микроструктуры и микроповреждаемости наиболее существенно влияющих на исследуемые прочностные характеристики металлического функциональных материалов. Для реализации разработанных методик был создан программный комплекс.

Ключевые слова: нечеткие множества, микроструктура, функциональные материалы, микроповреждаемость.

В современных условиях высока потребность в, так называемых, функциональных материалах, разрабатывающихся под определенные нужды и, следовательно, отвечающих некоторым заданным условиям. Однако из-за сложности получения оператора, благодаря которому было бы возможно по заданным эксплуатационным характеристикам получить химический состав материала и способ его последующей обработки, который представляет наибольший интерес, также является актуальным поиск методики нахождения эксплуатационных характеристик по заданным параметрам микроструктуры и микроповреждаемости материала.

Требуется построить такой оператор  $F$ , позволяющий получить комплексную оценку прочностных свойств исследуемого материала в зависимости от структуры микроповреждаемости и ее эволюции в процессе эксплуатации. Рассматриваемый далее подход базируется на применении элементов теории нечетких множеств [1] и заключается в построении оператора  $F$  в виде нечеткого отношения между полученной структурой

микрповреждаемости и индуцируемой этой структурой совокупностью прочностных свойств функциональных материалов.

Будем считать, что из решения задачи анализа зеренно-фазовой структуры и микрповреждаемости материала определены их основные параметры, для микрповреждаемости это: плотность распределения микротрещин и пор, их размеры и преимущественная ориентация, размеры зон локализации микрповреждений и т.п., а для зеренно-фазовой структуры: объемные доли фаз и характеристики зерен. Количество выбранных параметров микрповреждаемости или параметров зеренно-фазовой структуры обозначим переменной  $k$ . Будем считать, что количество параметров  $\mathcal{Z}$ , характеризующих требуемый комплекс эксплуатационных свойств функционального материала, равно  $r$ .

Для нахождения  $F$  построим нечеткие отношения  $S^i$  между параметрами зеренно-фазовой структуры или параметрами микрповреждаемости и параметрами, характеризующими эксплуатационные характеристики функционального материала [1].

Будем считать, что количество имеющихся экспериментов (микрошлифов и соответствующих каждому из них замеров эксплуатационных характеристик) равно  $l$ . Тогда

$$S^i = A^i \times B^i, i = \overline{1, l}, \quad (1)$$

где  $A^i$  – специальное нечеткое множество, содержащее параметры микрповреждаемости или параметры зеренно-фазовой структуры для  $i$ -го эксперимента;  $B^i$  – специальное нечеткое множество, содержащее эксплуатационные характеристики для  $i$ -го эксперимента;  $\times$  – знак декартова произведения нечетких множеств [1].

Таким образом, для каждого  $i$ -го эксперимента ( $i = \overline{1, \dots, l}$ ) определено отношение связи  $S^i$  между нечеткими множествами  $A^i$  и  $B^i$ :

$$F = S = \bigcup_{i=1}^l S^i \quad (2)$$

При этом индуцируемое множество  $B^i$  определится соотношением:

$$B^i = A^i \circ F, \quad (3)$$

где " $\circ$ " – знак максиминного произведения (максиминное произведение определяется как обычное произведение матриц [2], где вместо операции умножения вводится  $\min$ , а вместо операции сложения –  $\max$ ).

Следует отметить, что  $B^i$  будет получено в виде нечеткого множества. Если нас интересует  $B^i$  в виде обычного множества, необходимо для каждой характеристики решить задачу определения четкого представителя нечеткого числа [1]. В данной работе использовался следующий метод определения четкого представителя:

$$a_i^* = \sum_{l=1}^r \left( \frac{\mu_{A_i}(a_i^l)}{\sum_{l=1}^r \mu_{A_i}(a_i^l)} \right) \cdot a_i^l \quad (4)$$

где  $a_i^l$  –  $l$ -й элемент носителя нечеткого множества  $A_i$ ;  $\mu_{A_i}(a_i^l)$  – функция принадлежности  $l$ -ого элемента носителя нечеткого множества  $A_i$ ;  $r$  – количество пар в нечетком множестве  $A_i$ .

Определение эксплуатационных характеристик будет показано на примере нахождения усталостной долговечности по параметрам микроповреждаемости, выбраны следующие параметры: показатель Херста  $H$ , критический масштаб  $l_{sc}$ , уровень напряжения  $\sigma$  и масштаб, связанный с зоной процесса  $L_{pz}$ . Значения параметров микроповреждаемости и усталостной долговечности 8 образцов взяты из работы [3].

Для вычисления в качестве исходных данных взяты эксперименты под номерами 1,2,3,5,6,7,8, а искомыми выбраны характеристики 4 эксперимента.

В результате расчета, используя все эксперименты, было получено значение десятичного логарифма усталостной долговечности 4 эксперимента равным 7.2757 с относительной погрешностью 8.9125 %.

Методика выбора необходимого числа экспериментов для оценки эксплуатационных свойств материала с приемлемой точностью применялась на 7 образцах из НИИ Наносталей при Магнитогорском государственном техническом университете, описание которых есть в работе [4]. Для рассматриваемой задачи в качестве основных элементов зеренно-фазовой структуры выбраны: фазы – ферритно-карбитная смесь, бейнит, мартенсит, а также – средний размер зерна, коэффициент вариации размера зерна, степень анизотропии зерен и объемная доля зерен. В качестве эксплуатационной характеристики исследуемого функционального материала выбрана твердость по Виккерсу. Для тестирования в качестве исходных данных выберем образцы № 1, 2, 3, 4, 6, 7 (всего шесть образцов), а в качестве тестируемого образец № 5.

Проведем все возможные численные эксперименты с разными комбинациями рассматриваемых образцов для нахождения искомой эксплуатационной характеристики (твердость по Виккерсу) образца №5.

В результате расчетов было выявлено, что для определения твердости с погрешностью 6 процентов достаточным является количество исходных образцов равным 4.



В результате работы, при помощи использования элементов теории специальных нечетких множеств была разработана методика получения оператора, который позволяет по заданным параметрам зеренно-фазовой структуры или микроповреждаемости получить значения эксплуатационных характеристик материала. Также был проведен поиск минимального количества исходных экспериментов для получения нужной относительной погрешности вычисления эксплуатационных характеристик

#### **Библиографический список**

1. *Zadeh L. Fuzzy Sets / Zadeh L. // Information and Control. 1965. Vol.8. М. pp. 338-353.*
2. *В.Н.Ашихмин Введение в математическое моделирование: Учебное пособие / В.Н.Ашихмин, М.Б.Гитман, О.Б.Наймарк, В.Ю.Столбов, П.В.Трусов, П.Г.Фрик. // Под ред. П.В.Трусова. – М.: «Логос», 2015. – 440 с.*
3. *Оборин В.А. Фрактальный анализ поверхности разрушения сплава амгб при усталостном и динамическом нагружении / Оборин В.А., Банников М.В., Баяндин Ю.В., Соковиков М.А., Билалов Д.А., Наймарк О.Б. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2015. № 2. С. 116-126.*
4. *Барышников М.П. Исследование процессам механотермической обработки арматуры из высокоуглеродистых сталей/Барышников М.П., Долгий Д.К., Куранов К.Ю., Зайцева М.В. // Сталь. 2012. №2. С.89-97.*

**COMPREHENSIVE ASSESSMENT STRENGTH PROPERTIES OF METAL  
FUNCTIONAL MATERIAL ON THE BASIS ANALYSIS OF PARAMETERS GRAIN  
- PHASE STRUCTURE AND MICRODAMAGE**

*Boyarshinov Dmitriy A., Gitman Mikhail B., Batin Sergey E.*

Perm National Research PolytechnicUniversity, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614990,  
houston707@mail.ru

The relationship between the parameters grain-phase structure, as well as microdamage, and strength properties of metal functional materials is investigated. The method of determining the strength properties based on the analysis of the parameters of the microstructure of the functional material is described, based on the use of elements of the theory of fuzzy sets. This method is used to determine the hardness based on the analysis of the parameters of the grain-phase structure of the material. Further this method is used to determine the fatigue resistance based on the analysis of the parameters of the microdamage structure of the material. Also the method of determining the minimum number of source experiments are needed to evaluate the strength characteristics with a given accuracy is described. And the method of determining the minimum number of parameters of the microstructure and microdamage the most significant effect on the investigated strength characteristics of metallic functional materials is described. A software package was created to implement the developed methodology.

Keywords: fuzzy set theory, microstructure, functional materials, microdamage.

## РОТОРНОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСЕВОГО МУЛЬТИФАЗНОГО

*Брюхова Ксения Сергеевна, Пещеренко Сергей Николаевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, k.bryukhova@list.ru

В современной технологии нефтедобычи запрещено сжигание попутного нефтяного газа на скважинах. Поэтому газ перекачивают на пункты сбора. Для перекачки нельзя использовать высокоскоростные компрессоры, поскольку газ содержит капли жидкости, которые разрушают его лопасти. Привлекательной является технология перекачки газожидкостной смеси с помощью лопастных мультифазных насосов большого габарита при повышенной частоте вращения вала. Однако, такие насосы имеют большую массу ротора, поэтому при малейшем его дисбалансе и повышенной частоте вращения имеется риск возникновения вибраций, ограничивающих их ресурс. Поэтому в настоящее время мультифазные лопастные насосы используются ограниченно. Целью работы является выявление основных факторов, определяющих вибрацию, на примере мультифазного насоса 7а габарита при частоте вращения вала в диапазоне 3000-6000 об/мин.

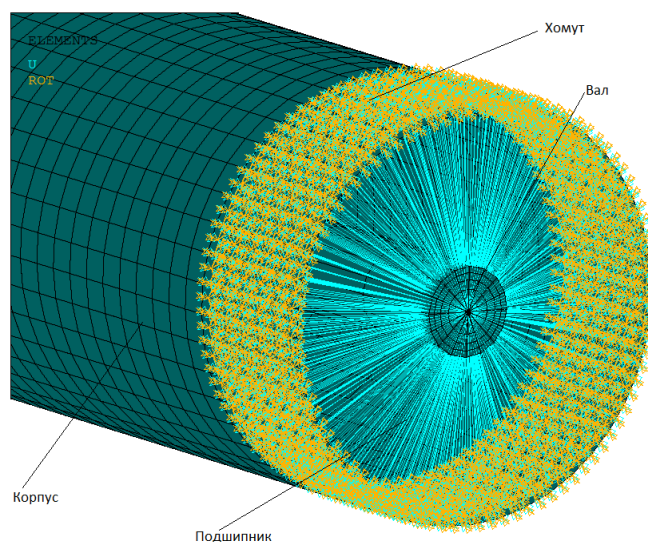
Ключевые слова: модальный анализ, ANSYS, apdl, подшипник, мультифазный насос, метод конечных элементов, вибрация, собственные частоты.

Одной из часто встречаемых проблем при эксплуатации мультифазных насосов является вибрация. Основное воздействие от вибрации воспринимают радиальные подшипники. Превышение допустимых значений по вибрациям приводит к быстрому слому подшипника, что в свою очередь приводит к контакту между вращающимся рабочим колесом и неподвижным направляющим аппаратом. В конечном счете, такой контакт приводит к полному разрушению ступени и как следствие выходу из строя всего насоса. Поэтому основной задачей данной работы было провести модальный анализ системы вал-ступень-подшипник-корпус с помощью конечно-элементного пакета ANSYS Mechanical apdl (собственные формы колебаний и соответствующие частоты), по результатам которого можно выявить некоторые факторы, влияющие на вибрацию.

Математическое моделирование динамического поведения вала с помощью модального анализа (нахождения собственных частот и форм) широко распространено при оценке вибрационных характеристик различных конструкций [1]. Для нахождения собственных частот колебаний был выбран конечно-элементный пакет ANSYS Mechanical apdl. При проведении модального анализа с помощью данного пакета предполагается, что система линейна [2]. Методом решения задачи модального анализа был выбран блочный метод

Ланцоша [3], который подходит для решения задач, включающих в себя балочные и оболочечные элементы, а также позволяет работать с большими моделями и большим количеством мод.

Построена геометрия вала и корпуса (Рисунок 1). При построении геометрии вала и ступеней использовался элемент beam189, для корпуса shell281. С помощью элемента link11 был смоделирован подшипник, который связывает между собой вал и корпус.



**Рисунок 1. Конечно-элементная сетка расчетной модели**

Целью было провести расчет на модели максимально схожей с экспериментальной установкой. Моделирование системы было решено разбить на несколько этапов. На первом этапе моделирования рассматривался пустой вал и два способа его закрепления:

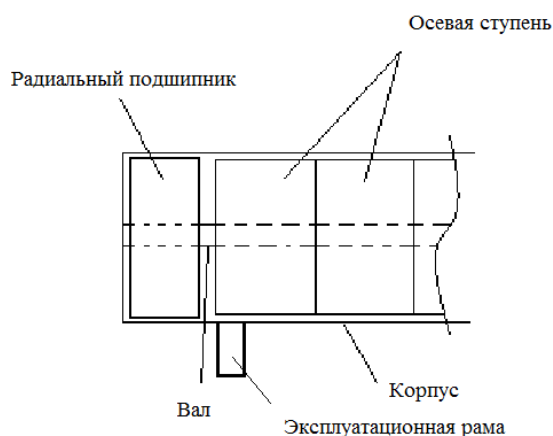
1. Жесткое закрепление на обоих концах вала (все перемещения и углы поворота равны нулю);
2. Жесткое закрепление с одной стороны и свободный край с другой.

Для верификации данной модели были определены собственные частоты путем решения уравнения свободных изгибных колебаний с указанными выше граничными условиями [4,5]. При сравнении результатов максимальная погрешность не превысила 5%.

На втором этапе моделирования рассматривалась система вал-подшипник-корпус:

1. Корпус жестко закреплен несколькими хомутами (Рисунок 1).
2. Насос установлен на эксплуатационную раму, которая представляет собой балочную конструкцию.

На заключительном этапе на валу расположили ступени, вид которых был упрощен до дисков с заданной толщиной и массой (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Схема части расчетной модели**

В программе XLRotor был выполнен расчет коэффициентов демпфирования и жесткости [6,7]. Данные полученные в ходе расчета были применены при задании коэффициентов в разработанной программе.

**Результаты.** Разработана численная модель для расчета собственных частот и форм колебаний для упрощенной модели мультифазного осевого насоса с учётом демпфирования в промежуточных подшипниках. Модель параметризована и пригодна для расчета различных конфигураций насоса. Проведена верификация представленной модели по известным данным [5-7].

### **Библиографический список**

1. *Нихамкин М.Ш., Мехоношин Г.В., Семенов С.В., Болотов Б.П.* Особенности модального анализа роторов с цанговым соединением деталей. Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10, ч. 2. – С. 284–288.
2. ANSYS Mechanical apdl Theory Guide. Release 14.0. Ansys Inc., 2011.
3. *Леонтьев Н.В.* Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа // Информационные системы в математике и механике: учебно-методический материал по программе повышения квалификации. Нижний Новгород, 2006.
4. *Артоболевский И.И., Боголюбов А.Н., Болотин В.В.* Вибрации в технике, Т. 1. Колебания линейных систем // М.: Машиностроение, 1978.
5. *Куцубина Н.В.* Исследование поперечно-изгибных и продольных колебаний элементов конструкций машин и оборудования // Екатеринбург: УГЛТУ, 2012.
6. *T. Someya, J.,* Journal-Bearing Databook, // Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1988.
7. *Лойцянский, Л.Г.* Механика жидкости и газа // М.: Наука, 1970.

## ROTORNODYNAMIC ANALYSIS OF AXIAL MULTIPHASE PUMP

*Bryukhova Kseniya S., Peshcherenko Sergej N.*

Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolsky Av., Perm, 614000, Russia,  
k.bryuxova@list.ru

In modern technology of oil production, the combustion of associated petroleum gas at wells is prohibited. Therefore, the gas is pumped to collection points. High-speed compressors cannot be used for pumping, as the gas contains liquid droplets that destroy its blades. The technology of pumping gas-liquid mixture using blade multiphase pumps of large size with an increased frequency of rotation of the shaft is attractive. However, such pumps have a large rotor mass, so with the slightest imbalance and increased rotational speed there is a risk of vibrations limiting their life. Therefore, at present, multiphase vane pumps are used to a limited extent. The purpose of this work is to identify the main factors that determine the vibration, using the example of a multi-phase pump 7a envelope at a frequency of rotation of the shaft in the range of 3000-6000 rpm.

Keywords: modal analysis, ANSYS, apdl, bearing, multiphase pump, finite element method, vibration, natural frequencies.

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ В ПОРИСТОМ КОЛЛЕКТОРЕ С ТРЕЩИНАМИ**

*Бублик Сергей Анатольевич, Семин Михаил Александрович*

Горный Институт Уральского Отделения Российской Академии Наук, 614007, Россия,  
г. Пермь, ул. Сибирская, 78-а, serega-bublik@mail.ru

Решается задача о фильтрационном течении нефти в трещиновато-пористом коллекторе. В качестве расчетной области рассматривается нефтесодержащий коллектор в форме кольцевого сектора с неоднородностью в виде двумерной трещины. Причиной течения нефти является разность давлений на двух границах области. Для дискретизации расчетной области использовались треугольные конечные элементы со сгущением вблизи трещины. Поле давления получено из решения уравнения диффузии, а поле скорости – из линейного закона фильтрации Дарси. Решение уравнения диффузии осуществлялось численно с помощью метода конечных элементов. Далее нефтенасыщенность рассчитывалась исходя из решения нестационарного уравнения адвекции-диффузии с использованием полученного поля скорости. Решение уравнения адвекции-диффузии получено с помощью метода конечных объемов. Проведен анализ полученных поля давления и скорости. Представлен сравнительный анализ влияния количества трещин на массовый расход нефти со временем.

Ключевые слова: трещиновато-пористый коллектор, закон Дарси, фильтрация, нефтедобыча, численное моделирование, метод конечных элементов, метод конечных объемов.

### **Введение**

Ввиду исчерпания запасов легкодоступной нефти, все больший интерес приобретает разработка месторождений тяжелой и высоковязкой нефти. На территории России имеется Ярегское месторождение высоковязкой нефти, которое разрабатывается с 40-х гг. прошлого века. Особенности данного месторождения является наличие искусственной трещиноватости и использование термошахтного способа добычи [1].

Данная работа посвящена теоретическому анализу теплообменных процессов, протекающих в нефтесодержащем пласте. На текущем этапе исследования изучаются закономерности массообменных процессов в трещиноватом коллекторе в двумерном случае. Для этого проводится многопараметрическое численное моделирование фильтрации при различных параметрах коллектора.

### **Концептуальная постановка**

В качестве расчетной геометрии рассматривается горная выработка в горизонтальной плоскости в виде кольцевого сектора с подобластью являющейся двумерной трещиной,

которая считается эквивалентом добывающей скважины (см. Рисунок 1а). Принимается, что нефть из пласта вытесняется водой. Пласт считается деформируемым, а нефть – несжимаемой и ньютоновской. Отсутствует влияние гравитации и капиллярных сил. Учитывается зависимость проницаемости пласта от нефте- и водонасыщенности. Задача считается изотермической. Рассчитываются поля давления, скорости и нефтенасыщенности.

### Математическая постановка

Поле давления рассчитывается из уравнения диффузии (пьеzoпроводности) [2]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \nabla(D \cdot \nabla p) \quad (1)$$

где  $p = p(t, x, y)$  – давление, Па,  $t$  – время, сут,  $x, y$  – горизонтальная и вертикальная декартовы координаты соответственно, м,  $D$  – коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/сут.

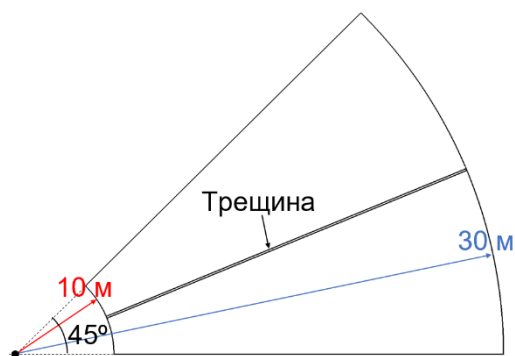
Для учета зависимости проницаемости породы от находящейся в ней фазы (нефтяная и водная) используется модель Кори-Брукса [3].

Начальные и граничные условия для уравнения (1):

$$\begin{cases} p = p_0, t = t_0, \\ p = p_1, (x, y) \in \Gamma_1, \\ p = p_2, (x, y) \in \Gamma_2, \\ \frac{\partial p}{\partial \mathbf{n}} = 0, (x, y) \in \Gamma_3, \end{cases} \quad (2)$$

где  $p_0, p_1, p_2 = const$ , Па,  $t_0$  – начальный момент времени, сут,  $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$  – границы расчетной области, указанные на рисунке 1б,  $\mathbf{n}$  – вектор нормали к границе.

а)



б)

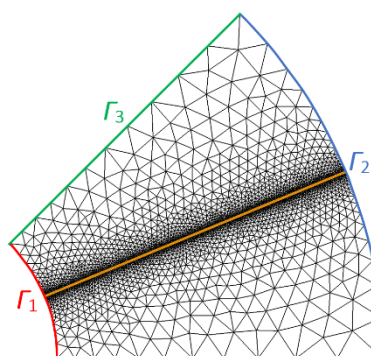


Рисунок. 1. а) общий вид расчетной области; б) обозначение границ расчетной области и общий вид сетки

Скорость в пласте находится из линейного закона фильтрации Дарси:

$$\mathbf{v} = -K \left( \frac{k_{ro}}{\mu_o} + \frac{k_{rw}}{\mu_w} \right) \nabla p \quad (3)$$



где  $\mathbf{v}$  – двумерный вектор скорости в пласте, м/сут,  $k_{ro}, k_{wo}$  – относительная проницаемость нефтяной и водной фазы соответственно, б/р,  $\mu_o, \mu_w$  – динамическая вязкость нефти и воды соответственно, Па · сут.

Поле нефтенасыщенности строится из решения уравнения адвекции-диффузии [4]:

$$\varphi \frac{\partial s}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla s = a \Delta s, \quad (4)$$

где  $s = s(t, x, y)$  – нефтенасыщенность,  $t$  – время, сут,  $a$  – коэффициент искусственной диффузии, м<sup>2</sup>/сут.

В уравнении (4) диффузионное слагаемое добавлено искусственно для того, чтобы компенсировать отрицательную диффузию, появляющуюся в результате дискретизации адвективного члена  $\mathbf{v} \cdot \nabla s$ .

Начальные и граничные условия для уравнения (4):

$$\begin{cases} s = s_0, t = t_0 \\ s = s_1, (x, y) \in \Gamma_2 \\ \frac{\partial s}{\partial \mathbf{n}} = 0, (x, y) \in \Gamma_1, \Gamma_3 \end{cases} \quad (5)$$

где  $s_0$  – начальная концентрация нефти в пласте,  $s_1$  – концентрация нефти на границе.

В дальнейшем уравнение (1) решается численно с использованием метода конечных элементов [5]. В дальнейшем по рассчитанному полю давлений производится расчет поля скоростей с помощью уравнения (3). Для расчета скоростей используются линейные функции формы, принимаемые при решении уравнения (1).

Уравнение (8) решается посредством метода конечных объёмов [6]. Дискретизация по пространству осуществляется с помощью схемы с разностями против потока первого порядка. Дискретизация по времени производится путём применения неявной схемы.

### Численное решение

Дискретизация расчетной области осуществлялась треугольными элементами со сгущением вблизи трещины. Сетка изображена на Рисунок 1б.

Для решения задачи использовались следующие параметры:  $\varphi = 26\%$  – пористость,  $\mu_o = 0,15$  Па · с,  $\mu_w = 0,001$  Па · с,  $K_m = 2,5$  мкм<sup>2</sup> – абсолютная проницаемость матрицы,  $K_f = 3,3 \cdot 10^9$  – абсолютная проницаемость трещины,  $p_0 = 1,4$  МПа,  $p_1 = 0,4$  МПа,  $p_2 = 1,4$  Мпа,  $s_0 = 100\%$ ,  $s_1 = 0$ ,  $t_n = 80$  сут – время расчета.

Получающиеся поля давления и скорости можно увидеть на рисунке 2.

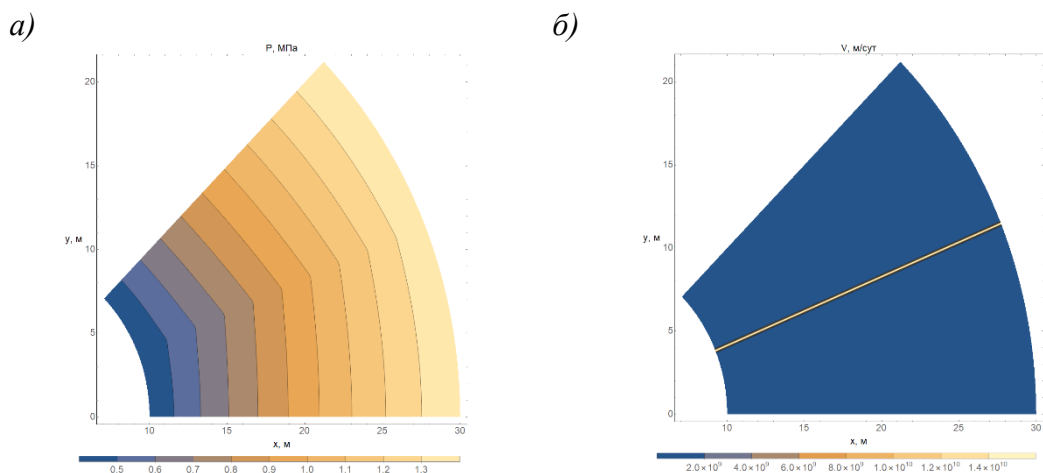


Рисунок 2. а) поле давления; б) поле скорости

Как можно видеть из рисунка 2, вблизи трещины происходит искажение на поле давления. Это происходит ввиду того, что в области матрицы давление распределяется по логарифмическому закону, а в трещине – по линейному. На поле скорости видно существенное превышение скорости в области трещины, что следует из закона Дарси.

Кроме того, был проведен анализ зависимости массового расхода нефти в области добычи от количества трещин в пласте (Рисунок 3).

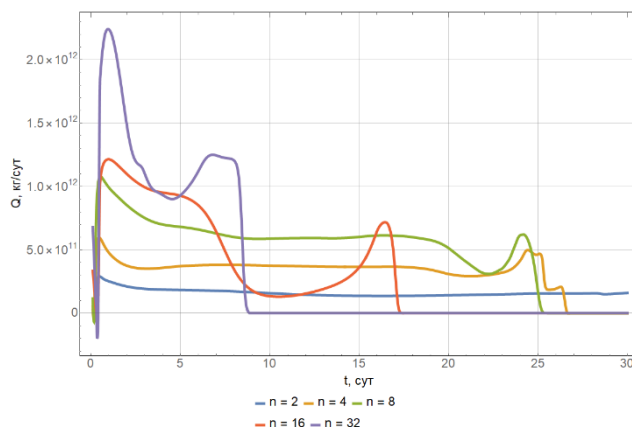


Рисунок 3. Зависимость массового расхода нефти от количества трещин

Из анализа графика на рисунке 2 можно видеть, что при увеличении количества трещин существенно растет расход нефти ввиду того, что по закону Дарси скорость в трещинах значительно выше, чем в матрице. Таким образом, наличие сильной трещиноватости в пласте существенно сказывается на всём процессе добычи.

### Выводы

Получена математическая модель фильтрации нефти в трещиновато-пористом коллекторе, которая позволяет рассчитывать поля давления, скорости нефтесоержащей жидкости, ее нефтенасыщенности, прогнозировать массовый расход нефти в добычной скважине со временем. Данная модель в перспективе позволит анализировать состояние

разрабатываемых участков нефтяных месторождений и принимать решение о необходимых мероприятиях по увеличению нефтеотдачи пласта.

### Библиографический список

1. Коноплев Ю.П. Научно-методические основы проектирования и анализа термошахтной разработки нефтяных месторождений, дисс ... д-р техн. наук — М. — 2004 — с. 253.
2. Бублик С.А., Семин М.А. Математическое моделирование фильтрационного течения нефти в трещиновато-пористом коллекторе // Математика и междисциплинарные исследования – 2018 — с. 19-23.
3. Li K., Horne R.N. Comparison of methods to calculate relative permeability from capillary pressure in consolidated water-wet porous media // Water Resources Research. 2006. Vol. 42, W06405, doi: 10.1029/2005WR0044B2.
4. Labudec C. Computationally Efficient Extended and Stabilized Finite Element Methods for Multiphase Carbon Sequestration Modelling — Ph.D dissertation — University of Waterloo, Waterloo — 2016 — pp. 193
5. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов — М.: МИР, 1993. — 392 с.
6. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics — Springer. Fluid Mechanics and Its Applications. Vol. 113 — 2016 — pp. 791.

## NUMERICAL SIMULATION OF OIL SEEPAGE IN POROUS OIL RESERVOIR WITH FRACTURES

*Bublik Sergey A., Semin Mikhail A.*

Mining Institute of The Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 78-a, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia, serega-bublik@mail.ru

The problem of oil seepage in fractured-porous oil reservoir is considered. We model the oil-bearing reservoir as an annular sector with heterogeneity in the form of a two-dimensional fracture. The cause of the oil flow is the pressure difference at the two boundaries of the domain. For discretization of the computational domain, triangular finite elements are used with thickening near the fracture. The pressure field obtained from the solution of the diffusion equation, and the velocity field derived from the Darcy's law. The solution of the diffusion equation carried out numerically using the finite element method. Next, the oil saturation calculated based on the solution of the non-stationary advection-diffusion equation using the obtained velocity field. The solution of the advection-diffusion equation obtained using the finite volume method. Comparative analysis of the influence of the number of fractures on the oil mass flow rate with time is conducted.

Keywords: fractured porous rock, Darcy's law, seepage flow, oil production, numerical modelling, finite element method, finite volume method

## РАЗРАБОТКА РОБОТА ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ VeXA

*Бушуев Дмитрий Александрович, Алябьева Валентина Георгиевна*

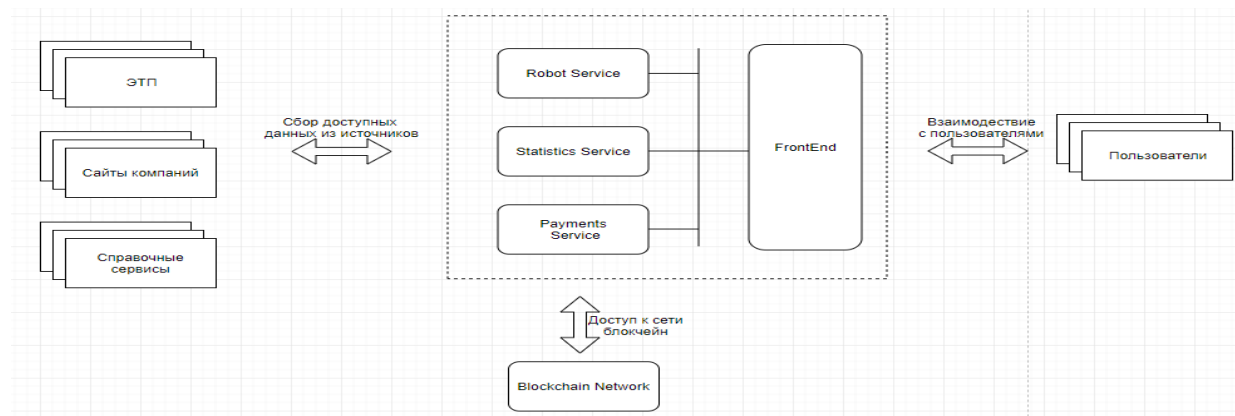
Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, bushic95@gmail.com

Статья посвящена разработке цифровой платформы VeXA для автоматизации экспортных сделок. На первом этапе были сформулированы требования к платформе и разработана её концепция. К настоящему времени в локальной среде платформы разработан и доведён до реализации робот-поисковик. Созданный робот отвечает следующим функциональным требованиям: осуществляет поиск контрагентов, выполняет аутентификацию, регистрацию партнёров сделки, готовит и сохраняет в блокчейне материалы и результаты сделки. Веб-приложение содержит серверную часть и пользовательский интерфейс.

Ключевые слова: цифровая платформа, робот-поисковик, блокчейн, веб-приложение, серверная часть, пользовательский интерфейс

С 2017 года ООО "Вершина-Экспорт" совместно с Пермским государственным национальным исследовательским университетом приступило к разработке цифровой платформы *ivexa*. Цифровая платформа *ivexa* осуществляет весь цикл экспортной сделки: поддерживает широкий набор сервисов, оказывающих услуги в режиме реального времени; использует самые надежные и современные способы расчетов в криптовалюте на основе технологии блокчейн; сокращает как минимум вдвое расходы времени и денег мелкого и среднего бизнеса при выходе на международные рынки; обеспечивает независимость пользователей платформы от недружественных (санкционных) действий крупных игроков; помогает мелким и средним предпринимателям выходить на международные рынки и осуществлять на них продажи своих товаров и услуг [1]. На разработку данной платформы был получен патент, который закрепляет права на эту платформу за компанией ООО «ВЭКСПОРТ» [2].

В качестве общей концепции архитектуры платформы VeXA был выбран подход микросервисной архитектуры. Данный подход к разработке программного обеспечения предполагает создание единого приложения в виде набора небольших сервисов, работающих раздельно и обрабатывающих данные, полученные из открытых источников посредством HTTP-запросов. Общая схема архитектуры состоит из следующего набора сервисов (Рисунок 1).



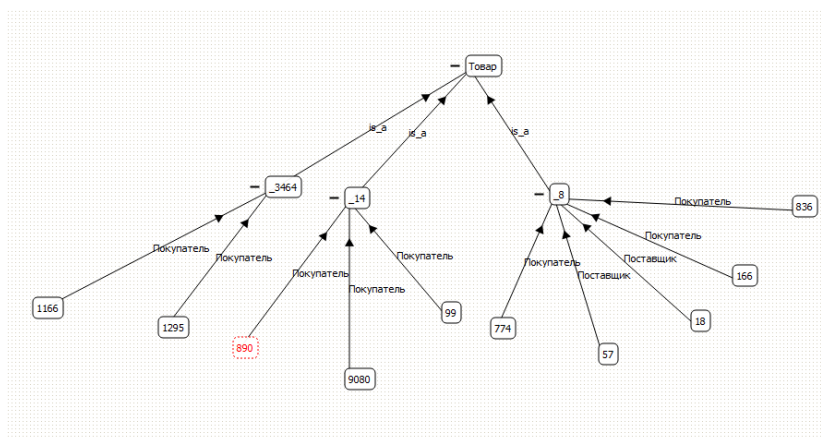
**Рисунок 1. Общая архитектура платформы VeXA**

*Robot Service* осуществляет поиск контрагентов по указанным параметрам из открытых источников, таких как электронные торговые площадки (ЭТП), бизнес справочники, содержащие официальные данные из государственных источников или ресурсов. Данный сервис также вычисляет рейтинг каждого контрагента, зависящий от нескольких важных факторов, таких как возраст компании, участие в судебных процессах, наличие компании в списке неблагонадежных клиентов. *Statistics Service* собирает статистику экспорта по странам и определяет перспективное направление экспортной сделки для указанного товара для каждого пользователя. *Payment Service* осуществляет обработку платежей, произведенных на платформе, коммуникацию с внешними платежными сервисами. Оплата в рамках платформы будет осуществляться собственными токенами, выпущенными после старта платформы.

На этапе проектирования работа поисковика было принято решение о разработке веб-приложения, которое содержит серверную часть и пользовательский интерфейс. Пользовательский интерфейс должен быть доступен по протоколу HTTP в рамках локальной сети компании ООО «ВЭСКОРТ». В качестве серверной части веб-приложения был выбран язык Java как наиболее популярное средство для разработки [3]. Важно, что этот язык является универсальным средством разработки, на котором работает огромное количество серверов по всему миру, он является кроссплатформенным, что позволяет запускать разрабатываемый модуль на любой платформе. Учитывая то, что сроки разработки робота-поисковика ограничены необходимо было подобрать инструменты и фреймворки для максимально быстрой разработки, чтобы проверить эффективность автоматизирования такого вида задач. В качестве такого фреймворка для разработки серверной части приложения был выбран Spring Framework [4], как наиболее универсальный. Он включает модули: Spring Data, Spring Data, Spring Boot, Spring Web. Основное понятие в Spring Data — репозиторий. Это несколько интерфейсов, которые используют сущности для

взаимодействия с фреймворком. Например, интерфейс CrudRepository обеспечивает основные операции по поиску, сохранению, удалению информации. Также список этих операций можно расширять.

В качестве подхода к проектированию архитектуры программного компонента платформы – робота-поисковика был выбран подход, при котором вся необходимая информация сохраняется на сервере и пользовательский интерфейс производит запросы к нему при помощи REST API [6]. Все данные на сторону клиента будут передаваться в формате JSON [5]. Следующим шагом в реализации модуля поиска контрагентов была реализация аутентификации пользователей в системе для блокирования запросов к серверу до того, как пользователь зарегистрировался и авторизовался в ней. Отличительной особенностью поиска в рамках текущей задачи является то, что в области поиска товаров нет единого справочника товаров, как, например, в области медицины. Поэтому необходимо было разработать такой инструмент, который бы позволял производить поиск по единому справочнику платформы VeXA на различных сторонних ресурсах, такими как электронные-торговые площадки или бизнес-справочники разных стран. При разработке такого инструмента необходимо учитывать, что разрабатываемая платформа является международной и должна удовлетворять требованиям мультиязычности. Кроме того, на различных торговых площадках даже одной страны существуют различные рубрикаторы для товаров или услуг. Исходя из этого инструмент универсализации поиска товаров по внутреннему справочнику платформы VeXA должен удовлетворять этим требованиям. Предложен подход, в котором есть один внутренний универсальный справочник составленный на основе существующего. Этот справочник используется для дальнейшей работы системы. Далее выгружаются справочники с электронных ресурсов, добавленных в систему, и происходит ручное соотнесение множественных справочников из различных источников в один универсальный справочник товаров VeXA. Назовем данный процесс мэппингом. Для реализации данного подхода к универсализации справочника товаров и услуг были использованы онтологии (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Фрагмент онтологии универсального справочника в среде Ontolis**

В качестве представления мэппинга также были выбраны онтологии, чтобы в исключительных случаях была возможность внести исправления вручную.

### **Библиографический список**

1. 1 VeXA - российская альтернатива Alibaba: презентация новой цифровой платформы [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://www.geopolitica.ru/studio/vexa-rossiyskaya-alternativa-alibaba-prezentaciya-novoy-cifrovoy-platformy> (Дата обращения: 04.09.2018).
2. Проект ivexa [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://vlexport.ru/projects/projects/ivexa-project> (Дата обращения: 06.08.2019).
3. *Williams N.* Professional Java for Web Applications. 1st ed. Wrox; 1 edition, 2014. 936 p.
4. *Cosmina I.* Pro Spring 5: An In-Depth Guide to the Spring Framework and Its Tools. Apress, 2017. 849 p.
6. JSON Web Token [Электронный ресурс] // Wikipedia.
7. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/JSON\\_Web-Token](https://en.wikipedia.org/wiki/JSON_Web-Token) (дата обращения: 05.01.2019).
8. *Rihardson L.* RESTful Web APIs services for a Changing World. 1st.ed. O'Reilly Media, 2013. 406 p.

## **ROBOT DEVELOPMENT FOR THE PLATFORM VEXA**

*Bushuev Dmitri A., Alyabieva Valentina G.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, bushic95@gmail.com

The article is devoted to the development of the digital platform VeXA to automate export transactions. To date, a search engine robot has been developed in the platform's local environment and brought to implementation. The created robot meets the following functional requirements: it searches for contractors, performs authentication, registration of transaction partners, prepares and stores materials and transaction results in the blockchain.irst stage, the requirements for the platform were formulated and its concepts were developed. The web application contains the server part and the user interface.

Keywords: digital platform, search engine robot, blockchain, web application, backend, user interface.

## О ЗАДАЧЕ ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ ЦИКЛОВ В ГРАФАХ ПОВОРОТОВ

*Бызов Виктор Александрович*

Вятский государственный университет, 610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, 36,  
vbyzov@yandex.ru

Работа посвящена изучению одного специального преобразования комбинаторных интерпретаций чисел Каталана, представляющего собой быстро усложняющуюся с увеличением размера интерпретаций комбинаторную динамическую систему. Эта динамическая система обратима; формально она представляет собой перестановку на очень большом множестве. Однако её циклическая структура настолько сложна, что прямое изучение сталкивается с заметными техническими проблемами, обусловленными тем, что циклы перестановки формально не взаимодействуют между собой. В качестве альтернативного подхода предлагается последовательность улучшающихся аппроксимаций: предложено семейство орграфов специального вида, называемых в работе графами уровневых поворотов. Вершинами этих графов являются классы деревьев, что решает обозначенную проблему. Потенциальная эффективность подхода определяется тем, что циклическая структура перестановки является проективным пределом этого семейства графов. В работе изучается комбинаторика ориентированных циклов в описанном семействе графов, являющихся, в свою очередь, проекциями орбит преобразования.

Ключевые слова: плоские деревья, преобразование Донахью, граф поворотов, производящая функция, перечисление циклов.

Р. Донахью (R. Donaghey) в работе [1] определил преобразование, действующее на комбинаторных интерпретациях чисел Каталана. Такими интерпретациями являются, например, плоские деревья, скобочные последовательности, пути Дика и многие другие комбинаторные объекты. Несколько эквивалентных определений этого преобразования приведены в [2].

Здесь приведём определение *преобразования Донахью*, основанное на биекции между плоскими кубическими деревьями с висячим корнем (ПКДВК) и плоскими некубическими деревьями с висячим корнем (ПДВК). Подробно данные классы объектов рассмотрены, например, в [3]. Есть два варианта этой биекции – правая  $r$  и левая  $l$ . При правой (соответственно, левой) биекции правые (соответственно, левые) пути кубического дерева переходят в вершины некубического дерева. Рисунок 1 иллюстрирует действие этих отображений. В центре изображено ПДВК  $T$ , слева – дерево  $r^{-1}(T)$ , справа – дерево  $l^{-1}(T)$ .



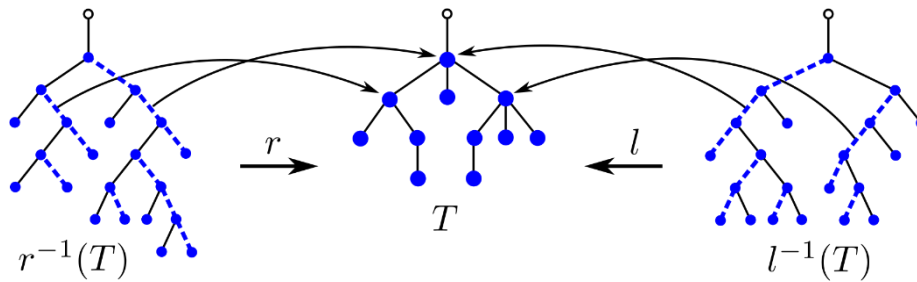


Рисунок 1 Биекции между ПКДВК и ПДВК

**Определение 1.** Образом ПКДВК  $t$  при преобразовании Донахью называется дерево  $\tau(t) = l^{-1} \circ r(t)$  (преобразования выполняются справа налево).

Преобразование Донахью можно рассматривать как перестановку на множестве деревьев заданного размера. Будем называть её *графом преобразования Донахью*. При этом, структура данной перестановки, как отмечается в работах [1], [4], является достаточно сложной. Д. Кнут (D. Knuth) в группе упражнений своего труда [5] ставит вопрос о характеристизации тех объектов, для которых длина цикла преобразования Донахью равна двум. Насколько нам известно, данный вопрос до сих пор является открытым, что также подтверждает тезис о сложности рассматриваемого отображения.

Ниже на множестве ПДВК будет введено отношение эквивалентности определённого вида. Если факторизовать граф преобразования Донахью по данной эквивалентности, получим новый граф с более простой структурой. Исследование свойств полученного графа можно считать первым шагом к изучению структуры графа преобразования Донахью.

**Определение 2.** *Шаблон*  $k$ -го уровня для ПДВК с  $n$  некорневыми вершинами назовём некубическое дерево, удовлетворяющее следующим условиям:

1. высота дерева, то есть наибольшая длина пути от корня к листу, равна  $k+1$  ребру;
2. листья дерева, находящиеся на нижнем ярусе, помечены натуральными числами;
3. сумма меток и количества непомеченных некорневых вершин равна  $n$ .

**Определение 3.** ПДВК  $T$  соответствует шаблону  $P$ , если  $T$  получается из  $P$  путём добавления на позиции листьев нижнего яруса поддеревьев, количество вершин в которых равно меткам этих листьев.

Ниже на рисунке 2 слева изображён шаблон второго уровня. В центре и справа на этом рисунке изображены деревья, соответствующие данному шаблону.

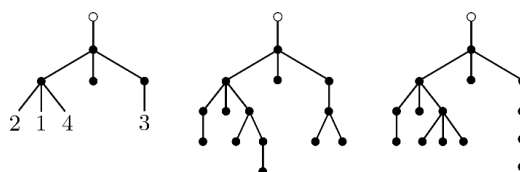


Рисунок 2 Шаблон второго уровня и соответствующие ему деревья

Хорошо известна биекция между некубическими деревьями и расстановками скобок, при которой листьям деревьев, расположенным на нижнем ярусе, соответствуют внутренние пары скобок максимальной вложенности. Написав между такими скобками метки соответствующих листьев, получим компактную запись для шаблона дерева. Так шаблон, изображенный на рисунке 2, можно записать в виде  $((2)(1)(4))((3))$ .

**Определение 4.** Графом поворотов  $m$ -го уровня для деревьев с  $n$  листьями называется ориентированный граф  $G_n^m$ , вершинами которого являются шаблоны  $m$ -го уровня, а рёбрам соответствуют кубические деревья с  $n$  листьями. Ребро  $e$  идёт от вершины  $V_1$  к  $V_2$ , если образ дерева  $e$  при левой биекции  $l(e)$  соответствует шаблону  $V_1$ , а образ этого дерева при правой биекции  $r(e)$  – шаблону  $V_2$ .

Слева на рисунке 3 изображён граф поворотов первого уровня  $G_5^1$ .

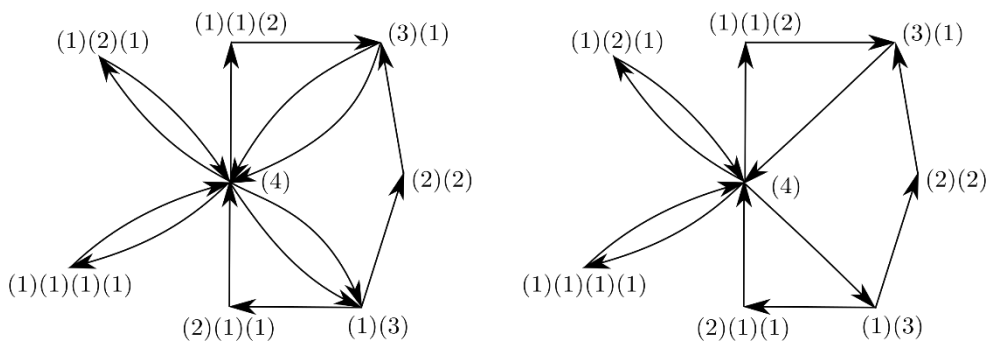


Рисунок 3 Графы  $G_5^1$  и  $[G_5^1]$

Сделаем ещё модификацию: «склеим» в  $G_n^m$  кратные рёбра одного направления. Для полученного графа будем использовать запись  $[G_n^m]$ . Граф  $[G_5^1]$  изображён на Рисунок 3 справа.

Обозначим через  $c_m(n, s)$  количество простых циклов длины  $s$  в  $[G_n^m]$ . Для количества циклов в графе  $[G_n^1]$  была вычислена производящая функция и найдена явная формула.

**Теорема 1.** При  $s \geq 2$  верно, что

$$\sum_{n=s+1}^{\infty} c_1(n, s)x^n = x^{s+1} \left( \frac{1-x}{1-2x} \right)^{s-1}.$$

**Следствие из теоремы.** При  $s \geq 2$ ,  $n \geq s+1$  справедлива формула:

$$c_1(n, s) = \sum_{m=0}^{\min\{n-s-1, s-1\}} (-1)^m \binom{s-1}{m} \binom{n-m-3}{s-2} 2^{n-s-m-1}.$$

Также автором была решена задача перечисления циклов длины 2 и 3 в графе  $[G_n^2]$ .

Были доказаны следующие утверждения.

**Теорема 2.**

$$\sum_{n=3}^{\infty} c_2(n, 2)x^n = \frac{(1-4x+3x^2+2x^3-2x^4+3x^5+x^6+3x^7-5x^8+4x^9-x^{10})x^3}{(1-3x+x^2)(1-2x)}.$$

**Следствие из теоремы.** При  $n \geq 11$  справедлива формула:

$$c_2(n, 2) = \frac{\tau^{2n-11} + \tau^{11-2n}}{\sqrt{5}} + 5 \cdot 2^{n-11},$$

где

$$\tau = \frac{1+\sqrt{5}}{2}.$$

**Теорема 3.**

$$\sum_{n=4}^{\infty} c_2(n, 3)x^n = \frac{x^4}{(1-3x+x^2)^2(1-2x)^2} (1-10x+42x^2-102x^3+175x^4-238x^5+236x^6-110x^7-102x^8+230x^9-151x^{10}+36x^{11}+16x^{12}-12x^{13}+2x^{14}).$$

**Следствие из теоремы.** Для чисел  $c_2(n, 3)$  справедлива асимптотика:

$$c_2(n, 3) \approx C \cdot n \left( \frac{3+\sqrt{5}}{2} \right)^n,$$

где  $C > 0$  – некоторая константа.

### Библиографический список

1. Donaghey R. Automorphisms on Catalan trees and bracketings // Journal of Combinatorial Theory, Series B. 1980. Vol. 29, no. 1. P. 75–90.
2. Пушкарев И.А., Бызов В.А. Преобразование Донахью: элементарный подход // Записки научных семинаров ПОМИ. 2013. Т. 411. С. 148–177.
3. Гульден Я., Джексон Д. Перечислительная комбинаторика // М.: Наука. 1990. 502 с.
4. Callan D. A Bijection on Dyck Paths and its Cycle Structure // The Electronic Journal of Combinatorics. 2007. Vol. 14, no. 1. R28.
5. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 4, А. Комбинаторные алгоритмы. Часть 1 : Пер. с англ. М. : Вильямс, 2013. 960 с.

## TASK OF CYCLE COUNTING IN THE GRAPHS OF ROTATIONS

*Byzov Viktor A.*

Vyatka State University, 36, Moskovskaya st., Kirov, 610000, Russia, vbyzov@yandex.ru

This article describes one special transformation of combinatorial interpretations of Catalan numbers, which represents a rapidly complicating combinatorial dynamical system, wherein the interpretation size is increasing. This dynamical system is invertible; formally, it is by its nature a large-scale repositioning. However, its cyclic structure is so complicated so that its direct study is fraught with outstanding technical challenges since the repositioning cycles don't formally interact with one another. As an alternative to this approach, the sequence of progressive approximations can be taken: the class of special orgraphs has been offered, referred to in the course of work as 'the graphs of level rotation'. The nodes of these graphs are the tree classes, which resolves the abovementioned issue. The potential efficiency of the approach is defined by the fact that the cyclic structure of the repositioning is the projective limit for this class of graphs. In this paper, the combinatorial analysis of oriented cycles, which are, in their turn, the projections of transformation orbits, are investigated.

**Keywords:** plane trees, Donaghey's transformation, graph of rotations, generating function, enumeration of cycles.

## РАЗРАБОТКА МЕТРИК СРАВНЕНИЯ СТИЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ

*Горбунова Мария Андреевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия,  
Пермь, ул. Студенческая, 38, gorbunova123@inbox.ru

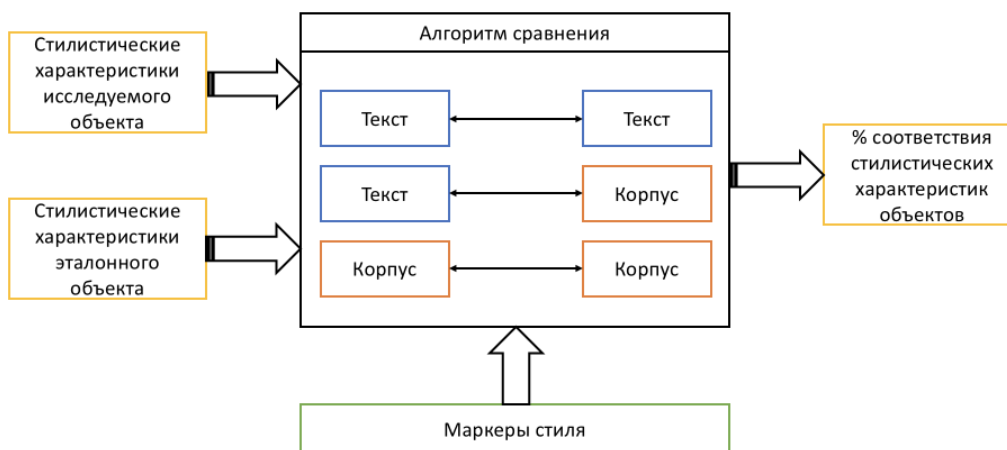
Статья описывает процесс разработки модели для сравнения стилистических характеристик научных текстов на английском языке. В ходе работы были проанализированы существующие системы рецензирования текста на предмет наличия возможности сравнения стилистических характеристик текстов. Анализ типовых задач идентификации стиля позволил выявить наиболее часто применяющиеся методы сравнения численных характеристик текстов. В тексте работы представлена модель в соответствии с которой решается указанный частный случай задачи идентификации стиля. Модель сравнения стилистических характеристик была сформирована из нескольких компонентов, таких как модели представления текстовой информации, метод сравнения этих моделей и способ представления стилистических характеристик текста, а также апробирована на тестовом наборе данных. Метрики сравнения стилистических характеристик текстов могут быть использованы для контроля качества работ в сфере образования, а также при корпусных исследованиях.

Ключевые слова: стилистические характеристики текста, сравнение текстов, векторная модель, маркеры стиля, научная публикация.

Распространение научных трудов в мировом сообществе требует их представления на академическом английском языке, что бывает затруднительно для людей, не являющихся носителями языка. Исследователи-лингвисты выделяют особенности данного стиля речи из специальных подборок текстов, написанных носителями языка для того, чтобы обозначить черты характерные. Идентифицировать стиль текста можно с помощью методов корпусной лингвистики - раздела науки о языке, основывающегося на изучении массивов текстов, объединенных по какому-либо признаку. Проведение анализа текста «вручную» весьма трудозатратный процесс, поэтому реализовано большое количество программных средств, которые могут в этом помочь [11, 12, 13]. Примерами задач идентификации стиля текста являются лингвистическая экспертиза [1, 3, 6], задача идентификации авторства текста [2, 10], а также задача информационного поиска [5]. Решение вышеупомянутой задачи по идентификации стиля требует представить текст в форме, удобной для дальнейшего анализа и обработки. Для использования в разрабатываемой модели была выбрана векторная модель [4, 8], также были рассмотрены модель «мешок слов», объектная и графовая модели. В

рамках данного исследования необходимо разработать модель представления стиля текста и последующего сравнения с такой же моделью эталонного научного текста на английском языке, результатом которого является процентное соотношение соответствия. Характеристиками, по которым проводится сравнение текстов являются так называемые маркеры стиля, выделенные экспертной группой. В качестве входных данных, выступают два набора стилистических характеристик: один для текста или корпуса текстов, который будет считаться эталонным, и второй – исследуемый (см. рисунок).

Векторная модель представления текста имеет большое количество методов для сравнения: косинусная мера [7], евклидово расстояние [9], взвешенное евклидово расстояние [7], расстояние городских кварталов [9] и расстояние Чербышева. Косинусная мера была выбрана как наиболее подходящая для решения текущей задачи, так как в данном методе сравнения присутствует нормализация результата по длине векторов документов, а также результат сравнения лежит в интервале [0; 1], что весьма удобно для дальнейшей интерпретации. Ниже описан пример применения модели пошагово на примере сравнения 1 студенческой работы с 10 академическими статьями. Входные данные представляют собой набор маркеров, определенных экспертом, и соответствующие значения для каждого текста - средняя частота употребления маркера на 1000 слов.



**Рисунок. Объекты сравнения**

*Шаг 1. Векторное представление стилистических характеристик текстов.*

Используя метод взвешивания терм TF, стилистические характеристики текста необходимо представить в виде вектора значений частот употребления маркеров на 1000 слов.

*Шаг 2. Вычисление косинусной меры близости двух векторов.*

Для вычисления степени подобия двух векторов, используем выбранный ранее метод косинусной меры. Составим формулу косинусной меры с указанием вышеуказанных векторов (1):

$$\cos\theta = \frac{\sum_{i=1}^{20} (AV_i \times LV_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{20} AV_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{20} LV_i^2}}, \quad (1)$$

где AV1-AV10 – показатели академических работ, а LV – характеристики студенческой работы. Таким образом, вычисление косинусной меры в MS Excel будет производиться по формуле (2).

$$KM = \frac{СУММПРОИЗВ(C2 : D21)}{КОРЕНЬ(СУММКВ(C2 : C21)) * КОРЕНЬ(СУММКВ(D2 : D21))} \quad (1)$$

где диапазон C2:C21 – вектор характеристик студенческой работы, диапазон D2:D21 – вектор характеристик академической статьи, диапазон C2:D21 – совокупность характеристик обоих векторов.

Результат сравнения представлен в таблице, где значения косинусной меры близости со студенческой работой, а также соответствующая градусная мера, приведены для каждой академической статьи корпуса.

**Таблица. Результаты сравнения текстов**

	Студенческая работа	Градусная мера угла
Академическая статья 1	0,989886	8°
Академическая статья 2	0,449929	63°
Академическая статья 3	0,957742	17°
Академическая статья 4	0,695589	46°
Академическая статья 5	0,988547	9°
Академическая статья 6	0,981407	11°
Академическая статья 7	0,982755	10°
Академическая статья 8	0,989818	8°
Академическая статья 9	0,976974	12°
Академическая статья 10	0,984239	10°

Релевантность полученных результатов может определить эксперт, посредством ручной проверки соответствия текстов. По предварительной оценке эксперта, проверка займет 3 рабочих дня (24 чел.ч.). Процесс будет представлять собой сравнение употреблений каждого маркера в рамках академической статьи и студенческой работы. На основании оценок 20 маркеров для 10 пар текстов будет выставлена оценка подобия стилей текстов.

Результатом данной работы является сформированная модель на основании, которой сравниваются стилистические характеристики текстов. Данная модель не является конечным

результатом, она представляет из себя своеобразный каркас для дальнейшей автоматизации. Модель была сформирована из рассмотренных выше компонентов и применена к тестовому набору данных.

### Библиографический список

1. *Автороведческая экспертиза* — CrimLib.info [Электронный ресурс]. URL: [http://crimlib.info/Автороведческая\\_экспертиза](http://crimlib.info/Автороведческая_экспертиза) (дата обращения: 25.03.2019).
2. *Батура Т.В.* Методы определения авторского стиля текстов и их программная реализация // Программные системы и вычислительные методы. 2014. Т. №2(7). С. 197–216.
3. *Батюшкина М.В.* Лингвистическая и правовая модели классификации лингвистических экспертиз // Политическая лингвистика. 2016. Т. №6.
4. *Векторная модель* [Электронный ресурс]. URL: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Векторная\\_модель](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Векторная_модель) (дата обращения: 25.03.2019).
5. *Крейнес М.Г.* Модели текстов и текстовых коллекций для поиска и анализа информации // Труды МФТИ. 2017. Т. Том 9. № №3. С. 132–142.
6. *Литвинова Т.А.* Лингвистические основы неидентификационной судебно-автороведческой экспертизы // Вестник Челябинского государственного университета. 2012. Т. 20. № 274. С. 74–78.
7. *Математические модели текста* [Электронный ресурс]. URL: <http://lab314.brsu.by/kmp-lite/kmp2/JOB/СModel/BoW-Q.htm> (дата обращения: 25.03.2019).
8. *Моченов С.В., Бледнов А.М., Луговских Ю.А.* Векторная модель представления текстовой информации // Материалы международной научной конференции. 2006. С. 131–139.
9. *Половикова О.Н., Фокина В.В.* Использование евклидова и манхэттенского расстояний в качестве меры близости для решения задачи классификации С. 101–102.
10. *Суркова А.С.* Идентификация авторства текстов на основе информационных портретов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. Т. №3(1).
11. *Anthony L., Ph D.* AntConc (Windows, Macintosh OS X, and Linux) Getting Started (No installation necessary) // 2014. С. 3–4.
12. GATE.ac.uk - [index.html](http://gate.ac.uk/index.html) [Электронный ресурс]. URL: <https://gate.ac.uk/> (дата обращения: 25.03.2019).



13. *Hardie A.* The IMS Open Corpus Workbench (CWB) CQPweb System Administrator's Manual // 2014. C. 1–45.

## **DEVELOPMENT OF METRICS FOR COMPARING SCIENTIFIC TEXT STYLISTIC CHARACTERISTICS**

*Gorbunova Mariia A.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, gorbunova123@inbox.ru

Article describes development process of model for comparing scientific texts stylistic characteristics. During work, the existing systems of reviewing of the text regarding existence of a possibility of comparison of stylistic characteristics of texts were analysed. The analysis of standard problems of identification of style allowed revealing the most often applied methods of comparison of numerical characteristics of texts. The model according to which the specified special case of a problem of identification of style is solved is presented in the text of work. The model has been created from several components, such as method of text information representation, method of these models comparison and way of text stylistic characteristics representation and tested on a trial data set. Metrics for comparing texts stylistic characteristics can be used for paper quality control in education and at linguistic researches.

Keywords: text stylistic characteristics, text comparing, vector space model, stylistic markers, scientific text

## ЗАДАЧА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА В ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАНДАРТАХ

*Гостева Екатерина Андреевна, Ланин Вячеслав Владимирович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, vlanin@live.com

Стандарты и спецификации широко используются в промышленности для определения требований к продуктам и бизнес-процессам, обеспечения функциональной совместимости, безопасности и качества, поэтому актуален вопрос организации эффективной их обработки. Документы стандартов содержат перекрестные ссылки на другие стандарты и спецификации, объясняют одну и ту же область знаний, в совокупности образуя сеть взаимосвязанных стандартов. Особую роль стандарты играют в умном производстве. Одной из проблем на данный момент является отсутствие возможности эффективно использовать имеющуюся базу стандартов из-за ее слабой структурированности. В данной работе рассматривается вопрос о необходимости создания системы семантического поиска и визуализации контента промышленных стандартов.

Ключевые слова: промышленные стандарты, умное производство, интеллектуальный поиск.

**Стандарты в производстве.** Работа современного предприятия немыслима без стандартов. Окружающие устройства: компьютеры, смартфоны, платежные терминалы функционируют и взаимодействуют между собой на базе стандартов. Например, стандарты позволили во времена второй промышленной революции заводам и фабрикам подключиться к муниципальному поставщику электрической энергии (старт массового производства автомобилей в «Ford Motor Company» за счет обеспечения электричеством множества станков и другого конвейерного оборудования) [1]. Стандартизация коммунальных услуг и транспортной инфраструктуры, а также коммерческого производственного оборудования способствовали революционному росту в ту эпоху. Сейчас, на этапе четвертой промышленной революции, возникла необходимость в разработке архитектуры данных и стандартов обмена для поднятия цифрового взаимодействия до более высоких уровней эффективности.

Методы умного производства требуют от производителей и поставщиков оборудования и программного обеспечения придерживаться стандартов для обеспечения требуемых уровней связей и автоматизации. Повышенная сложность в действиях и коммуникациях, связанных с производственными активами (например, деталей, установок, датчиков и

систем), побуждает предприятие обмениваться данными о продуктах и процессах в стандартных электронных форматах. Обмен данными между предприятиями и отделами внутри них может осуществляться бесперебойно и эффективно только тогда, когда обмен информации четко определен и стандартизирован. Стандарты служат в качестве документированных соглашений, содержащих определения, технические спецификации и критерии, применяемые последовательно в качестве правил, руководств или определения характеристик материалов, продуктов, процессов и услуг. Они обеспечивают мировое единообразие, позволяют устранить технические и коммуникационные барьеры, открывая возможности для новых рынков и экономического роста в отрасли.

К преимуществам применения стандартов можно отнести следующее:

1. Более эффективный сбор, описание, организация, распространение и контроль версий требований и спецификаций продукта на протяжении всего жизненного цикла.
2. Повсеместный доступ к актуальным и достоверным данным на протяжении всего жизненного цикла продукта и производственной цепи. Доступ к данным не должен зависеть от конкретных приложений, вместо этого в умном производстве подразумевается доступ нескольких приложений к одним и тем же данным.
3. Повышенная скорость и оптимизированная согласованность бизнес-процессов в цифровых, физических, человеческих и информационных ресурсах.
4. Снижение затрат на закупки, управление поставщиком, производство, контроль качества и внедрения необходимых технологий, услуг и инструментов в совместной производственной бизнес-среде.
5. Гибкая конфигурация и организационная структура цифровых, физических, человеческих и информационных ресурсов для поддержки имеющихся бизнес-требований и постоянного улучшения продуктов и процессов. По мере ускорения развития технологий организациям необходимо легко переключаться между новыми поколениями оборудования и программного обеспечения от разных поставщиков [2].

**Разработка стандартов.** Для большинства стандарты в наше время воспринимаются как должное, но на самом деле их необходимо разрабатывать и развивать, чтобы идти в ногу с постоянно меняющейся инфраструктурой и технологическим ландшафтом. Для развития данной области и объединения конкурентов для взаимной выгоды комитеты по стандартам организуют специальные форумы, на которых организации, занимающиеся разработкой, созданием прототипов и продвижением стандартов, необходимых для умного производства, обсуждают необходимость стандартов и объединяют свои ресурсы для их разработки.

К таким организациям как раз относится и независимая неправительственная Международная организация по стандартизации (ISO, International Organization for Standardization). Данная организация включает в себя 165 стран-участников и опубликовала на данный момент 22542 стандарта в различных областях, например, технологии, сельское хозяйство, здравоохранение и другие. В настоящее время ключевым стандартом в области интеллектуального производства является ISO 15926 «Industrial automation systems and integration», который на данный момент уже насчитывает 13 опубликованных частей и одну часть на стадии рабочего черновика. Он рассматривает жизненный цикл производства, модели концептуальных данных, испытания соответствия, методологии разработки и валидации, а также методологию упрощенного промышленного использования справочных данных, комплексный жизненный цикл планирования активов [3].

Международная электротехническая комиссия (IEC, International Electrotechnical Commission) является ведущей, специализирующейся на международных стандартах для электрических, электронных и связанных с ними технологий. IEC играет ключевую роль в разработке стандартов для инфраструктуры Интернета вещей (IoT, Internet of Things). В качестве примера публикации от IEC рассмотрим «Internet of Things: Wireless Sensor Networks», в которой обсуждается использование и развитие беспроводных сенсорных сетей в более широком контексте IoT, а также расширение инфраструктурных технологий и стандартов [4]. Также, совместными усилиями ISO и IEC создали специальное подразделение – ISO/IEC JTC 1 (ISO/IEC Joint Technical Committee 1), которое занимается разработкой глобальных стандартов в области информационно-коммуникационных технологий для деловых и потребительских приложений.

Еще одна некоммерческая ассоциация Международное общество автоматизации (ISA, International Society of Automation) устанавливает стандарты для тех, кто применяет инженерные разработки и технологии для улучшения управления, безопасности (в том числе и кибербезопасности) современных систем автоматизации и управления, используемых в промышленности и важнейших объектах инфраструктуры. В перечень опубликованных данной организацией стандартов входит ISA-95 «Enterprise-Control System Integration» – международный стандарт для разработки автоматизированного интерфейса между предприятием и системами управления, цель которого заключается в обеспечении согласованности терминологии (основой коммуникации между поставщиком и изготовителем), последовательных информационных моделей и операций для обеспечения функциональности приложений и определения использования информации [5].

Помимо перечисленных организаций, разработкой и развитием стандартов занимаются и такие организации, как OPC Foundation (стандарты по безопасному и надежному обмену информацией в области промышленной автоматизации), OAGi (стандарты взаимодействия бизнес-процессов, как внутри, так и между производственными компаниями), MIMOSA (стандарты интеграций операций и обслуживания), MESA International (стандарты в области промышленных предприятий) [2].

**Проблемы в использовании стандартов.** В настоящее время экосистема стандартов умного производства включает в себя более 50 различных стандартов, полный перечень и обзор которых был представлен в работе [6]. Некоторые из них используются в производстве уже длительное время (например, ISA-95 или IEC 62264), некоторые же создаются по мере развития умного производства (например, ISO 12100). Как видно из рисунка 1, многие стандарты (конкретно здесь представлены некоторые стандарты интеграции) пересекаются или дополняют друг друга. Так, например, стандарты MIMOSA и ISA-95 с разным уровнем детализации описывают структуры для моделирования предприятий и их активов, ISO 10303 - STEP и ISO-15926 включают поддержку моделирования жизненного цикла информации о продукте. Также, IEC ведет разработку стандартов в области IoT, связанных с датчиками и данными, поступающими из систем управления низкого уровня, которые будут совпадать в некотором роде с уже существующей спецификацией для интеграции оборудования автоматизации OPC UA.

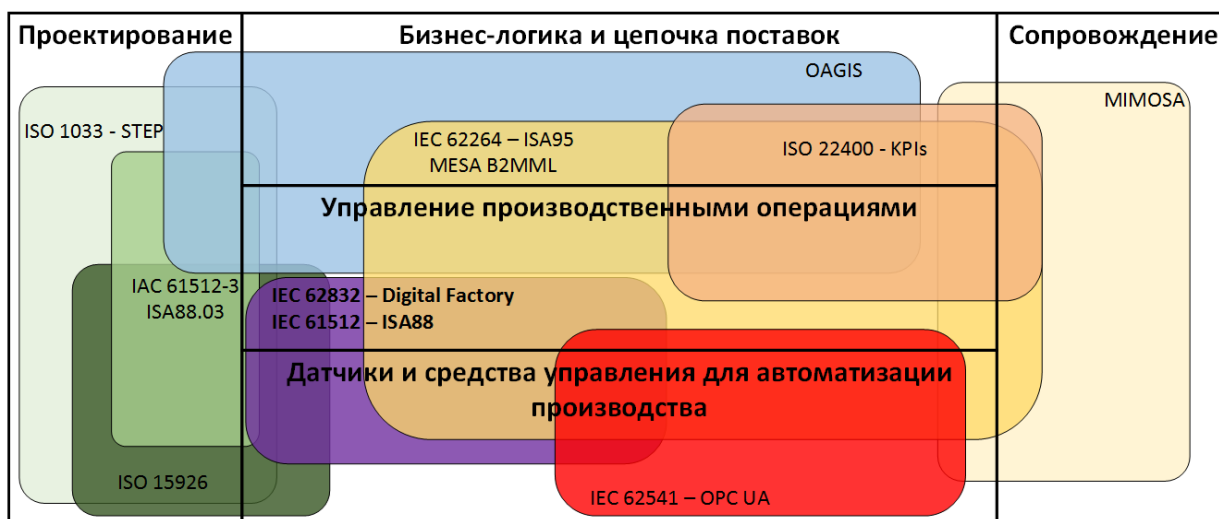


Рисунок 1. Примеры стандартов интеграции в умном производстве

Такой запутанный и постоянно развивающийся ландшафт создает проблемы при использовании стандартов – как человек, вне зависимости является он специалистом или нет, сможет найти соответствующую информацию среди этого множества стандартов? Решением этого вопроса начал заниматься Национальный институт стандартов и технологий (NIST) и в

2013 представил NIST Ontological Visualization Interface for Standards (NOVIS) – систему для предоставления интерактивного визуального интерфейса с терминологией из стандартов, связанных с устойчивым производством. Данный инструмент отображает содержание определенных стандартов (в основном ISO) с помощью онтологии, описанной на языке Web Ontology Language (OWL), которая образует большой сетевой граф терминов. NOVIS предоставляет интерактивный визуальный интерфейс для навигации по большим сетям терминов, возможность строить простые и сложные вопросы, а также экспортировать выбранные термины в удобный для пользователя формат (HTML или Excel файл). Реализована система на языке Java, для создания и добавления онтологии используется редактор Protege, для ее визуализации - основанный на Java инструментарий Prefuse, для построения запросов используется язык SPARQL [7].

В качестве примера работы системы рассмотрим запрос пользователя на поиск термина «product» из стандартов ISO. Для этого необходимо создать сложный запрос со следующими параметрами: мы ищем термины («Type – Term»), которые связаны с «product» («Property – definition – product») в стандартах ISO («Relation – adaptedFrom – ISO»). Для данного запроса было получено 11 результатов, один из которых представлен на рисунке 2.

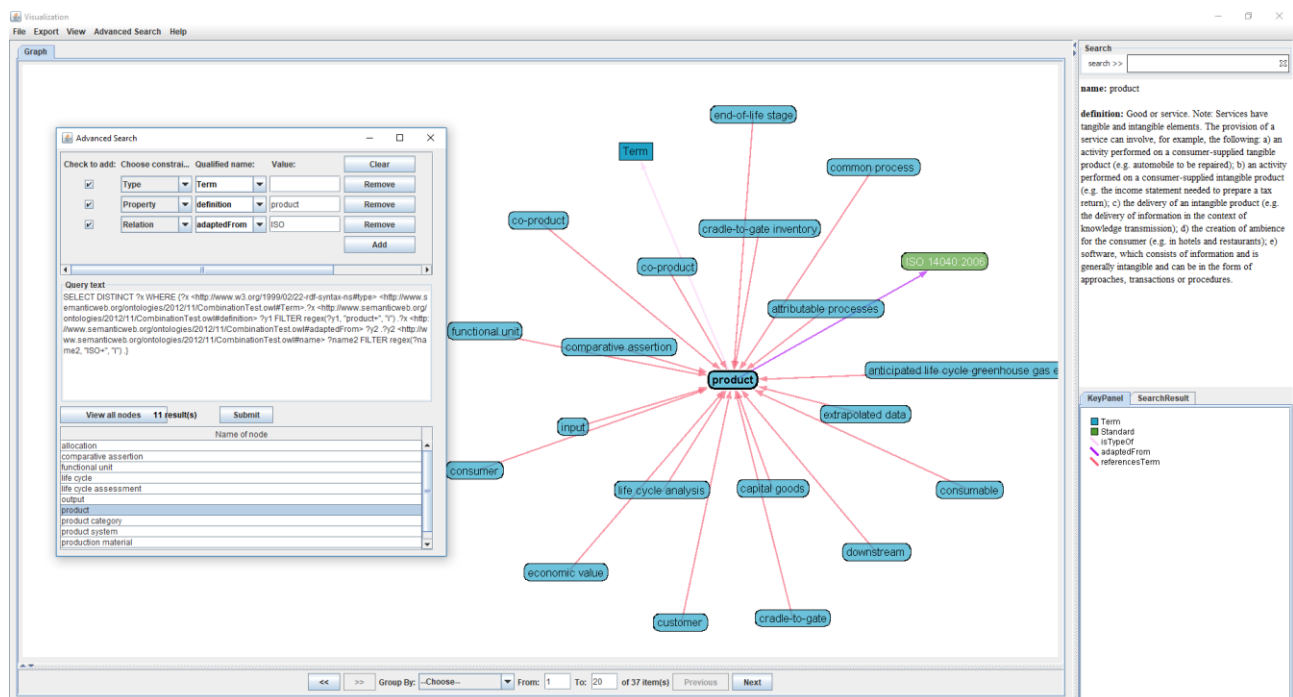


Рисунок 2. Вывод результатов пользовательского запроса в системе NOVIS

Преимуществами данного инструмента являются удобная навигация по схеме, настройка визуализации и возможность создания расширенного поискового запроса. К недостаткам данной системы можно отнести следующее: ограниченный набор стандартов,

необходимость практических знаний в области разработки онтологий для расширения базы знаний системы.

В 2015 году в рамках Программы инновационных исследований малого бизнеса (Small Business Innovation Research Program, SBIR) было представлено два решения в данной области на основе NOVIS - Visual Ontological Language for Technical Standards (VOLTS) и A Tool for Building Semantically Interoperable Specification and Standards. Система VOLTS от компании Aztera представляет собой платформу для разработки технических стандартов, которая была создана на основе концепций NOVIS, модельно-ориентированного проектирования (MDE) и системы управления версиями (VCS). Данный проект имеет две фазы: на первой реализованы процессы импорта/экспорта и просмотра существующих стандартов, на второй работает инструментарий для создания, связывания и создания новых версий стандартов [8]. Второй представленный проект от компании XSB перерос в проект SWISS (The Semantic Web for Interoperable Specifications and Standards), который направлен на создание структурированных моделей для новых и существующих спецификаций, используя онтологию [9].

Рассмотренные выше решения используют семантическую индексацию слабоструктурированного текста стандартов на основе онтологических ресурсов, превращая корпус стандартов в базу «умных» документов, которые «понимают», с чем они связаны, «почему» они связаны и состояние этой связи. Можно даже сказать, что такая модель напоминает концепцию IoT для технических данных из стандартов и спецификаций.

В рамках дальнейших исследований предполагается разработка системы, позволяющей проводить автоматическую семантическую индексацию документов стандартов, выявление связей между документами и представление корпуса стандартов как единой базы данных, предполагающей возможность выполнения запросов, то есть извлечение знаний в структурированном виде. Отличительной особенностью будет поддержка работы с параллельными документами на русском и английских языках.

### **Библиографический список**

1. *Beaudreau, B. C.* Mass Production, the Stock Market Crash, and the Great Depression: The Macroeconomics of Electrification. Lincoln, NE: Authors Choice Press, 2004.
2. *Hannah, M., Leiva, C, Noller, D.* The Importance of Standards in Smart Manufacturing // MESA International White Paper. 2018. Vol. 58.
3. International Organization for Standardization [Электронный ресурс] URL: <https://www.iso.org/home.html> (дата обращения: 02.03.2019).

4. International *Electrotechnical Commission* [Электронный ресурс] URL: <https://www.iec.ch/> (дата обращения: 02.03.2019).
5. International Society of Automation [Электронный ресурс] URL: <https://www.isa.org> (дата обращения: 02.03.2019).
6. *Lu, Y., Morris, K.C., Frechette S.* NISTIR 8107: Current Standards Landscape for Smart Manufacturing System // National Institute of Standards and Technology. 2016.
7. *Lechevalier, D., Narayanan, A., Morris, K.C.* NIST Ontological Visualization Interface for Standards: User's Guide // National Institute of Standards and Technology. 2013.
8. *Whitsitt, S., Vohnout, S., Wilmering T.* A Visual Ontological Language for Technical Standarts (VOLTS) // ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. 2016
9. *The Semantic Web for Interoperable Specs and Standards* [Электронный ресурс] URL: [https://www.dla.mil/Portals/104/Documents/LandAndMaritime/V/VA/PSMC/Spring%2017/LM\\_SWISS%20-%20What%20do%20you%20Hire%20A%20Standard%20to%20do\\_Spring%202017%20PSMC170526.pdf](https://www.dla.mil/Portals/104/Documents/LandAndMaritime/V/VA/PSMC/Spring%2017/LM_SWISS%20-%20What%20do%20you%20Hire%20A%20Standard%20to%20do_Spring%202017%20PSMC170526.pdf) (дата обращения: 02.03.2019).

## **THE TASK OF INTELLIGENT SEARCH IN INDUSTRIAL STANDARDS**

*Gosteva Ekaterina A., Lanin Viacheslav V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, vlanin@live.com

Standards and specifications are widely used in industry to define requirements for products and business processes, ensure interoperability, safety and quality, so the main question is how best to apply them in the process of own production? Standards play a special role in smart manufacturing, since the documents, as the documents contain cross-references to other standards and specifications, explaining the same area of knowledge, together forming a network of interrelated standards. One of the problems at the moment is the inability to effectively use the existing standards base due to its weak structure. This paper discusses the need to create a system of semantic search and content visualization of industry standards.

Keywords: industrial standards, smart manufacturing, intelligent search.



**ФАСЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧИТЕЛЕЙ  
ИНФОРМАТИКИ**

*Грушевский Сергей Павлович, Добровольская Наталья Юрьевна, Харченко Анна  
Владимировна*

Кубанский государственный университет, 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская д. 149  
spg@kubsu.ru

Составной частью профессионально-педагогической компетентности является конструирование дидактического обеспечения учебного процесса. В статье предлагается использование фасетной технологии для обеспечения этого процесса на примере курса информатики. Технология позволяет разрабатывать большие наборы учебных заданий различных форматов и уровней сложности. Условия задачи трансформируются в фасетную формулу, структура и примеры которой приводятся в статье. Фасетная формула соотносится с обобщенной схемой решения задачи – формализованным алгоритмом некоторого типа. Построение фасетной формулы допускает автоматизацию, что может обеспечить учителя эффективным средством компьютерной дидактики. Использование фасетной технологии в профессиональной деятельности учителей информатики, как технологии компьютерной дидактики, позволяет не только оптимизировать время разработки разноуровневых авторских заданий, но и расширить методику обучения информатики средством формализации структуры задачи, что обеспечивает развитие профессионально-педагогической компетентности учителей информатики.

**Ключевые слова.** Профессионально-педагогическая компетентность, конструирование заданий, фасетная технология, фасетная формула задачи, обобщенная схема.

Современные требования к профессиональной подготовке учителей информатики включают формирование навыков владения технологиями компьютерной дидактики, позволяющих эффективно реализовывать индивидуальный подход к учащимся, организовать процесс обучения информатики на качественном технологическом уровне [1].

Важной составляющей профессионально-педагогической компетентности является умение конструировать дидактическое обеспечение учебного процесса, разработка которого в условиях информатизации образования обеспечивается применением компьютерных дидактических технологий [2]. Одной из таких технологий, позволяющих конструировать большие наборы разноуровневых учебных заданий и допускающих их простую автоматизацию, является фасетная технология.

Фасетная технология создает учебную задачу на основе фасетной классификации, при этом учебная задача состоит из элементов двух типов: изменяемые (фасетные признаки) и неизменяемые (базовые слова). Варьирование фасетных признаков позволяет получить множество задач одной темы с различными формулировками. Использование технологии в педагогической практике не только обеспечивает индивидуализированный подход к обучаемому за счет построения больших наборов разноуровневых однотипных заданий, но и позволяет глубже понять структуру задачи, формализовать ее, а, следовательно, соотнести с ней алгоритм решения задачи.

Опираясь на локальные технологии фасетных тестов, введенных А.И. Архиповой нами предложен процесс конструирования фасетной формулы задачи [3, 4]. Формула представляет собой набор фасетов (фасетных признаков и базовых слов), определяющих структуру задачи и позволяющих формировать практически бесконечное множество однотипных задач. Фасетные формулы делятся на несколько видов сложности в зависимости от количества фасетных признаков и их содержания.

В качестве примера приведем фасетную формулу, сгенерированную нами по разделу: «Программирование»: «Дан {Ф1}. Если он {Ф2}, то {Ф3} {Ф4} элементы» [5]. Здесь {Ф1} – фасетный признак структуры данных и может принимать следующие значения: одномерный массив, файл, однонаправленный список, двунаправленный список. {Ф2} – признак свойства структуры данных; его возможные значения: упорядочен по возрастанию, упорядочен по убыванию, знакопеременный, не знакопеременный, симметричный и т.д. {Ф3} – признак действия: заменить на заданное число N, увеличить на заданное число N, уменьшить на заданное число N, возвести в степень N, удалить и др. {Ф4} – фасетный признак свойства элемента: положительные, отрицательные, четные, нечетные, кратные числу K, не кратные числу K, простые, совершенные, принадлежащие [a,b], оканчивающиеся на число K и т.д. «Дан», «Если он», «то» и «элементы» – это базовые (неизменяемые) слова. Используя представленную фасетную формулу, можно получить, например, следующие задачи: «Дан одномерный массив. Если он несимметричный, то заменить все четные элементы на заданное число N», «Дан файл. Если он упорядочен по возрастанию, то возвести в квадрат все положительные элементы», «Дан двунаправленный список. Если он знакопеременный, то увеличить на заданное число N кратные пяти элементы», «Дан однонаправленный список. Если он неупорядочен по убыванию, то удалить принадлежащие [a,b] элементы».

Трансформация условия задачи в фасетную формулу позволяет получить формализованное решение задачи данного типа. Такое формализованное решение назовем обобщенной схемой решения задачи. Для рассмотренной выше фасетной формулы обобщенная схема на языке C++ будет иметь вид, представленный на рисунке:

```
Flag = <initial value>;
for (i=0; i<n; i++)
    if (condition1) Flag=< modified value>;
if (Flag)
{ for (i=0; i<n; i++)
    if (condition2) {action} }
for (i=0; i<n; i++)
    {output on display}
```

**Рисунок. Обобщенная схема**

Здесь первые три строки схемы соответствуют фасетному признаку свойства структуры данных (Ф2); <condition2> определяет фасетный признак действия (Ф3), а <action> соотносится с фасетным признаком свойства элемента (Ф4). Замена фасетных признаков в формуле конкретными значениями позволяет на основе обобщенной схемы генерировать решения конкретных задач.

Применение компьютерной дидактической технологии – технологии фасетов – в обучении информатике позволяет, обеспечить учителя мощным средством разработки авторских заданий различных форматов и уровней сложности. Построение фасетной формулы может быть автоматизировано от использования макросов электронных таблиц до разработки специальных компьютерных программ. Использование фасетных формул обеспечивает развитие профессионально-педагогической компетентности учителя информатики за счет формирования умения конструировать авторские задачи, расширения методики обучения информатике средством формализации структуры задач по программированию; сокращения времени построения наборов разноуровневых заданий.

### Библиографический список

1. *Грушевский С.С., Архипова А.И.* Электронные образовательные ресурсы инновационной компьютерной дидактики как средство информатизации педагогического образования // Историческая и социально-образовательная мысль. 2014. № 1. С. 75-81
2. *Грушевский С.П., Добровольская Н.Ю.* Курс «Информационные технологии в науке и образовании» в процессе формирования профессионально-педагогических компетенций магистрантов математических направлений. // Труды Международной научной конференции «Образование, наука и экономика в вузах и школах. Интеграция в международное образовательное пространство». Цахкадзор: Pedagogic initiative. 2014. Т. 1. С.489-492.
3. *Архипова, А.И.* Методика разработки и применения фасетных тестов по физике / А.И. Архипова // Школьные годы: тематический альманах. – Краснодар, 1996. – № 3.
4. *Добровольская Н.Ю., Харченко А.В.* Применение технологии фасетов при изучении основ программирования. // Математическое образование в школе и вузе: теория и практика (MATHEDU-2014): материалы IV Международной научной-практической конференции, посвященной 210-летию Казанского университета и Дню математики. (Казань, 28-29 ноября 2014 года). Казань: Изд-во Казан.ун-во. 2014. С. 231-233.
5. *Харченко А.В.* Методика обучения будущих учителей конструированию учебных задач по информатике на основе фасетной технологии. // Известия ВГПУ. Серия «Педагогические науки». 2016. № 2(271). С.89-92.

### FACETT TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF FORMATION OF PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL COMPETENCE OF INFORMATICS TEACHERS

*Grushevskii Sergey P., Dobrovolskaia Natalia U., Kharchenko Anna V.*

Kuban State University, 149, Stavropolskay st., Krasnodar, 350040, spg@kubsu.ru

An integral part of professional and pedagogical competence is the design of the didactic support of the educational process. The article proposes the use of facet technology to support this process on the example of an informatics course. The technology allows you to develop large sets of training tasks of various formats and levels of complexity. The conditions of the problem are transformed into a facet formula, the structure and examples of which are given in the article. The facet formula is related to a generalized problem-solving scheme — a formalized algorithm of some type. Building a facet formula allows automation, which can provide teachers with an effective means of computer didactics. The use of facet technology in the professional activity of informatics teachers as a computer didactic technology allows not only to optimize the development time of author's different-level tasks, but also to expand the informatics teaching methodology by means of formalizing the task structure, which ensures the development of professional pedagogical competence of information teachers.

**Keywords.** Professional-pedagogical competence, design tasks, facet technology, the facet formula of the problem, a generalized scheme.

## **ФРЕЙМВОРК REACT КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ**

*Денисова Юлия Алексеевна, Шестаков Александр Петрович*

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Сибирская, 24, denisova@pspu.ru

В настоящее время активно развиваются технологии веб-программирования. Выполнен обзор одного из эффективных современных инструментов веб-разработки, который можно использовать для создания компонентно-ориентированных пользовательских интерфейсов с помощью JavaScript. Фреймворки сильно изменили мир программирования и стали неотъемлемой частью процесса разработки. Рассматривается характеристика фреймворка React, его достоинства и недостатки, а также возможности применения для реализации и создания интерактивных пользовательских интерфейсов. Обсуждается основная возможность фреймворка React – компоненты. Приводятся этапы создания приложения в React.

Ключевые слова: JavaScript, фреймворк, React, веб-программирование.

JavaScript является языком программирования, широко используемым для создания многофункциональных веб-приложений, разработки масштабируемых и адаптивных интерфейсов, изменения веб-сайтов в режиме реального времени и других актуальных задач.

При создании веб-сайта или приложения на основе JavaScript очень важно выбрать подходящий инструментарий для проекта. Это поможет значительно облегчить процесс разработки, сохранить код организованным, обеспечить своевременное выполнение работы и общий успех конечного продукта. В настоящее время в качестве таких эффективных инструментов выступают JavaScript-фреймворки.

Фреймворк — шаблон (заготовка) для программной платформы, определяющий структуру системы; программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных модулей веб-проекта [1].

Выбор подходящего фреймворка JavaScript зависит от первоначальных целей продукта, требований проекта, общей функциональности, его применимости в каждом конкретном случае. Разработчики, владеющие технологиями работы с фреймворками JavaScript, являются крайне востребованными на мировом рынке труда.

Первое место в списке лучших JavaScript-фреймворков на 2019 год занимает React.JS. React – это фреймворк для создания компонентно-ориентированных пользовательских

интерфейсов с помощью JavaScript. React служит для создания повторно используемых компонентов пользовательского интерфейса для каждого состояния, которые могут автоматически обновлять и отображать данные без необходимости перезагрузки страницы.

Статистика использования.

- 475 тысяч веб-сайтов в сети работают на React.
- 64,8% разработчиков JavaScript в настоящее время используют React.
- Занимает первое место по популярности среди готовых JavaScript-фреймворков в опросе State Of JS (см. рисунок).

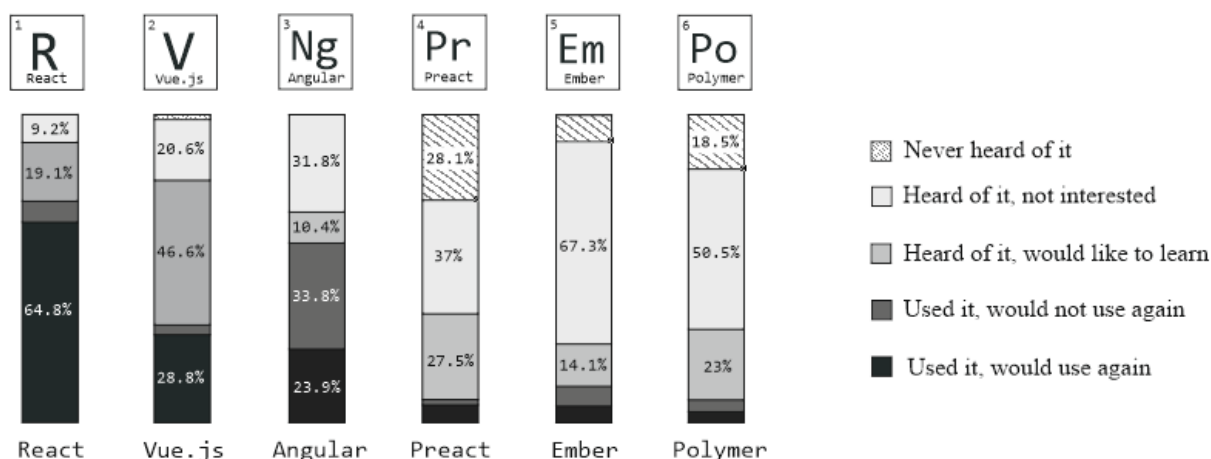


Рисунок. Рейтинг State Of JS фреймворков JavaScript [2]

Обсудим достоинства и недостатки React.

Достоинства:

- 1) *Высокая производительность* - React известен своей высокой эффективностью и гибкостью. Он может быть легко интегрирован с другими платформами без каких-либо проблем. Также React может использоваться как на стороне клиента, так и на стороне сервера.
- 2) *Совместимость* – легкий переход от старых версий к новым.
- 3) *Легкая в обслуживании структура компонентов* - архитектура на основе компонентов помогает повысить возможность повторного использования кода и облегчить обслуживание в крупномасштабных проектах.
- 4) *Однонаправленный поток данных* - однонаправленное связывание данных через элементы управления потоком помогает убедиться, что любые изменения, внесенные в структуру дочерних элементов, не влияют на структуру родительских элементов.
- 5) *Рендеринг*. Многие схожие с React фреймворки работают с DOM напрямую. А интерфейсы, в свою очередь, становятся все сложнее. И взаимодействие с DOM

напрямую негативно отражается на скорости работы приложения. В React решили эту проблему, внедрив концепцию Virtual DOM.

Недостатки:

- 1) *Сложный в использовании* - многие разработчики находят React слишком сложным для своих целей по сравнению с другими фреймворками. Добавленная сложность может быть ненужной для небольших проектов.
- 2) *Нехватка официальной документации*. Быстрая разработка React не оставляет места для правильной документации, которая не имеет определенной структуры, так как многие разработчики вносят в неё индивидуальные изменения без какого-либо систематического подхода.
- 3) *Необходимость инструментов для сборки*. Для правильного функционирования React требуется широкий набор инструментов для сборки и совместимости с другими библиотеками и средами.

При существующих недостатках, React выполняет задачи, для которых он предназначен, и преуспевает в тех областях, где другие фреймворки терпят неудачу.

В основе всех приложений React лежат компоненты, являющиеся частью пользовательского интерфейса. Поэтому при создании приложений с помощью React, создается множество независимых и повторно используемых компонентов, а затем их объединяют для создания сложных пользовательских интерфейсов.

Каждое приложение React имеет как минимум один компонент, родительский. Он является основой и содержит другие дочерние компоненты. Таким образом, каждое приложение React представляет собой иерархию компонентов.

Самым большим преимуществом использования компонентов является то, что можно изменить тот или иной компонент в любой момент времени, не затрагивая остальные. Эта функция наиболее эффективна, когда она реализована в более крупных приложениях, где данные часто изменяются. Каждый раз, когда любые данные добавляются, React автоматически обновляет конкретный компонент, состояние которого фактически изменилось. Это избавляет браузер от перезагрузки всего приложения для отображения изменений.

В React есть два типа данных: props (пропсы) и state (состояние). Ключевая особенность в том, что state – это приватный тип данных и может быть изменен изнутри компонента. Props, наоборот, являются внешними и не могут управляться самим компонентом. Они передаются компонентами, находящимися выше по иерархии, которые также управляют и данными.

Этапы создания приложения в React [3].

1. Разбить интерфейс на составляющие. Нужно определить функционал каждого компонента (и подкомпонента) в макете и дать им имена. Если функциональность компонента увеличивается с течением времени, его следует разбить на подкомпоненты.

2. Создание статической версии в React. Теперь, когда все компоненты расположены в иерархическом порядке, пришло время реализовать приложение. Самый лёгкий способ — создать версию, которая использует модель данных и рендерит (визуализирует) интерфейс, но не предполагает никакой интерактивности. В конце этого этапа появится библиотека повторно используемых компонентов, отображающих модель данных.

3. Определение минимального (но полноценного) отображения состояния интерфейса. Чтобы сделать приложение интерактивным, необходимо иметь возможность инициировать изменения в своей базовой модели данных. React облегчает это, благодаря использованию состояния (state). Состояние - это объект, представляющий собой части приложения, которые могут изменяться. У каждого компонента может быть своё состояние, которое находится в свойстве объекта `this.state`.

4. Определить, на каком уровне иерархии приложения находится соответствующее состояние, т.е. после того, как определился минимальный набор состояния приложения, необходимо определить, какой компонент владеет этим состоянием и изменяет его.

5. Добавление обратного потока данных.

Таким образом создаются компоненты и приложения с помощью React.

В целом, фреймворк React является эффективным инструментом для разработки пользовательского интерфейса. Его функциональность ускоряет разработку за счет сокращения времени, затрачиваемого на написание кода, что является большим преимуществом для разработчиков. Крупные компании, такие как Netflix, Yahoo, Instagram, Facebook, WhatsApp, Сбербанк, PayPal, Microsoft, BBC, используют React в качестве базового инструмента веб-интерфейса.



### Библиографический список

1. *Cambridge English Dictionary* [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/frameworkworks>.
2. *Front-end Frameworks - Overview* [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://2018.stateofjs.com/front-end-frameworks/overview/>.
3. *React – A JavaScript libray for building* [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: [reactjs.org/docs/getting-started.html](https://reactjs.org/docs/getting-started.html)
4. *Is React.js the Best Javascript Framework* [Электронный ресурс] / D. Kostrzewa. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: [hackernoon.com/is-react-js-the-best-javascript-framework-in-2018](https://hackernoon.com/is-react-js-the-best-javascript-framework-in-2018).

### FRAMEWORK REACT AS AN EFFECTIVE MODERN TOOL WEB DEVELOPMENT

*Denisova Yulia A., Shestakov Alexander P.*

Perm State Humanitarian-Pedagogical University, 24, Sibirskaya st., Perm, 614990, Russia,  
denisova@pspu.ru

Currently, web programming technologies are actively developing. We have reviewed one of the most effective modern web development tools that can be used to create component-oriented user interfaces using JavaScript. Frameworks have greatly changed the world of programming and have become an integral part of the development process. The characteristic of the React framework, its advantages and disadvantages, as well as the possibility of application for the implementation and creation of interactive user interfaces are considered. Discusses the core capability framework React – components. The steps of creating an application in React are given.

Keywords: JavaScript, framework, React, web programming.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ У ДЕТЕЙ

*Дерюшева Анна Юрьевна, Пермякова Анна Владимировна*

Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,  
614000, Пермь, ул. Петропавловская 26, derucheva@mail.ru

В исследовании представлена возможность прогнозирования синдрома эндогенной интоксикации, развивающегося при бактериальных кишечных инфекциях. Для расчета вероятности использовали лейкоцитарные индексы показателей периферической крови у детей, госпитализированных по поводу острой кишечной инфекции. Общий анализ крови брали при поступлении в стационар, далее проводили стандартные исследования для верификации этиологии заболевания (бактериальная/вирусная). В обеих группах сравнивали лейкоцитарные индексы, причем, только для ядерного индекса интоксикации получены достоверные различия в 2 раза. Полученные данные использовали для построения математической модели при помощи логистической регрессии. Определена формула вероятности бактериальной этиологии кишечной инфекции, и соответствующие ей значения ядерного индекса интоксикации.

Ключевые слова: дети, кишечные инфекции, лейкоцитарный индекс.

В настоящее время все большее внимание исследователей привлекают возможности применения в целях научного познания методов математического моделирования, предполагающих создание некоего математического описания, задающего поведение исследуемой системы. В случае живого объекта, когда система-оригинал состоит из множества подсистем, поведение которых неопределенно и зависит от случайных внешних факторов, основой математического описания являются алгоритмы, имитирующие процессы в оригинале – это имитационные модели. Современные математические модели, используют дифференциальные уравнения, теорию стохастических процессов, симуляцию на основе агентов, 3D-виртуальное моделирование и пр.

В качестве объекта исследования в своей работе мы выбрали синдром эндогенной интоксикации, развивающийся при острых кишечных инфекциях бактериальной этиологии. Маркерами данного синдрома могут быть общеизвестные лейкоцитарные индексы, вычисление которых доступно в рутинной практике. Проблема состоит в том, что стартовая терапия острых кишечных инфекций в большинстве случаев является эмпирической, поскольку многообразие и неспецифичность клинико-лабораторных данных не позволяют достаточно быстро установить этиологию заболевания (бактериальную/вирусную). Поэтому

представляет интерес изучение возможности использования интегральных показателей общего анализа крови (ОАК) в качестве критериев для проведения объективной дифференциальной диагностики, поскольку патогенетический механизм возникновения кишечной инфекции и лабораторные критерии эндогенной интоксикации, развивающейся при инвазивном характере патологии, находятся в тесной взаимосвязи [1].

**Цель.** Оценить вероятность развития эндогенной интоксикации при кишечных инфекциях у детей раннего возраста, путем вычисления лейкоцитарных индексов.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на базе детского инфекционного отделения КДИКБ г Перми в 2017 г. Проведен ретроспективный анализ историй болезни 76 детей в возрасте до 3 лет, поступивших на лечение по поводу острой кишечной инфекции, проявлявшейся диареей, рвотой, болями в животе. При помощи бактериологического и иммуноферментного методов исследования проведена этиологическая верификация диагноза, согласно которой были выделены 2 сопоставимые группы детей: 32 ребенка, у которых заболевание было вызвано бактериальными возбудителями типа *Salmonella* и *Shigella*, и 44 ребенка с диспепсией вирусной этиологии.

Клиническое обследование включало: сбор жалоб, изучение анамнеза жизни и заболевания, объективный осмотр. Забор общего анализа крови, по которому производился расчет лейкоцитарных индексов, осуществлялся в первый день госпитализации, до начала лечения.

Лейкоцитарные индексы рассчитывали по следующим формулам:

Лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), формула Г.А. Даштаянца:

$$ЛИИ = \frac{4 \times \text{миелоциты} + 3 \times \text{юные} + 2 \times \text{п/я} + 1 \times \text{с/я} (\text{пл.кл.} + 1)}{\text{моноциты} + \text{лимфоциты} \times (\text{эозинофилы} + 1)}$$

Лимфоцитарный индекс (ЛИ):

$$ЛИ = \frac{\text{лимфоциты}}{\text{моноциты}}$$

Ядерный индекс (ЯИИ):

$$ЯИИ = \frac{(\text{моноциты} + \text{юные} + \text{п/я})}{\text{с/я}},$$

где п/я – палочкоядерные нейтрофилы (%), с/я – сегментоядерные нейтрофилы (%), пл.кл. – плазматические клетки (%), доля миелоцитов, моноцитов, лимфоцитов, эозинофилов указывается в %. Показатели сравнивались с регионарными нормами для данного возраста [2]. За возрастную норму были приняты следующие значения: для ЛИИ - от 0,08 до 0,2, ЛИ – 9,2-44,0, ЯИИ – 0,08-0,32.

Для построения математической модели использовали регрессионный анализ. Поскольку зависимая переменная (наличие бактериальной инфекции у пациента – да/нет), бинарна, и подчиняется биномиальному закону распределения, применяли логистическую регрессию. Проверку значимости модели осуществляли при помощи критерия  $\chi^2$ , отвергающего нулевую гипотезу, что все оцениваемые коэффициенты равны нулю, и коэффициента  $R^2$ , характеризующего долю вариации результативного признака  $y$ , объясняемую регрессией, в общей вариации (дисперсии). Количественные переменные, распределенные по нормальному закону, описывали при помощи следующих характеристик: среднее значение ( $M$ ), с указанием доверительного интервала (ДИ). Связи между номинальными и порядковыми переменными рассчитывали с использованием критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Разница значима при  $p < 0,05$ . Результаты обработаны при помощи программы Excel (Microsoft Corp), Deductor Studio.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В первой группе наблюдения в 78,0%(25/32) случаев установлен диагноз сальмонеллез, в 22,0% (7/32) - шигеллез. В клинической картине заболевания детей этой группы преобладали явления интоксикации. Во второй группе причиной заболевания являлся ротавирус в 31,8%(14/44) случаев, у 68,2%(30/44) заболевших установлена смешанная этиология (ротавирус и УПФ). Условно-патогенная флора была представлена, в основном, *St. aureus*, *Kl. pneumoniae*, *Morganella morganii* и *E. Coli* лактозонегативная. Клиническая картина заболевания детей второй группы протекала по типу эксикоза. В лейкоцитарной формуле у детей обеих групп определялся умеренный нейтрофилез, что затрудняло постановку диагноза.

Проведен расчет лейкоцитарных индексов. Установлено, что у детей обеих групп ЛИИ был достоверно выше нормального значения: ЛИИ<sub>1 группа</sub> = 2,7 (ДИ 1,13;3,2), ЛИИ<sub>2 группа</sub> = 2,5 (ДИ 1,3;2,8). Значения ЛИ, в обеих группах были незначительно ниже границ нормы: ЛИ<sub>1 группа</sub> = 6,72(ДИ3,7;7,7), ЛИ<sub>2 группа</sub> = 8,2(ДИ3,2;10,8). И, только для ЯИИ были обнаружены достоверные различия: ЯИИ<sub>1 группа</sub> = 0,24 (ДИ 0,15;0,31), ЯИИ<sub>2 группа</sub> = 0,42 (ДИ 0,25;0,57), ( $p=0,003$ ). Применив логистическую регрессию, определили формулу вероятности бактериальной этиологии острой кишечной инфекции:

$$P = \frac{(e^{-6,8+0,18x})}{(1 + e^{-6,8+0,18x})} \times 100\% ,$$

где  $P$  - вероятность (%) бактериальной этиологии острой кишечной инфекции;  $e$  - основание натурального логарифма, равное 2,7,  $x$ - значение ЯИИ конкретного больного. Рассчитали, что 50,0%-вероятности бактериальной этиологии ОКИ, соответствует ЯИИ=40.

**Выводы.** Таким образом, для оценки вероятности бактериальной этиологии кишечной инфекции у детей в возрасте до 3 лет, в первые сутки заболевания, можно использовать вышеприведенную формулу, учитывающую «ядерный индекс интоксикации» лейкоцитов.

#### **Библиографический список**

1. *Алексеева Л.А.* Эндогенная интоксикация при инфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта у детей / Л.А. Алексеева и др. // Доктор. Ру. 2013. № 9 (87). С. 57—60.
2. *Бахметьев Б. А., Ширшев С. В., Кеворков Н. Н.* Основные показатели иммунограммы детей и взрослых Пермской области. Пермь, 2002; 45с.

### **DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF THE ENDOGENOUS INTOXICATION SYNDROME IN CHILDREN**

*Deryusheva Anna U., Permyakova Anna V.*

E.A. Vagner Perm State Medical University, 26, Petropavlovskaya st, Perm, Russia, 614000,  
derucheva@mail.ru

The study presents the possibility of predicting the syndrome of endogenous intoxication which develops with acute bacterial intestinal infections. Leukocyte indices of peripheral blood in inpatient children with acute intestinal infection were used for the calculation. A complete blood count was taken on admission to the hospital then standard tests were performed to verify the etiology of the disease (bacterial / viral). Leukocyte indices were compared in both groups and significant differences in 2 times were obtained only for the nuclear index of intoxication. The data obtained were used to construct a mathematical model using logistic regression. The formula for the probability of bacterial etiology of intestinal infection and the corresponding values of the nuclear index of intoxication are determined.

Keywords: children, intestinal infections, leukocyte index.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ EMBEDDINGS И TF-IDF ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕКСТОВ

*Джемадинов Эскендер Рустемович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614060, Россия,  
г. Пермь, бульвар Гагарина, 37а, erdzhemadinov@gmail.com

Социальным сетям необходимо предоставлять пользователям наиболее релевантные для него новости. В данной статье рассматривается обобщение методов создания word-embeddings и TF-IDF для анализа текстов и выявления смысловых конструкций из постов социальных сетей с точки зрения задачи бинарной классификации постов на релевантные и нерелевантные. С помощью комбинации указанных выше методов, и методов машинного обучения строятся предсказательные модели для ранжирования постов из социальных сетей по убыванию привлекательности для пользователя. Кроме того, сравнивается эффективность данных методик вычислением среднего персонального AUC. Модель, созданная объединением этих методов, даёт более высокую точность.

Ключевые слова: embeddings, tf-idf, social networks, анализ данных.

В настоящее время анализ текстовых данных является одним из приоритетных направлений *Data Mining*. Во многих задачах текстовые документы могут быть соотнесены с некоторой характеристикой, измеряющей эффективность воздействия этих текстов. Под эффективностью воздействия будем понимать степень влияния информации на человека, т.е. оценка привлечения внимания субъекта. Например, характеристикой информационного сообщения в социальной сети может быть отметка пользователя. Текст является сложным объектом и может анализироваться как на символическом, так и на смысловом уровне [3].

В данной работе предлагается подход к выявлению ключевых смыслов текстов, влияющих на некую целевую характеристику, где под ключевыми смыслами текста понимается определенное суммарное смысловое значение слов. Выявления таких смыслов полезно, как с точки зрения предсказания этой целевой характеристики для новых текстов, так и для их улучшения.

В качестве примера будут использоваться тексты постов социальных сетей, а выходной переменной будет постановка пользователем отметки "нравится". На основании подобной модели можно будет реализовать умную ленту для пользователя, т.е. автоматически поднимать наиболее интересный контент в вверх ленты.

---

Публикация подготовлена в ходе проведения исследования (No19-04-048) в рамках Программы Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУВШЭ) в 2019 г. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100»

© Джемадинов Э.Р. 2019

Для оценки заинтересованности пользователя в текстовой информации необходимо анализировать текст, выявляя некоторые “текстовые смыслы”.

Для решения проблемы выявления смыслов предлагается подход, основанный на комбинации подходов TF-IDF и word-embeddings (*word2vec*, *doc2vec*). Под понятием embeddings здесь понимается сопоставление слов некоторому вектору в многомерном метрическом пространстве. Слова, встречающиеся в сходных контекстах, будут иметь близкие точки в этом пространстве [1]. Также применяется *TF-IDF* – классическая мера, используемая для оценки важности слова в контексте документа, являющегося частью корпуса документов [2].

Основная идея предлагаемого подхода состоит в обобщении метрики *TF-IDF* на случай схожих (с точки зрения расстояния в векторном пространстве embeddings) слов, которая помимо самого слова (и его лексических форм) учитывает также наличие в тексте других, близких к нему по значению слов.

Для обобщения метрики *TF-IDF*, в простейшем случае, можно ввести порог, такой что если расстояние между словами меньше этого порога, то они считаются неразличимыми, и тогда расчет индекса *TF-IDF* не сильно отличается от классического случая. Во втором, предлагается ввести функцию сходства  $w(t, \tau)$  слов  $t$  и  $\tau$ , возвращающая 1 для сходства слова  $t$  с самим собой и значение из  $[0; 1]$  для сходства слова  $t$  с произвольным словом  $\tau$ . Примером может служить линейная функция:

$$w = 1 - \frac{1}{\Delta} \min(\text{dist}(t, \tau), \Delta),$$

где *dist* функция расстояния между словами в пространстве *embeddings*, а  $\Delta$  – максимальное расстояние между схожими словами.

Тогда, формулы для вычисления взвешенных *TF* и *IDF* будут выглядеть следующим образом:

$$TF(t, d) = \frac{\sum_{\tau \in d} n(\tau, d) \cdot w(t, \tau)}{\sum_{\tau \in d} n(\tau, d)},$$

$$IDF(t, D) = \log \left[ \frac{|D|}{\sum_{d \in D} \max_{\tau \in d} w(t, \tau)} \right],$$

где  $\tau$  и  $t$  – некоторые слова,  $d$  – документ (мультимножество слов),  $D$  – корпус документов (множество документов),  $n$  – функция подсчёта количества слов в документе  $d$ .

Для проверки предложенного подхода взята совокупность постов из социальной сети “Одноклассники”. Данные, представляют собой текстовые посты, язык, а также бинарный

ответ пользователя: наличие, или отсутствие отметки «нравится». В качестве метрики точности используется персональный усреднённый *AUC* (*area under curve*). Получается он оценкой *ROC AUC* для каждого пользователя тестового набора. При оценке для каждого пользователя считается его личный *ROC AUC*, после чего подсчитывается среднее по всем пользователям.

Для анализа используется градиентный бустинг из программного пакета *lightgbm*, поскольку значение метрики в этом случае наиболее высокое. Например, на рисунке 1, показана точность для моделей, основанных на *TF-IDF*.

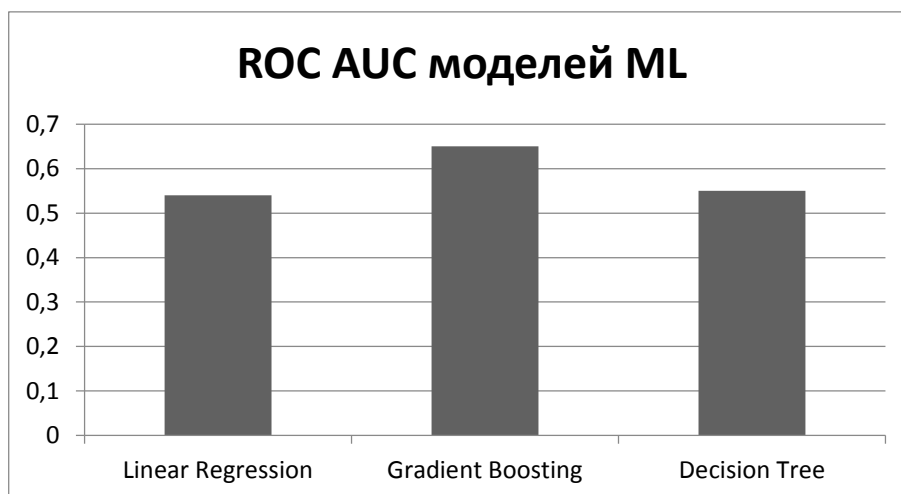


Рисунок 1. ROC AUC моделей

Первоначально осуществляется предварительная обработка данных: (1) удаление стоп-слов, (2) удаление лишних символов, таких как знаки пунктуации, (3) лемматизация.

Далее строятся модели градиентного бустинга, основанной на *embeddings* (метод *doc2vec*), *TF-IDF* и модели, интегрирующей в себе *TF-IDF* и *embeddings* с показателями *AUC* равными 0.56, 0.59 и 0.62 соответственно (см. рисунок 2).

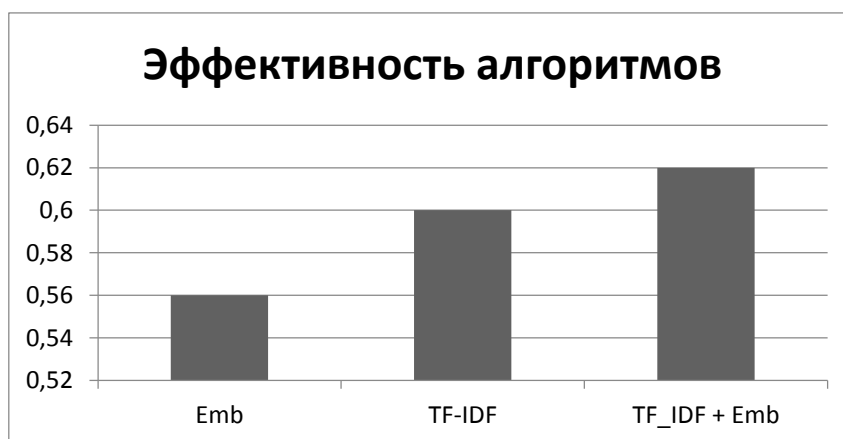


Рисунок 2. Эффективность алгоритмов



Таким образом, можно заметить, что предложенная модель эффективней с точки зрения качества предсказания, чем альтернативные подходы и может использоваться для анализа и числовой оценки текстовой информации.

### **Библиографический список**

1. *Mikolov T. Chen K. Corrado G. Dean J. Sutskever I.* Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality // *Advances in Neural Information Processing Systems 26*, Lake Tahoe, USA, 2013, P. 3111–3119.
2. *Ramos J.* Using tf-idf to determine word relevance in document queries // *Proceedings of the first instructional conference on machine learning*. Washington D.C., USA, 2003, P. 133–142.
3. *Бенгфорт Бенджамин. Билбро Ребекка. Охеда Тони.* Прикладной анализ текстовых данных на Python. Машинное обучение и создание приложений обработки// Питер. Санкт–Петербург, Россия, 2019.

### **USING EMBEDDINGS AND TF-IDF COMBINATION FOR ANALYSIS OF TEXT EFFICIENCY**

*Dzhemadinov Eskender R.*

National Research University Higher School of Economics, 15, Gagarina Boulevard, Perm, 614070, Russia, erdzhemadinov@gmail.com

This article describes a generalization of embeddings and TF-IDF for analyzing texts and evaluating semantic constructions in the problem of binary classification of posts from social networks. Using the above algorithms, their combinations and machine learning methods, predictive models are built for ranking posts from social networks by descending attractiveness to users. In addition, the effectiveness of these methods is compared.

Keywords: embeddings, tf-idf, social networks, data analysis.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОГО ДРЕЙФА ВОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ**

*Елсукова Татьяна Вадимовна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, feferro@mail.ru

В рамках работы была представлена математическая модель теплового дрейфа волоконно-оптического гироскопа, вызываемого термопереодным процессом, включающая в себя влияние термо- и упругооптического эффектов. Численное исследование влияния температуры окружающей среды на волоконно-оптический контур проводилось в несколько этапов. На первом этапе для нахождения термоупругих параметров материалов волокна были проведены необходимые вычислительные эксперименты на трехмерной ячейке периодичности. На втором этапе для нахождения полей температуры и деформации в волоконном контуре была поставлена несвязная квазистационарная задача термоупругости и после был определен температурный дрейф волоконно-оптического гироскопа. Численное решение поставленных задач выполнено методом конечных элементов в пакете Ansys Mechanical APDL, а обработка полученных результатов производилась в MATLAB.

Ключевые слова: волоконно-оптический гироскоп, термодформационный дрейф, несвязная квазистационарная задача термоупругости.

Зарубежные и отечественные фирмы проявляют исключительный интерес к оптическим гироскопам по причине того, что его вполне вероятно применять в качестве чувствительного элемента вращения в инерциальных системах навигации, управления и стабилизации. В большинстве случаев данное устройство способно всецело заменить сложные и дорогостоящие электромеханические гироскопы, и трехосные гиросtabilизированные платформы.

В процессе работы ВОГ подвержен влиянию наружных возмущающих факторов, приводящих к появлению кажущейся угловой скорости (дрейфа), что, в свою очередь понижает точность устройства. К таким факторам относятся перемена температуры находящийся вокруг среды, акустические шумы, пульсации и удары, влияние электромагнитных и радиационных возмущений.

Для корректировки показаний готового изделия в случае перемены температуры окружающей среды используется алгоритмическая компенсация дрейфа в режиме реального времени, применяя для этого показания с термодатчиков, установленных на приборе. Нельзя сделать конструкцию точного гироскопа без оценки дрейфа на этапе проектирования,

поэтому нужно провести математическое моделирование процесса поведения ВОГ в критериях температурной непостоянности. По причине сего использование математической модели дрейфа для анализа поведения гироскопа считается актуальной задачей для проектировщиков

Целью предоставленной работы является комплексное исследование закономерностей термического дрейфа волоконно-оптического гироскопа квадрупольной технологией намотки, вызванного нестационарным тепловым воздействием.

По ходу исследования волоконно-оптического гироскопа было изготовлено и изготовлено особое приспособление для теоретической и экспериментальной верификации термического дрейфа (Рисунок 1).

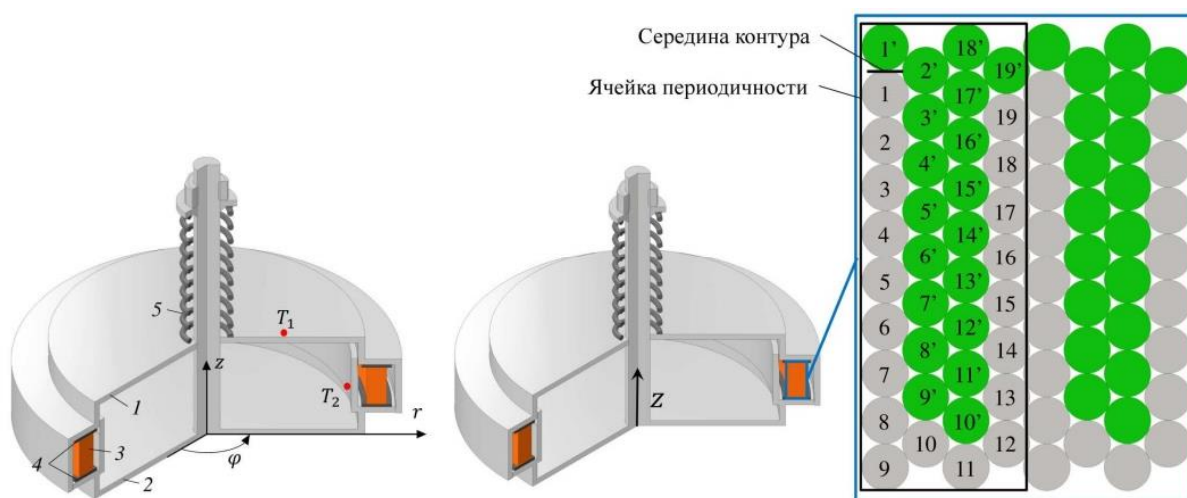


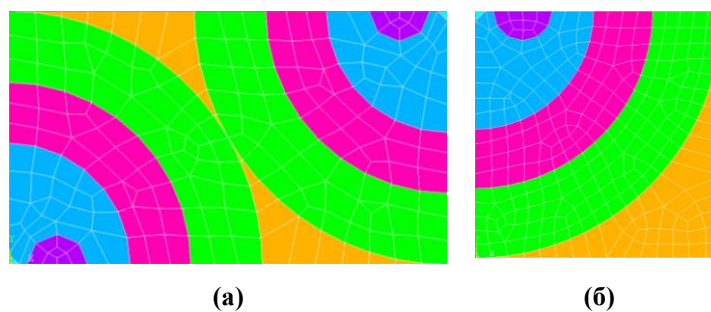
Рисунок 1. Приспособление: 1 – крышка, 2 – основание, 3 – волоконный контур, 4 – прокладки, 5 – пружина,  $T_1$  и  $T_2$  – датчики температуры

Рассматриваемым объектом исследования является волоконный контур длиной 1000 м с модифицированной квадрупольной схемой намотки, расположение витков в которой условно показано на рисунке 1. Исследуемый контур состоит из 40 слоев (10 ячеек периодичности) по 80/79 витков в каждом слое. Суммарное количество витков – 3180.

Устройство нагревалось от 20 до 60 °С с последующей выдержкой при максимальной температуре. Предполагалось, что оптические характеристики светопроводящей жилы и физико-механические свойства материалов являются постоянными в рассматриваемом температурном диапазоне. Численное исследование влияния температуры окружающей среды на волоконно-оптический контур проводилось в несколько этапов.

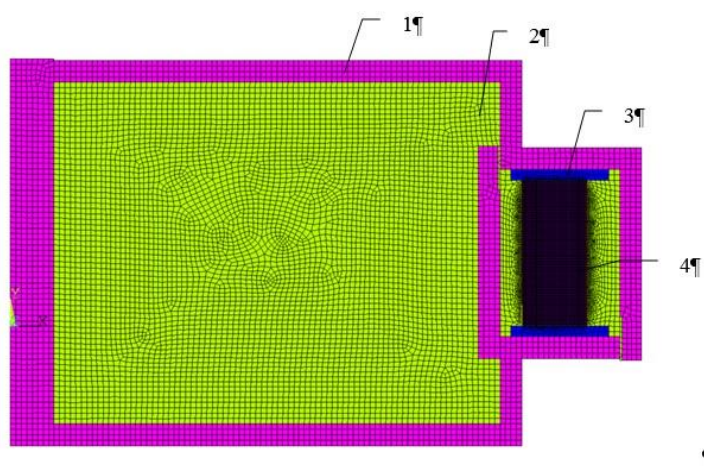
На первом этапе строится конечно-элементная модель нескольких элементарных ячеек периодичности оптоволоконной катушки. Описанные в работе краевые задачи [1] решаются

методом конечных элементов в пакете ANSYS. По отдельности рассматривались 2 вида ячеек периодичности из-за особенности укладки волокна (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Ячейка периодичности катушки волоконно-оптического гироскопа двух видов (а) и (б). Голубым цветом обозначена кварц, синим - жила, фиолетовым – стержень, розовым – первичное покрытие ЗУП-1, зеленым – вторичное покрытие ЗУП-2, оранжевый – компаунд (матрица).**

На втором этапе пошагового алгоритма решается квазистационарная задача термоупругости в структурно-неоднородной подстановке, ее решение представлено в работе [1]. В качестве расчетной схемы объекта исследования построен двумерный осесимметричный конечно-элементный аналог устройства (Рисунок 3). Сечение катушки волоконно-оптического гироскопа получено из ранее построенных ячеек периодичности в программном комплексе ANSYS. Геометрия ячеек упрощалась для ускорения процесса решения задачи в программе. Для применения найденных ранее эффективных характеристик, полученных на этапе 1, применялась команда MP. В качестве внешнего воздействия рассмотрен нагрев окружающей среды со скоростью 1 °С/мин с последующим выходом на стационарный режим.



**Рисунок 3. Расчетная схема: 1 – корпус, 2 – воздух, 3 – резиновая прокладка, 4 – волокно**

Полученные в ходе решения распределения температур и деформаций в катушке волоконно-оптического гироскопа указаны на рисунках. 4 и 5.

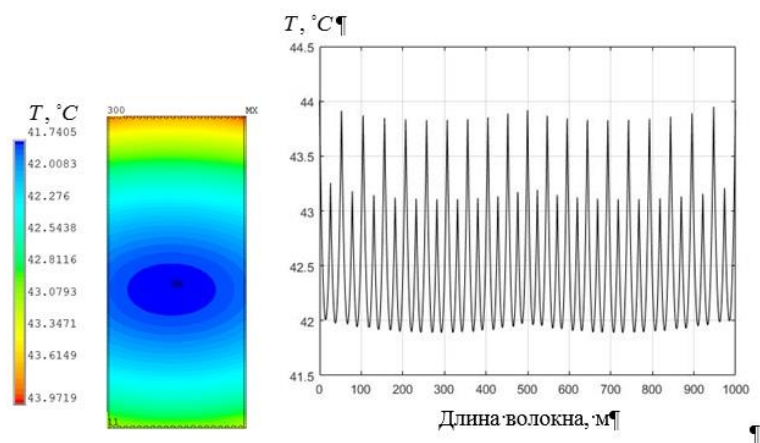


Рисунок 4. Сечение катушки ВОГ, распределение температуры в момент времени 2000 сек

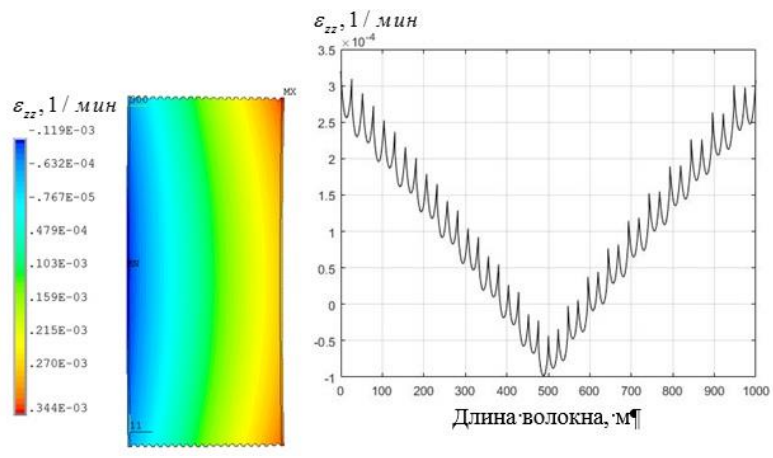
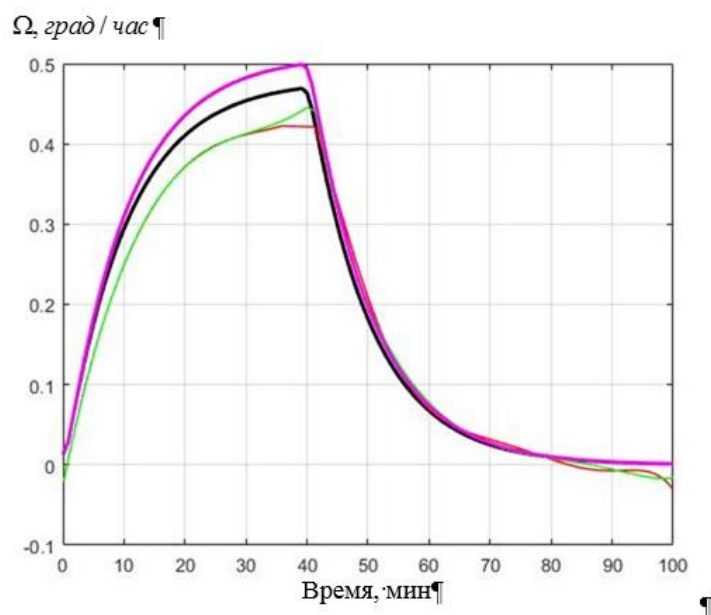


Рисунок 5. Сечение катушки ВОГ, изменения деформации вдоль волокна в момент времени 2000 сек

Полученные распределения деформаций и температур далее использовались для вычисления кажущейся угловой скорости в пакете MATLAB, математическая модель которой была получена в работе [1]. Для экспериментальной проверки достоверности математической модели были еще изготовлены два волоконных контура. Контур поочередно устанавливали в приспособление (Рисунок 1). В термокамере задавали тот же режим нагрева от 20 до 60 °C со скоростью изменения температуры 1 °C/мин и последующей выдержкой 1 ч при максимальной температуре. Также был проведен еще один численный расчет теплового дрейфа, но при полном построении ячеек периодичности волокна катушки гироскопа. Суммарная угловая скорость, вызванная термо- и упругооптическим эффектами, и угловые скорости волоконных контуров при натурных испытаниях в приспособлении приведены на рисунке 6.



**Рисунок 6. Сравнение расчетного (черная, фиолетовая линии) и экспериментальных (красная и зеленая линии) дрейфов  $\Omega$**

Сравнение расчетных и экспериментальных значений позволяет сделать следующий вывод: математическая модель адекватно описывает процесс поведения волоконного контура и в дальнейшем может быть использована для оптимизации конструкции ВОГ в целях снижения его дрейфа.

#### **Библиографический список**

1. *Елсукова Т. В.* Прогнозирование термодформационного дрейфа ВОГ с использованием термоупругих параметров катушки

#### **TWO-STEP METHOD OF OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION STRUCTURES**

*Eksukova Tatyana. V.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
felerro@mail.ru

A mathematical model of thermal drift of a fiber-optic gyroscope caused by a thermoperode process, including the influence of thermo - and elastic-optical effects, which was presented in the framework of the work. A numerical study of the influence of ambient temperature on the fiber-optic circuit was carried out in several stages. At the first stage, the necessary computational experiments on the three-dimensional periodicity cell were carried out to find the thermoelastic parameters of the fiber materials. In the second stage for finding the fields of temperature and deformation in the fiber loop was placed incoherent quasistationary the problem of thermoelasticity and after was determined a temperature drift of fiber-optic gyroscope. The numerical solution of the problems was performed by the finite element method in the Ansys Mechanical APDL package, and the results were processed in MATLAB.

Keywords: fiber-optic gyroscope, thermodeformation drift, disjoint quasi-stationary problem of thermoelasticity.

## **ФАКУЛЬТАТИВНЫЙ КУРС «ИСТОРИЯ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ»**

*Еремеева Юлия Дмитриевна, Ананьева Миляуша Сабитовна*

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Сибирская, 24, m-ananeva@yandex.ru

Факультативный курс адресован обучающимся физико-математических факультетов. Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат (2016) по направлению подготовки 44.03.05. «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки). Математика во все времена лежала в основе естествознания, а вместе с механикой была фундаментом технических наук, основным инструментом в познании общих закономерностей мироздания. Математические методы использовались в разное время в открытиях ученых-механиков: Л. Эйлера (1707–1783), Ж. Лагранжа (1736–1813), П.-С. Лапласа (1749–1827), С. Ковалевской (1850–1891), Н. Жуковского (1847–1921) и др. Факультативный курс поможет разобраться в следующих вопросах: с чего началась история механико-математического образования в России? В чем состояли научные открытия и актуальны ли эти разработки в наше время?

Ключевые слова: история, математика, механика, образование.

С давних времен математические методы использовались, прежде всего, учеными-механиками. Изучению математики, как основного инструмента познания общих закономерностей мироздания в учебном познании, отводится важное место, а для того, чтобы поддерживать интерес обучающихся к изучению математики, учитель должен использовать разнообразные педагогические средства, например, он должен знать о взаимосвязи математики и механики, математических объектах и методах от их истории до приложения.

Однако не все исторические факты, освещающие межпредметные связи математики и механики, можно продемонстрировать в ходе традиционно изучаемых на физико-математических факультетах дисциплин естественнонаучного цикла. Дополнить круг рассматриваемых на них вопросов предназначен факультативный курс «История механико-математического образования в России», в ходе которого слушатели могут узнать об открытиях в математике и механике, математических методах, разработанных отечественными учеными, истории механико-математического образования в России.

Программа курса (см. таблицу) составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 2016 г. по направлению подготовки 44.03.05. «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) для обучающихся математического факультета [1].

**Таблица. Распределение тем и видов учебной работы по часам**

№	Тема	Виды работы и трудоемкость			
		Всего	Лекции	Практические занятия	СРС
1	Введение в историю механико-математического образования	14	2	2	10
2	Развитие естествознания в России в XVIII в.	16	2	4	10
3	Становление теоретической механики	16	2	4	10
4	Механико-математические открытия XVIII в. в современном мире	22	2	2	18
5	Зачет	4	-	-	<b>4</b>
	<b>Итого (общая трудоемкость)</b>	<b>72</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>52</b>

**Цель:** расширение и систематизация знаний по истории физико-математических наук.

**Задачи:**

1. Внедрение междисциплинарного подхода к научному познанию;
2. Углубление и расширение знаний по истории физико-математических наук.

В оценку освоения входит успешная сдача теории (написание тестов), активная работа на практических занятиях (выступление с сообщениями) и дискуссия о востребованности механико-математических открытий XVIII в. в современном мире.



### Библиографический список

1. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего образования: утв. 09.02.2016, № 91. – М., 2016.

### THE ELECTIVE COURSE «HISTORY OF MECHANICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION IN RUSSIA»

*Ananyeva Milyausha S., Ereemeeva Julia D.*

Perm State Humanitarian-Pedagogical University, 24, Sibirskaya st., Perm, 614990, Russia,  
m-ananeva@yandex.ru

The elective course is addressed to students of physics and mathematics faculties. The program is based on the Federal state educational standard of higher education – bachelor's degree (2016) in the field of training 44.03.05. «Pedagogical education» (profile training). Mathematics at all times was the basis of natural science, and together with mechanics was the Foundation of technical Sciences, the main tool in the knowledge of the General laws of the universe. Mathematical methods were used at different times in the discoveries of mechanical scientists: L. Euler (1707–1783), J. Lagrange (1736–1813), P.-S. Laplace (1749–1827), S. Kovalevskaya (1850–1891), N. Zhukovsky (1847–1921) and others. Elective course will help to understand the following questions: how did the history of mechanical and mathematical education in Russia? What were the scientific discoveries and whether these developments are relevant in our time?

Keywords: history, mathematics, mechanics, education.

## **АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В УНИВЕРСИТЕТЕ**

*Захарова Ирина Иосифовна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, izaharova@hse.ru

В статье приведен обзор решений для автоматизации бизнес-процесса университета – организации методической работы. Рассмотрены предлагаемые внешними разработчиками готовые решения, такие как 1С-Университет, Тандем. Университет, Галактика. Управление вузом, и базовые функции, реализуемые этими системами, также описаны достоинства и недостатки внедрения готовых решений. Далее был сделан вывод о том, что в данных решениях нет модуля управления методической работой. Затем описан вариант самостоятельной разработки локальной информационной системы с последующей его интеграцией в корпоративные информационные системы вуза. Данный вариант признан наиболее подходящим для НИУ ВШЭ – Пермь. В заключение приведены требования к разрабатываемой информационной системе управления методической работой университета.

Ключевые слова: автоматизация бизнес-процесса, информационная система управления, методическая работа.

В современных условиях реформирования процессов управления и диверсификации российской системы высшего образования особая роль отводится формированию и развитию системы учебно-методической работы в вузе. От качества организации, широты и доступности элементов методической системы для руководителей и работников в значительной мере зависит уровень образовательного процесса в вузе в целом.

Однако существует проблема несоответствия низкого уровня автоматизации методической работы с достаточно высоким уровнем автоматизации основных бизнес-процессов университета, связанных с образовательной деятельностью.

Целью данного исследования является проведение анализа решений для автоматизации бизнес-процесса организации методической работы университета для того, чтобы выбрать оптимальный вариант решения данной проблемы для Пермского филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (далее – НИУ ВШЭ – Пермь).

В первую очередь был проведен анализ готовых решений на предмет наличия модулей управления методической работой университета. Были изучены такие программные

комплексы управления университетом как 1С-Университет [1], Тандем. Университет [2], Галактика. Управление вузом [3], которые позволяют автоматизировать документооборот, делопроизводство, планирование учебного процесса, проведение приемной кампании, работу с договорами.

За рубежом также существуют аналогичные системы. В статье «Совершенствование информационных систем управления вузом» Федяковой Н.Н. включены в обзор также зарубежные аналоги рассматриваемых систем, например, «SIMS.net Capita Education (UNITE)» [4]. Автор делает вывод о том, что и отечественные, и зарубежные разработчики реализуют одинаковый подход к разработке информационных систем управления вузом, заключающийся в комплексной реализации на общей информационной базе и использовании модульного характера приложений, каждое из которых автоматизирует определенную подсистему и органично интегрируется в общую систему [5].

Преимуществами этого способа являются стандартизация решения, отсутствие необходимости иметь в структуре университета отдел по разработке и поддержке информационных систем, отсутствие затрат и рисков при синхронизации данных. Однако есть недостатки: наличие оплаты технической поддержки и лицензии, необходимость масштабного обучения персонала работе в новой системе. Более того, с точки зрения проблемы автоматизации методической работы вуза, ни один из перечисленных стандартных комплексов не содержит блоки управления методической работой. Поэтому, покупка единого программного решения не поможет решить. Конечно, руководство университета может принять решение о внедрении комплекса с дополнительным функционалом, требуемым конкретному заказчику, но это является достаточно долгосрочным и трудоемким процессом и стоимость индивидуального заказа может превысить стоимость базового программного комплекса.

Другим способом решения проблемы можно рассматривать самостоятельную разработку аналогичной системы с учетом персональных требований вуза. Достоинствами предложенного способа являются максимально точный учет особенностей университета-заказчика, экономия средств по сравнению с выполнением работы внешним заказчиком. Проблемой в этом случае может стать отсутствие компетентных специалистов в вузе, способных реализовать проект на достаточно высоком уровне.

Другим способом решения проблемы автоматизации методической работы вуза является разработка информационной системы локально, с последующей её интеграцией в существующую корпоративную систему университета.

Работы, описывающие проектирование систем управления вспомогательными бизнес-процессами, в частности методической работой, встречаются достаточно редко и имеют узкую направленность. Например, в статье «Создание web-сервиса разработки рабочих программ учебных модулей/дисциплин с использованием информационных систем университета» Ашурова А.П., Рабовской М.Я. описывается вариант решения проблемы автоматизации создания и хранения программ учебных дисциплин [6].

В НИУ ВШЭ – Пермь на данный момент существуют несколько корпоративных систем, обеспечивающих автоматизацию процессов управления: система управления образовательным процессом вуза [7], система онлайн поддержки учебного процесса [8], система планирования расписаний учебных занятий, система документационного обеспечения управления, информационный портал НИУ ВШЭ, корпоративная электронная почта. Практически все системы интегрированы между собой, поэтому для решения задачи автоматизации методической работы нет необходимости внедрять типовое решение с базовыми функциями в полном объеме. Более рациональным способом является разработка информационной системы управления методической работой (далее – ИСУ МР) локально, с последующей её интеграцией в существующую сеть корпоративных систем.

При создании ИСУ МР необходимо руководствоваться общими принципами проектирования информационных систем: открытости, модульности и развития, системности, санкционированного доступа к информации, совместимости, стандартизации.

Кроме этого существуют требования, связанные с особенностями НИУ ВШЭ – Пермь.

В ИСУ МР необходимо предусмотреть возможность управления учебно-методическим документооборотом, а также согласования и утверждения документов руководителями.

Также необходимо обеспечить возможность хранения учебно-методической информации в едином месте, включая возможность загрузки документов в единое облачное хранилище через интернет.

В ИСУ МР должны быть организованы личные кабинеты пользователей для хранения персональной информации, а также виртуальные площадки взаимодействия различных групп пользователей с возможностью проведения голосований.

Кроме этого необходимо реализовать вход через Единый личный кабинет НИУ ВШЭ для соблюдения политики безопасности университета, применения единой системы идентификации и в целях обеспечения удобства корпоративных пользователей [9].

Заключительным требованием к ИСУ МР является обеспечение совместимости с документами Microsoft Office, инструментами аналитики Google, а также возможности

формирования отчетов по шаблону с возможностью автоматической подстановки информации из других корпоративных информационных систем университета.

### Библиографический список

1. Автоматизация учета вуза на базе ПП "1С:Университет 8" [электронный ресурс] URL: <https://solutions.1c.ru/projects/387613/?checkAuth> (дата обращения: 23.03.2019).
2. ТАНДЕМ. Университет - единая информационная система управления учебным процессом [электронный ресурс] URL: <http://tandemservice.ru/products/tandem-university> (дата обращения: 23.03.2019).
3. Галактика. Управление вузом [электронный ресурс] URL: <https://www.galaktika.ru/vuz/> (дата обращения: 23.03.2019).
4. САПИТА. SIMS [электронный ресурс] URL: <https://www.capita-sims.co.uk/> (дата обращения: 23.03.2019).
5. *Федякова Н.Н.* Совершенствование информационных систем управления вузом // Интеграция образования Т.20. 2016. – №2. – с. 198-210. [электронный ресурс] URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/16-2/06.pdf> (дата обращения: 23.03.2019).
6. *Ашуров А. П.* Создание web-сервиса разработки рабочих программ учебных модулей/дисциплин с использованием информационных систем университета // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2018) с международным участием (Екатеринбург, 17–18 мая 2018 г.). – Екатеринбург: ООО АМК «День РА», 2018. – С. 412-417. [электронный ресурс] URL: <http://hdl.handle.net/10995/61596> (дата обращения: 23.03.2019).
7. Управление учебным процессом вуза [электронный ресурс] URL: <http://asav.hse.ru/documentation/university/index.html> (дата обращения: 23.03.2019).
8. Справочная документация [электронный ресурс] URL: <https://lms.hse.ru/index.php?page=docs> (дата обращения: 23.03.2019).
9. Единый личный кабинет НИУ ВШЭ [электронный ресурс] URL: <https://it.hse.ru/lk> (дата обращения: 23.03.2019).

## **ANALYSIS OF SOLUTIONS FOR AUTOMATION OF THE BUSINESS PROCESS OF THE ORGANIZATION OF METHODOLOGICAL WORK AT THE UNIVERSITY**

*Zaharova Irina I.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, izaharova@hse.ru

The article provides an overview of solutions for automating the business process of methodological work organization in the University. The ready-made solutions, such as 1C-University, Tandem. University, Galaxy. University management are considered. Also describes the advantages and disadvantages of implementing ready-made solutions. Further, it was concluded that these solutions do not have a required functions. Then the variant of self-development of the local information system with its subsequent integration into the corporate information systems of the University is described. This solution is recognized as the most suitable for HSE – Perm. In conclusion, the requirements for the developed information system are given.

Keywords: methodological work, automation of business process, information management system

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССАХ

*Заякин Виктор Сергеевич*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, vszayakin@yandex.ru

Данная работа посвящена разработке подхода к извлечению знаний о происходящих в системах процессах. Подход основан на присвоении регистрируемым событиям типов для изучения процессов с применением различных методов. Вводятся понятия событийного пространства и событийного ряда с использованием аппарата теории множеств. Определяются показатели для анализа событийных рядов, основанные на частоте появления событий определенных типов и распределении моментов времени их возникновения в системе. Кроме этого, излагаются приложения разработанного аппарата такие, как построение моделей временных рядов для выявления регрессионных зависимостей между атрибутами системы, а также использование методов Process Mining для визуального моделирования процессов. Дополнительно описывается возможность анализа глобальных процессов на основе текстов новостных сообщений.

Ключевые слова: извлечение знаний, Process Mining, анализ процессов, анализ новостных сообщений, кластеризация.

### Введение

Управление предприятием и его бизнес-процессами на данный момент невозможно представить без использования информационных технологий. Это влечет за собой накопление данных, объем которых непрерывно увеличивается. Так появляется необходимость в извлечении только наиболее ценных знаний о процессах. Знания могут быть использованы при прогнозировании поведения социально-экономических систем. Существуют немногие попытки разработки аналитических моделей [1] и использования нейронных сетей [2] и аппарата цепей Маркова [3-4] для решения этой задачи.

Проблема заключается в отсутствии подхода, позволяющего применять различные методы анализа процессов. В данной работе излагается математический аппарат для комплексного изучения процессов, протекающих в различных системах.

### Описание математического аппарата

Предположим, что состояние системы описывается  $m$  различными показателями, объединенных в  $k$  групп по обобщающим признакам, которые могут быть выбраны, исходя из нужд анализа (экономические, политические группы показателей и пр.). Для определенности допустим, что множеством значений каждого показателя является поле

вещественных чисел  $R$ . Пусть имеется  $n$  наблюдений (показатели разных групп обозначим разными буквами):

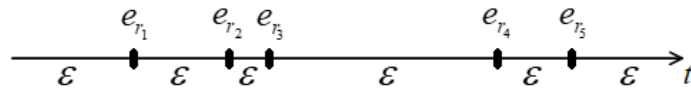
$$x_i = [(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ig_1}), (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ig_2}), \dots, (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ig_k})] \in R^m, i = 1, 2, \dots, n;$$

$$\sum_{s=1}^k g_s = m.$$

Введем в рассмотрение множество  $E = \{e_j | j = 1, 2, \dots, l\}$ , состоящее из  $l$  элементов, определяющих *типы событий*, которые могут наступать в системе.

*Событийным пространством*  $S(E)$  назовем тройку:  $S(E) = \langle R^m, T, E \cup \{\varepsilon\} \rangle$ , где  $T$  – компонента, определяющая время, а  $\varepsilon$  – специальный неопределённый тип события. Каждой точке  $q_x$  событийного пространства соответствует *состояние* системы, которое определяется *вектором наблюдений*  $x$ .

Событийное пространство представляет собой модель динамической системы. В любой момент времени система характеризуется значениями показателей, а события, возникающие в ней, могут принадлежать определенному типу из множества  $E$ . Интервалы времени между регистрацией событий характеризуются неопределённостью типа события (см. рисунок).



**Рисунок. Неопределенность типа событий между их регистрацией**

*Наблюдением*, зарегистрированным в момент времени  $t$ , является точка событийного пространства с неопределенным типом события:  $e_x^- = (x, t, \varepsilon)$ . *Событие*, зарегистрированное в момент времени  $t$ , определим как наблюдение с присвоенным ему по определенному правилу типом события:  $e_x = (x, t, e_x^*)$ ,  $e_x^* \in E$ . *Событийным рядом*  $Ser(E)$  назовем множество, состоящее из событий, упорядоченных по времени наступления (наблюдения):

$$Ser(E) = \{e_{x_i} | i = 1, 2, \dots, n\}, e_{x_i} = (x_i, t_i, e_{x_i}^*); Ser(E) \subset S(E).$$

По аналогии с [5]  $l$ -арная энтропия системы, основанная на оценках вероятностей того, что событие будет принадлежать определенному типу множества  $E$ , характеризует степень неопределенности информации о типах событий, происходящих в системе:

$$H_l(Ser(E)) = - \sum_{j=1}^l p_j \log_l p_j, p_j = \frac{|\{e_{x_i} | e_{x_i}^* = e_j \in E, i = 1, 2, \dots, n\}|}{n}, \sum_{j=1}^l p_j = 1.$$

*Последовательность событий*, состоящая из  $r$  подряд идущих событий, начиная с  $i$ -ого, определяется как  $s_{i,r} = \{e_{x_{i+k}} | k = 0, 1, 2, \dots, r-1\}$ . С  $i$ -ым событием связано несколько



последовательностей, состоящих из всех событий, идущих до и после него с включением этого события и без:  $s_i^< = s_{1,i-1}$ ;  $s_i^< = s_{1,i}$ ;  $s_i^> = s_{i+1,n-i}$ ;  $s_i^> = s_{i,n-i+1}$ .

*Плотность* последовательности показывает, насколько часто в среднем в ней появляются события, а *коэффициент уплотнения*  $k_i$  *событийного ряда относительно  $i$ -ого события* – во сколько раз увеличилась плотность ряда после наступления этого события:

$$\varphi(s_{i,r}) = \frac{r-1}{t_{i+r-1} - t_i}; k_i = \frac{\varphi(s_i^>)}{\varphi(s_i^<)} = \frac{n-i}{i-1} \cdot \frac{t_i - t_1}{t_n - t_i}.$$

Данные показатели используются для выявления событий, оказывающих значительное влияние на частоту появления событий в системе после их наступления, что может быть использовано для нахождения причин перехода системы в определенные состояния.

### **Приложения событийных рядов для извлечения знаний о процессах**

В указанных терминах временной ряд является частным случаем событийного, то есть множество наблюдений представляет собой реализацию некоторого стохастического процесса. В соответствии с этим, событийный ряд может использоваться для построения моделей временных рядов и проведения прочих статистических процедур (к примеру, корреляционный анализ). Общая схема подобного анализа описана в работе [6].

Методы Process Mining используют для построения моделей процессов (в виде направленных графов) протокол работы системы, к которому предъявляются определенные требования [7, с. 391]. Легко показать, что любой событийный ряд формально им удовлетворяет. При использовании алгоритмов, не обрабатывающих дублируемые задачи [7, с. 398], каждая вершина графа будет однозначно соответствовать одному типу из множества  $E$ . Следовательно, узлам модели можно сопоставить подмножества событий ряда. Таким образом, возможен анализ динамики атрибутов системы не только с течением времени, но и при переходе от одного типа события к другому.

Стоит отметить, что точное определение типа события возможно лишь в небольшом числе систем, например, технических. Для прочих систем может выполняться кластеризация наблюдений. Данный подход применим для анализа глобальных процессов на основе текстов новостных сообщений, доступ к которым легко осуществим посредством существующих агрегаторов (Yandex News, Google News). Тексты с помощью модели векторного пространства [8] преобразуются в векторы, а их кластеризация согласно гипотезе распределения [9] оправдана тем, что статистические зависимости распределения слов могут быть использованы для оценки схожести смысла, заложенного в текст.

## Заключение

В рамках данной работы был описан математический аппарат, дополняющий возможности анализа временных рядов, а также допускающий применение методов Process Mining и использование разнородных источников данных. Результаты исследования могут быть применены для разработки аналитической платформы, планируется расширение аппарата посредством определения операций над событийными рядами.

## Библиографический список

1. *Сигов А. С., Жуков Д. О., Новикова О. А.* Моделирование процессов реализации памяти и самоорганизации информации при прогнозировании новостных событий с использованием массивов естественно-языковых текстов // *Современные информационные технологии и ИТ-образование.* – 2016. – Т. 12, № 1. С. 42-55.
2. *Богданова Т. К., Шевгунов Т. Я., Уварова О. М.* Применение нейронных сетей для прогнозирования платёжеспособности российских предприятий обрабатывающих отраслей // *Бизнес-информатика.* – 2013. – № 2 (24). – С. 40-48.
3. *Huo D.* Cluster Analysis of market Potential in Emerging Markets: A Dynamic Research Based on Markov Chain // *Romanian Journal of Economics Forecasting.* – 2013. Vol. 16, № 4. – P. 218-231.
4. *Netzer O., Lattin J. M., Srinivasan V.* A Hidden Markov Model of Customer Relationship Dynamics // *Marketing Science.* – 2008. Vol. 27, № 2. – P. 185-204.
5. *Cook J. E., Wolf A. L.* Discovering Models of Software Processes from Event-based Data // *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology.* – 1998.– Vol. 7, № 3. – P. 215-249.
6. *Айвазян С. А., Бродский Б. Е.* Макроэкономические моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики // *Прикладная эконометрика.* – 2006. – № 2. – С. 85-111.
7. *Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод и др.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
8. *Salton G., Wong A., Yang C. S.* A vector Space Model for Automatic Indexing // *Communications of the ACM.* – 1975. – Vol. 18, № 11. – P. 613-620.
9. *Sahlgren M.* The Distributional Hypothesis // *Italian Journal of Disability Studies.* – 2008. – Vol. 20, № 1. – P. 33-53.

# MATHEMATICAL APPARATUS FOR KNOWLEDGE DISCOVERY

## ABOUT PROCESSES

*Zayakin Viktor S.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, vszayakin@yandex.ru

The paper aims to develop an approach for discovering knowledge about processes in different systems. The approach is based on event types assignment to recorded events permitting the application of various techniques to study processes. The concepts of event space and event series using the apparatus of set theory are introduced. Indicators for the analysis of event series based on the frequency of events of certain types occurrence and the distribution of their instants in system are defined. Besides, the applications of developed apparatus such as time series specification for identification of regression dependencies or using of Process Mining for process modelling are represented. Additionally, the feasibility of global processes analysis using news' texts is described.

Keywords: knowledge discovery, Process Mining, process analysis, news analysis, clustering.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДИНАМИЧЕСКОЙ ИММУНИЗАЦИИ УЗЛОВ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДОНОСНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ**

*Зимин Илья Владимирович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, ziminsrve@gmail.com

*Замятина Елена Борисовна*

Пермский национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
614070, Россия, г. Пермь, ул. Студенческая, д. 38, e\_zamyatina@mail.ru

Ограничение распространения вредоносной информации имеет решающее значение для здорового и устойчивого развития социальных сетей. В данной статье рассматривается проблема предотвращения распространения нежелательной (вредоносной, запрещенной, злонамеренной) информации путем динамической иммунизации узлов в социальных сетях. Приводится постановка решаемой задачи, описание алгоритма динамической иммунизации [1], а также его имитационная модель, построенная с привлечением средства имитационного моделирования AnyLogic, которое предоставляет возможность агентного моделирования социальных сетей. Обоснованно использование агентного моделирования. Представлены результаты (число зараженных вредоносной информацией пользователей социальной сети в конечный момент времени) моделирования диффузии социальной сети при различных параметрах исходного состояния случайно сгенерированной социальной сети и ее пользователей. Рассмотрены достоинства и недостатки указанного алгоритма.

Ключевые слова: социальные сети, имитационное моделирование, распространение вредоносной информации, динамическая иммунизация, диффузия социальной сети.

В настоящее время социальные сети широко распространены и прочно укрепились в жизни человека. Зачастую можно извлечь выгоду из распространения идей, новостей, инноваций, брендов (маркетинг, например). Однако никогда нельзя быть уверенным, что, пользуясь социальными сетями, люди находятся в полной безопасности. Социальными сетями пользуются и злоумышленники, их цели носят другой, злонамеренный характер.

Социальные сети – один из популярнейших способов распространения идеологии терроризма. Они позволяют обмениваться любого рода информацией, в том числе вредоносной, используемой в террористических целях. Поэтому крайне важная задача – выявить динамику распространения подобного рода информации в социальных сетях и исследовать возможности ее блокировки. Один из методов исследования - применение

методов и программных средств имитационного моделирования. Для проведения имитационных экспериментов будет использован AnyLogic [2].

Безусловно, проблема распространения запрещенной информации очень актуальна и находится в центре внимания многих исследователей. Например, в работе [3] была рассмотрена *задача выявления злоумышленников*. Авторы реализовали эту задачу с использованием системы моделирования Triad и провели несколько экспериментов. Авторы работы [1] создали новый алгоритм блокировки распространения зловредной информации, особенности которого будут рассмотрены более подробно.

### **Задача иммунизации узлов в процессе диффузии социальной сети**

Известно, что *иммунизация узла в социальной сети* – это процесс, благодаря которому узел (конкретный пользователь социальной сети) приобретает иммунитет, или становится невосприимчивым к инфекционной (вредоносной, запрещенной) информации, а *диффузия* – процесс, при котором какой-либо сигнал постепенно распространяется по всей сети (в нашем случае в качестве сигнала выступает запрещенная информация).

Сетевая иммунизация решает проблему минимизации (что наоборот проблеме максимизации) распространения вредоносной информации в социальных сетях. В проблеме максимизации влияния [4] многочисленные исследования посвящены сокращению вычислительных затрат в жадных алгоритмах или повышению эффективности эвристических алгоритмов. Как правило, предлагаемые алгоритмы можно разделить на две основные категории: (а) алгоритмы без предварительного знания вредоносной информации (алгоритмы упреждающей иммунизации, направленные на минимизацию распространения вредоносной информации *независимо* от состояния *исходной диффузии*); (б) алгоритмы, реализующие стратегии иммунизации в присутствии уже инфицированных узлов, решения по иммунизации принимаются на основе знаний о первоначально зараженных узлах.

Подробнее рассмотрим задачу динамической иммунизации и исследуем алгоритм иммунизации, основываясь на знаниях об уже инфицированных узлах.

#### ***Постановка задачи:***

В социальной сети  $G = (V, E)$  множество узлов  $V$  представляет индивидов, а множество ребер  $E$  представляет собой взаимосвязь между индивидами. Каждое ребро  $e(u, v) \in E$  имеет вес  $p(u, v) \geq 0$ , что указывает на вероятность распространения информации между вершинами  $u$  и  $v$ .  $I_0$ , - количество узлов-злоумышленников.  $K$  – *бюджет иммунизации* – число узлов, подлежащих иммунизации (предполагается, что  $K$  всегда меньше числа неинфицированных узлов).

Задача эквивалентна задаче о том, как иммунизировать  $K$  узлов, чтобы в конце диффузии было заражено минимальное число узлов. В частности,  $K$  узлов могут быть иммунизированы в процессе диффузии, а не в начале диффузии (как в случае статической иммунизации). Пусть  $Im(t)$  содержит узлы иммунизации, установленные в момент времени  $t$ .

Цель задачи динамической иммунизации - найти оптимальную стратегию иммунизации  $\Phi = (Im(0), Im(1), \dots, Im(\tau))$ , где  $\tau$  - время окончания диффузии, так, что число конечных незатронутых вредоносной информацией узлов максимально.

### Моделирование социальной сети

Реализуем задачу, описание которой приведено выше, с использованием агентной системы моделирования AnyLogic (агенты – пользователи социальной сети, агентная имитационная модель позволяет задавать параметры агентов, определять их поведение, помещать их в некую окружающую среду, устанавливая возможные связи).

AnyLogic поддерживает несколько типов сетей агентов: (а) *случайное* – агенты соединяются случайно, у каждого агента устанавливается заданное количество связей, (б) *согласно расстоянию* – друг с другом соединяются те агенты, расстояние между которыми не больше заданного радиуса соединения (только в непрерывном пространстве), (в) *решеточно упорядоченное кольцо* – связи агентов образуют кольцо, в котором каждый агент соединяется с заданным количеством ближайших агентов, *малый мир* – представляет собой решеточно упорядоченное кольцо, где некоторые связи были разорваны и установлены с удаленными агентами, *безразмерная* – некоторые агенты являются «хабами» с множествами соединений.

### Описание алгоритма

В моделируемой социальной сети индивид может находиться в одном из трех состояний: (а) *активное* – состояние, в котором находятся распространители вредоносной информации, (б) *неактивное* – состояние индивидов, восприимчивых к вредоносной информации, (в) *иммунизированное* – состояние индивидов, не участвующих в диффузии.

На вход алгоритму подают модель социальной сети в виде графа  $G=(V, E)$ , число активных узлов в начале диффузии  $I_0$ , и бюджет иммунизации –  $K$ .

**Шаг 1.** Для текущего состояния диффузии вычисляют коэффициент иммунизации  $IG$  для всех неактивных узлов по формуле, представленной в [1].

**Шаг 2.** Запоминают узел с максимальным  $IG$ , но, в отличие от статического алгоритма, иммунизацию откладывают на некоторое время.

**Шаг 3.** Запускают взвешенную  $IC$  модель [1] и для определения нового состояния диффузии в момент времени  $t+1$  вычисляют повторно  $IG$  для каждого неактивного индивида.

**Шаг 4.** Повторяют последнее действие R (задают произвольно, чем больше значение, тем результат лучше) раз и находим средний IG из R максимальных в момент времени t+1.

**Шаг 5.** Сравнивают полученное среднее значение IG с максимальным значением IG в текущий момент времени. В случае, если вычисленное значение IG больше – выполняем иммунизацию узла с максимальным IG в текущий момент времени и уменьшаем K, иначе, запускаем IC модель и продвигаем часы. Возвращаемся в шаг 1. Работа алгоритма заканчивается, когда бюджет иммунизации исчерпан.

Псевдокод реализуемого нами алгоритма приведен на рисунке 1.

---

**Algorithm 1** *DynamicImmunization* ( $G, I_0, K$ )

---

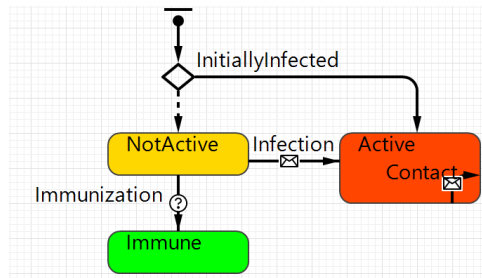
**Input:**  $G = (V, E), I_0$  and  $K$ ;  
**Output:**  $\Phi = (Im(1), Im(2), \dots, Im(\tau))$ ;  
1: Initialize  $Im(i) = \emptyset; k = 0; t = 0$ ;  
2: **while**  $k \leq K$  **do**  
3:  $IG_{\max}^t = \max (IG^t(u))$ ;  
4: **for all**  $r = 1$  to  $R$  **do**  
5: run IC\_Model to get state  $S(r)$ ;  
6:  $IG_{\max}^{t+1,r} \leftarrow$  maximum IG in state  $S(r)$ ;  
7: **end for**  
8:  $IG_{\max}^{t+1} = \frac{1}{R} \cdot \sum_r IG_{\max}^{t+1,r}$ ;  
9: **if**  $IG_{\max}^t \geq IG_{\max}^{t+1}$  **then**  
10: immunize node  $u = \arg \max (IG^t(u))$ ;  
11:  $Im(t) = Im(t) \cup \{u\}$ ;  
12:  $k = k + 1$ ;  
13: **else**  
14: run IC\_Model;  
15:  $t = t + 1$ ;  
16: **end if**  
17: **end while**

---

**Рисунок 1.** Псевдокод алгоритма динамической иммунизации

Исследования показали, что алгоритм не является эффективным при больших R. Этот факт объясняется следующим: к моменту времени t+1 (этот интервал времени необходим для вычисления среднего значения IG) вследствие диффузии состояние сети может существенно измениться. К примеру: в момент времени 0 есть один активный узел, и он имеет 5 связанных с ним узлов. Тогда в момент времени 1 возможно 32 состояния диффузии, потому что каждый из связанных узлов может активизироваться с определенной вероятностью (назначенной в зависимости от типа IC [1]). Следует заменить перебор всевозможных состояний диффузии в следующий момент времени на случайную выборку R состояний и вычислить среднее значение IG (модель Монте-Карло). Однако этот подход приводит к тому, что алгоритм становится неточным.

Рассмотрим IC модель распространения – одна из самых популярных моделей распространения информации. Приведем диаграмму состояний агента из среды AnyLogic на рисунке 2 и попробуем в ней разобраться.



**Рисунок 2. IS модель распространения информации**

Рассмотрим следующие два метода построения IS модели:

- 1) *UIC модель* – равномерная независимая каскадная модель, где вероятность распространения между любой парой индивидов назначается равной 0.1.
- 2) *WIC модель* – взвешенная независимая каскадная модель, где вероятность распространения равна 1/число друзей (связанных узлов).

На рисунке 2 изображена диаграмма состояний индивида (пользователя социальной сети), то есть, агент может находиться в одном из 3-х состояний: активное, неактивное, иммунизированное, которые соответствуют красному, оранжевому, зеленому прямоугольниками.

При запуске модели все пользователи социальной сети переходят в одно из двух состояний «NotActive» или «Active», причем во второе попадают только  $I_0$  пользователей. При вычислении IG все пользователи, находящиеся в состоянии «Active», начинают рассылать запрещенную информацию всем своим друзьям, которые находятся в состоянии «NotActive». Пользователи, которых удалось заразить (это происходит с определенной вероятностью), переходят в состояние «Active», а пользователи, которых удалось иммунизировать, переходят в состояние «Immune». Выйти из состояний «Active» и «Immune» не представляется возможным.

### Эксперименты

Было проведено несколько экспериментов на сгенерированной случайным образом социальной сети, состоящей из 200 узлов, в которой у каждого пользователя может быть не более 5 друзей. Предположим, что у нас есть возможность иммунизировать только 10 узлов, то есть бюджет иммунизации  $K = 10$ . Изменяя некоторые параметры, а именно: число инфицированных пользователей –  $I_0$ , константу  $R$  (число запусков IS модели), были получены результаты, приведенные в Таблица 1. Результаты исследований алгоритма таблице 1. Исследования проводились при помощи двух видов IS модели. Было проведено по 5 экспериментов на каждом наборе данных, в качестве результата представлены усредненные данные. Результатом является число инфицированных пользователей в конце диффузии из 200.



Таблица 1. Результаты исследований алгоритма

Модель	R	I <sub>0</sub>	K	Результат
UC	20	5	10	88/200
	50			81/200
	100			88/200
	20	10		126/200
	50			90/200
	100			114/200
WIC	20	5		37/200
	50			27/200
	100			29/200
	20	10		32/200
	50			29/200
	100			36/200

### Заключение

Был реализован алгоритм динамической иммунизации при помощи среды имитационного моделирования AnyLogic. Проведены эксперименты при различных входных параметрах. Удалось выяснить, что на число зараженных вредоносных информацией пользователей влияет тип модели распространения информации, при использовании взвешенной IC модели результаты лучше, чем при использовании равномерной. Любопытным фактом стало то, что при  $R = 100$  работает хуже, чем при  $R = 50$ . По сути, если мы объединим все активные узлы в один суперузел (как это и было реализовано на программном уровне) и у него будет 5 связей, то возможно всего  $2^5=32$  состояния диффузии в последующий момент времени, видимо поэтому 50 запусков IC модели для данной социальной сети является оптимальным. Скорость работы алгоритма оставляет желать лучшего, т.к. на соц. сети, где всего 200 узлов и около 600 связей время работы составляет порядка 3-4 секунд (при  $R = 50$ ), поэтому алгоритм нуждается в оптимизации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-01-00359

### Библиографический список

1. *Dingda Yang, Xiangwen Liao, Huawei Shen, Xueqi Cheng, Guolong Chen.* Dynamic node immunization for restraint of harmful information diffusion in social networks // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Vol. 503. 2018. P. 640–649.
2. *ANYLOGIC.* Доступно на сайте: [www.anylogic.ru](http://www.anylogic.ru). (Accessed: 10.06.18)
3. *Замятина Е. Б., Дмитриев И. П.* Опыт моделирования действий по предотвращению распространения запрещенной информации в социальной сети. – 26 с.
4. *J. Wang, Y. Chen, Y. Tang, Q. Li,* The effect of rumor clarification on Chinese stock markets, in: *PACIS*, 2016, p. 298.

# RESEARCH OF THE ALGORITHM OF DYNAMIC IMMUNIZATION OF NODES FOR RESTRICTED DISTRIBUTION OF HARMFUL INFORMATION IN SOCIAL NETWORKS

*Zimin Ilya V.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, ziminsrve@gmail.com

*Zamyatina Elena B.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, e\_zamyatina@mail.ru

Restricting the spread of malicious information is crucial to the healthy and sustainable development of social networks. This article addresses the problem of preventing the spread of unwanted (malicious, prohibited, malicious) information by dynamically immunizing nodes in social networks. A statement of the problem to be solved, a description of the dynamic immunization algorithm [1], as well as its simulation model, built using the simulation tool AnyLogic, which allows agent-based modeling of social networks, are given. Reasonable use of agent-based modeling. The results (the number of infected with a malicious information of users of a social network at a finite point in time) simulation of the diffusion of a social network with different parameters of the initial state of a randomly generated social network and its users are presented. The advantages and disadvantages of this algorithm are considered.

Keywords: social networks, simulation modeling, distribution of harmful information, dynamic immunization, diffusion of a social network.

## **ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В «СТУДИИ КОМПЕТЕНТНОСТНЫХ ДЕЛОВЫХ ИГР»**

*Зорина Мария Ильясовна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия, г. Пермь, ул. Студенческая, 38, bemybestfriend@mail.ru

Рассматривается метод оценки компетенций в Студии компетентностных деловых игр (СКДИ). Обосновывается необходимость разработки собственного подхода к оценке компетенций для рассматриваемого проекта с учетом его особенностей путем исследования существующих методов оценки компетенций. Приводится краткий обзор понятия «компетенция», на основании которого формулируется определение и структура компетенции в рамках СКДИ. Исследуются модели описания СКДИ для выявления места оценки компетенции в концепции СКДИ. Предлагается модификация модели точки принятия решения. Описывается подход к оценке компетенции в СКДИ, основанный на оценке компонентов компетенции. Рассматриваются возможные способы и средства оценки компонентов компетенции. Приводится формула расчета итоговой оценки компетенции.

Ключевые слова: компетенция, методы оценки компетенции, студия компетентностных деловых игр

Результатами большинства существующих автоматизированных деловых игр являются экономические показатели, по которым оценивается успешность прохождения игры, а не модель игрока, отражающая степень проявления тех или иных знаний, умений и навыков [1]. Устоявшиеся методы оценки компетенций, такие как структурированное интервью, ассесмент-центры или кейс-оценка, часто предоставляют субъективный результат, так как они основаны на личном мнении эксперта [2, 3]. Однако данные способы не подходят для применения в автоматизированной системе оценки компетенций, так как часто результат не имеет алгоритмического обоснования.

Согласно концепции «Студии компетентностных деловых игр» (СКДИ) [4], результатом прохождения игры является отчет об уровне компетенций игрока, который должен быть измерен. Для решения задачи необходимо разработать механизм, позволяющий оценивать уровень освоения компетенции игроком, который на текущий момент в СКДИ не реализован. СКДИ предполагает наличие специального аппарата, позволяющего независимо от эксперта предоставить оценку компетенций игрока посредством анализа его действий во время игры.

При рассмотрении компетенции как предмета оценки на первый план выходит вопрос

распознавания в её структуре таких элементов, которые могли бы быть подвергнуты объективной оценке [5]. Преимущественно, рассуждения авторов сводятся к следующим характеристикам компетенции [5, 6, 7]: знания, умения, навыки, личностные качества. Среди перечисленных компонентов, основное внимание привлекают знание и умение, так как именно эти части компетенции могут быть объективно оценены с помощью уже существующих методов. Поэтому в рамках СКДИ принято следующее определение: компетенция – это совокупность знаний и умений, которая позволяет человеку выполнять определенную функцию на предприятии.

Обзор традиционных методов оценки знаний и умений в процессе обучения [8] приводит к выводу о том, что для оценки знаний больше всего подходит тестирование, а оценку умения необходимо проводить через непосредственную демонстрацию умения на примере выполнения какого-либо задания. В СКДИ подобные задания используются для формирования сценария деловой игры. Таким образом, предполагается, что оценка компетенции будет формироваться из оценки знания и оценки умения.

С учетом особенностей СКДИ предлагается оценку знаний проводить посредством тестирования игрока в процессе игры, а оценку умений проводить путем оценивания правильности выбора ресурсов для выполнения операции (демонстрации умений). Оценивание знаний и умений происходит в точке принятия решений.

Существующие модели СКДИ [4, 9, 10] приводят к выводам:

1. В СКДИ не существует отдельной модели, которая бы описывала оценку уровня освоения компетенций, несмотря на то, что этот процесс неоднократно упоминался в других моделях.
2. На текущий момент основные действия игрока осуществляются в точке принятия решения (ТПР), именно здесь он демонстрирует свои компетенции, поэтому именно эта сущность будет модифицирована.

Так как в рамках предложенного ранее подхода, знания обучаемого необходимо оценить с помощью опроса, то точка принятия решений [10] должна быть дополнена множеством вопросов:  $ТПР_i = \{R_i, T_i\}$ , где  $R_i$  – множество ресурсов операции,  $T_i = \{t_{ij}\}$ , – множество вопросов, с помощью которых будут проверяться знания игрока. Далее оценка соответствующих элементов ТПР будет обозначаться  $O(T_i)$  и  $O(R_i)$ . Модифицированный алгоритм работы точки принятия решений представлен на рисунке.

В свою очередь алгоритмы оценки знаний и умений основывается на сравнении сравнения ответа игрока с эталоном. Алгоритмы подразумевают начисление игроку штрафа за неверные ответы. Для корректной интерпретации оценки знаний балл нужно привести в

процентный формат, размер штрафа рассчитывается пропорционально количеству верных и неверных вариантов ответа соответственно.

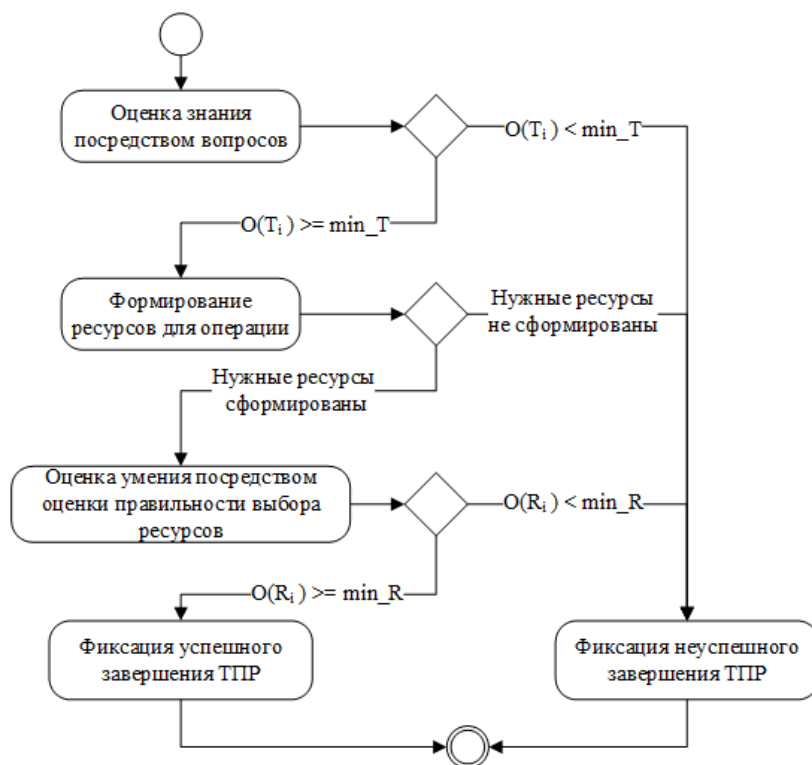


Рисунок. Алгоритм работы точки принятия решений

В точке принятия решений определен минимальный порог для оценки знаний ( $min_T$ ) и умений ( $min_R$ ), который должен быть достигнут, чтобы перейти к следующему действию. Считается, что игрок обладает недостаточным уровнем знаний или умений в случае совершения критических или слишком большого количества некритических ошибок.

Оценка компетенции происходит после прохождения деловой игры, на основании имеющегося множества оценок знаний и умений с учетом коэффициента важности каждого компонента в составе компетенции. Данные коэффициенты эксперт предметной области может установить самостоятельно. Таким образом, получаем формулу:  $O(K) = \sum_{i=1}^n k_i O_i(E)$ , где  $O(K)$  – оценка компетенции,  $k_i$  – вес  $i$ -го элемента в составе компетенции,  $O_i(E)$  – оценка  $i$ -го элемента компетенции (знания или умения),  $n$  – количество элементов компетенции.

Предложенный подход к оценке компетенций может быть автоматизирован в рамках СКДИ. Рассчитанная по итогам игры оценка повышает информативность результатов игры, дополняя компетентностную модель игрока [11].

### Библиографический список

1. Онлайн-симуляторы бизнеса [Электронный ресурс] URL: <https://www.bpsimulator.com/ru/business/> (дата обращения 18.03.2019).
2. Российский стандарт центра оценки // Организационная психология. 2013. [Электронный ресурс] URL: [https://orgpsyjournal.hse.ru/data/2014/02/27/1329796277/OrgPsy\\_2013-2\\_8-32.pdf](https://orgpsyjournal.hse.ru/data/2014/02/27/1329796277/OrgPsy_2013-2_8-32.pdf) (дата обращения 21.03.2019).
3. *Whiddett, S.* A practical guide to competences: how to enhance individual and organizational performance. London: Chartered Institute of Personnel and Development, 2013. 144 p.
4. *Викентьева О.Л., Дерябин А.И., Шестакова Л.В.* Концепция студии компетентностных деловых игр // Современные проблемы науки и образования. Москва: НИУ ВШЭ Москва, 2013 г. №2.
5. *Ибрагимов Г.И., Ибрагимова Е. М.* Оценивание компетенций: проблемы и решения // Высшее образование в России. 2016. №1. С.43-52.
6. *Афанасьева О. С.* Структурные элементы компетенций в исследованиях российских ученых [Электронный ресурс] URL: <http://gisap.eu/ru/node/1329> (дата обращения 10.06.2018).
7. *Великий Д. С.* К вопросу об обобщённой структуре компетенций и уровнях их развития в области школьного и высшего образования // Молодой ученый. 2013. №5. С. 674-677.
8. *Игошин В. И., Филипченко С.Н.* Система оценки уровня сформированности компетенций и результатов обучения [Электронный ресурс] URL: [https://www.sgu.ru/sites/default/files/documents/2014/sistema\\_ocenki\\_urovnya\\_sformirovannosti\\_kompetenciy\\_metodicheskie\\_rekomendacii.doc](https://www.sgu.ru/sites/default/files/documents/2014/sistema_ocenki_urovnya_sformirovannosti_kompetenciy_metodicheskie_rekomendacii.doc) (дата обращения 14.03.2019).
9. *Викентьева О. Л., Дерябин А. И., Шестакова Л. В.* Формализация предметной области при проектировании деловой игры // Информатизация и связь, 2014. № 1. С. 60-64.
10. *Викентьева, О.Л.* Многомодельный подход к формализации предметной области // Информатизация и связь. 2015. №3. С. 51-56.
11. *Насибуллина М.И.* Разработка модуля проектирования компетентностной модели исполнителя бизнес-процесса: выпускная квалификационная работа / Национальный исследовательский институт «Высшая школа экономики», Кафедра информационных технологий в бизнесе. [Электронный ресурс] URL: [http://lms.hse.ru/ap\\_service.php?getwork=1&guid=530D49AA-AC21-426C-8195-02409ADEB69F](http://lms.hse.ru/ap_service.php?getwork=1&guid=530D49AA-AC21-426C-8195-02409ADEB69F) (дата обращения 21.03.2019).

## CONCEPT OF COMPETENCE ASSESSMENT IN COMPUTER BUSINESS GAMES

*Zorina Maria I.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, bemybestfriend@mail.ru

The competence assessment method for Competence-based business games studio (CBGS) is considered. The explanation of necessity to develop its own approach of competence assessment, taking into account its features is given by examining existing competence assessment methods. According to the overview of the competence, the competence definition and structure is defined in terms of CBGS. The existing models of CBGS description are studied to identify the place of competence assessment in the CBGS concept. The modification of decision-making point model is suggested. An approach of competence assessment in CBGS based on the assessment of competence components is proposed. Possible ways and means of assessing the competence components are considered. The formula for calculating the final competence assessment is derived.

Keywords: competence, competence assessment methods, competence-based business games studio

## ТЕОРЕМА ЕДИНСТВЕННОСТИ ДЛЯ ФУНКЦИЙ С НУЛЕВЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ ПО ПРАВИЛЬНЫМ ЧЕТЫРЕХМЕРНЫМ СИМПЛЕКСАМ

*Иванисенко Наталья Сергеевна*

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-  
Барановского, 83001, Украина, г. Донецк, улица Артема, д. 133, Ivanisenko.n.s@gmail.com

Исследуемое в данной работе множество представляет собой правильный четырехмерный симплекс, длина ребра которого равна  $\sqrt{2}$ . Исследуются функции с нулевыми интегралами по рассматриваемым симплексам фиксированного радиуса, которые содержатся в открытом шаре радиуса  $R$  (при  $R_{on} < R < \sqrt{2}$ , где  $R_{on} = 2/\sqrt{5}$  – радиус наименьшего замкнутого шара, содержащего замыкание рассматриваемого симплекса). Основным результатом работы является теорема единственности, из которой следует, что если ненулевая функция равна нулю в шаре некоторого радиуса  $r < R$ , то она будет равна нулю и в шаре радиуса  $R$ . Изучаются вопросы, связанные с локальным вариантом проблемы Помпейю. Областью применения полученного результата является теория аппроксимации (аппроксимация функций линейными комбинациями), теория отображений, сохраняющих меру и комплексный анализ (уточнение Теоремы Мореры).

Ключевые слова: правильный симплекс, функции с нулевыми интегралами, локальный вариант проблемы Помпейю.

Обозначим через  $R^n$  – вещественное евклидово пространство размерности  $n$  ( $n \geq 2$ ) с евклидовой нормой  $|\cdot|$ ,  $\mathbf{M}(n)$  – группу изометрий  $R^n$ . Для компактного множества  $S \subset R^n$  и области  $B \subset R^n$ , обозначим через  $\text{Mot}(S, B) = \{\lambda \in \mathbf{M}(n) : \lambda S \subset B\}$  – часть группы движений, оставляющая множество  $S$  внутри множества  $B$ ,  $B_R$  – открытый шар радиуса  $R$ ,  $\mathcal{P}(S, B)$  – класс локально суммируемых в  $B$  функций, для которых выполняется равенство

$$\int_{\lambda S} f(x) dx = 0$$

при всех  $\lambda \in \text{Mot}(\bar{S}, B)$ .

Если  $S \subset R^n$  компактное множество и всякая локально суммируемая функция в  $B$ , для которой

$$\int_{\lambda S} f(x) dx = 0$$

при всех  $\lambda \in \text{Mot}(S, B)$ , равна нулю почти всюду в  $B$ , то множество  $S$  называется множеством Помпейю в области  $B$  (будем обозначать  $S \in \text{Pomp}(B)$ ). Классическая проблема Помпейю состоит в описании класса  $\text{Pomp}(R^n)$  таких множеств  $S$  [1].



Большой интерес представляют "локальные" варианты проблемы Помпейю: например, когда функция  $f$  задана в шаре  $B_R \subset R^n$  и выполняется условие

$$\int_{\lambda S} f(x) dx = 0$$

для всех  $\lambda S \subset B_R$ . Для широкого класса множеств  $S$  отсюда следует, что  $f = 0$  в  $B_R$ , если размеры множества  $B_R$  достаточно велики по сравнению с множеством  $S$  [2]. В связи с этим возникает задача о нахождении минимального радиуса шара.

**Локальный вариант проблемы Помпейю.** Для данного множества  $S$  найти радиус Помпейю

$$R(S) = \inf\{R > 0 : S \in \text{Pomp}(B_R)\} \quad [3].$$

В настоящее время имеется ряд результатов, содержащих точные значения и оценку сверху величины  $R(S)$ , полученные К.А. Беренстейном и Р. Гэм [1, 4], а также В.В. Волчковым [3].

В данной работе компактное множество  $S$  представляет собой правильный четырехмерный симплекс с вершинами  $z_1(1,0,0,0)$ ,  $z_2(0,1,0,0)$ ,  $z_3(0,0,1,0)$ ,  $z_4(0,0,0,1)$ ,  $z_5\left(\frac{1-\sqrt{5}}{4}, \frac{1-\sqrt{5}}{4}, \frac{1-\sqrt{5}}{4}, \frac{1-\sqrt{5}}{4}\right)$ .

Поместим данный симплекс в шар радиуса  $R$  ( $R > 2/\sqrt{5}$ ). Рассмотрим множество  $U(R) = \{z = \lambda z_i : \lambda \in \text{Mot}(S, B_R)\}$ . При  $R \geq \sqrt{2}$  множество является шаром  $B_R$  при  $R < \sqrt{2}$  шаровым слоем  $B\left(\frac{\sqrt{5}-\sqrt{4R^2-3}}{2}, R\right)$ . Используя теорему 4.3.2 из [3] при  $R > 2/\sqrt{5}$  получим следующее утверждение.

**Лемма 1.** Если функция  $f \in P(S, B_R)$  и является радиальной, тогда существует ненулевой многочлен  $P: \square_1 \rightarrow \square$  такой, что  $P(\Delta)f = 0$  в  $U(R)$ .

Введем в рассмотрение следующее множество  $P(S) = \inf\{R > 0 : [0; \max_{ADCD}] \cup [0; \min_{ABC}; \max_{ABC}] \cup [0; \min_{ABW}; \max_{ABW}] \cup [0; \min_{AB}; \max_{AB}] \cup [0; \min_{AW}; \max_{AW}] \cup [0; \min_w; R] = [0; R]\}$ . При  $R > P(R)$  имеет место следующее утверждение.

**Лемма 2.** Если функция  $f \in P(S, B_R)$  и является радиальной тогда существует ненулевой многочлен  $P: \square_1 \rightarrow \square$  такой, что  $P(\Delta)f = 0$  в  $P(S)$ .

Для произвольной ненулевой функции, локально интегрируемой в шаре радиуса  $R$  с нулевыми интегралами по множествам вида  $\lambda S \subset B_R$ , равной 0 в шаре радиуса  $r$  ( $r = P(S)$ ) имеет место следующее соотношение.

**Теорема единственности.** Пусть  $f \in P(S, B_R)$  и  $f = 0$  в  $B_r$ , тогда  $f = 0$  в  $B_R$ .

Результат находит применение в теории аппроксимации (аппроксимация функций линейными комбинациями) и комплексном анализе (уточнение теоремы Мореры) и теории отображений, сохраняющих меру [3].

### Библиографический список

1. *Williams S.A.* Analyticity of the boundary for Lipschitz domains without the Pompeiu property // *Ind. Univ. Math. J.* 1981. V.30. P.357-369.
2. *Berenstein C. A.* Le probleme de Pompeiu locale // *J. Anal. Math.* 1989. V. 52. P. 133-166.
3. *Volchkov V.V.* Integral Geometry and Convolution Equations // Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2003. P. 454.
4. *Berenstein C.A.* A local version of the two-circles theorem // *Israel J. Math.* 1986. V.55. P. 267-288.

## UNIQUENESS THEOREM FOR FUNCTIONS WITH ZERO INTEGRALS OVER CORRECT SIMPLEXES IN FOUR-DIMENSIONAL SPACE

*Ivanisenko Natalia S.*

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky,  
24, Artema st., Donetsk, 83001, Ukraine, Ivanisenko.n.s@gmail.com

We consider the set which is a regular simplex in a four-dimensional space, the edge length of which is  $\sqrt{2}$ . Functions with zero integrals over a given set are investigated. Which are contained in an open ball radius  $R$  ( $R_1 < R < \sqrt{2}$ ). Where  $R_1 = 2/\sqrt{5}$  – radius of the smallest closed ball containing the closure of the simplex. Our main result is the uniqueness theorem which implies that any locally integrable function with zero integrals over the simplex and zero in the ball of radius  $r > R$  is equal to zero almost everywhere in the ball of radius  $R$ . The questions concerning the local version Pompeiu's problem are investigated in this paper. The scope of the result is the theory of approximation (approximation of functions by linear combinations), the theory of mappings preserving measure and in complex analysis (clarification of the Morera Theorem).

Keywords: regular simplex, function with zero integrals, the local version Pompeiu problem.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОЙ ЧАСТИ С АНТИФРИКЦИОННОЙ ПРОСЛОЙКОЙ С УЧЕТОМ И БЕЗ УЧЕТА КАНАВОК СО СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ**

*Каменских Анна Александровна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, anna\_kamenskih@mail.ru

*Адамов Анатолий Арсангалеевич*

Институт механики сплошных сред УрО РАН, 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика  
Королева, д. 1

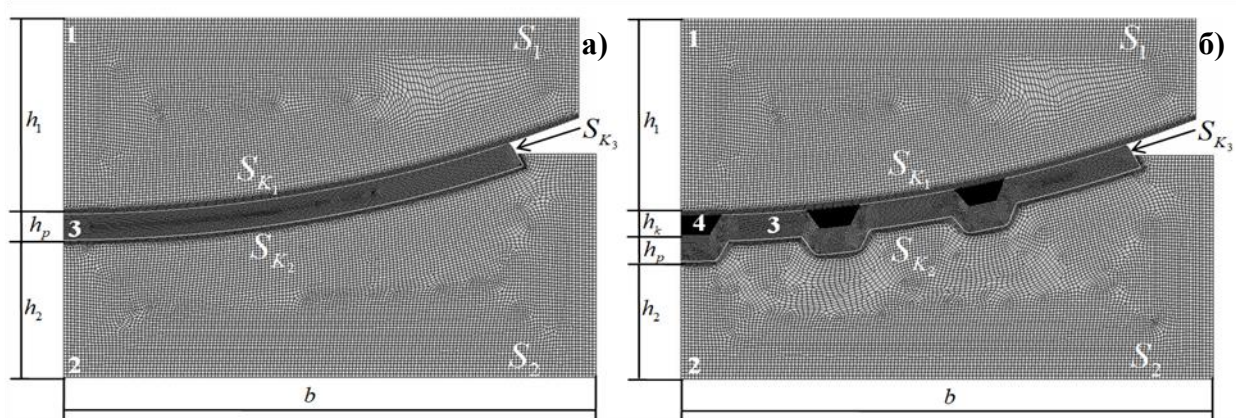
В работе выполнен анализ деформационного поведения прослойки из антифрикционного материала при фрикционном контактом взаимодействии со стальными плитами сферической опорной части. Рассматривается два варианта антифрикционной прослойки: с учетом и без учета канавок со смазочным материалом. В рамках работы установлено: влияние фрикционных свойств антифрикционного материала на параметры зоны контакта; перемещения относительно свободной контактной поверхности модели с учетом канавок со смазочным материалом больше до 34%; значительное падение уровня контактного давления и контактного касательного напряжения в зонах канавок со смазочным материалом; возрастание уровня контактного давления в зоне контакта с нижней плитой опорной части максимально на 16,6%; в случае одной из геометрических конфигураций канавок для смазочного материала максимальный уровень контактного касательного напряжения вырос на 93,5%.

Ключевые слова: контакт, трение, антифрикционный материал, полимер, опорные части мостов.

Сферические опорные части пролетных строений мостов относятся к ответственным элементам транспортно-логистических систем. Такие конструкции воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки от мостового пролета и относятся к контактным узлам с относительно тонкими слоями скольжения из полимерного антифрикционного материала. Наибольший интерес при деформировании опорной части представляет характер контактного взаимодействия в сферической прослойке из антифрикционного материала, которая включает в себе технологические углубления для смазочного материала разной геометрической конфигурации.

В работе рассмотрено контактное взаимодействие верхней плиты со сферическим сегментом (1) и нижней плиты со сферическим вырезом (2) опорной части через

упругопластическую полимерную прослойку (3) с учетом (рисунок 1б) и без учета (рисунок 1а) канавок со смазочным материалом (4).



**Рисунок 1. Конечно-элементная модель опорной части: а – без учета; б – учетом канавок со смазочным материалом**

Конечно-элементные модели соответствуют конструкции опорной части пролетных строений мостов Л-100 производства ООО «АльфаТех» г. Пермь, рассчитанной на номинальную вертикальную нагрузку 1000 кН. Характерные размеры сферической опорной части: максимальная высота верхней плиты  $h_1 = 0,03$  м, минимальная высота нижней плиты со сферическим вырезом  $h_2 = 0,02$  м ( $h_2 = 0,0179$  м для модели с учетом канавок), максимальная ширина конструкции  $b_k = 2b = 0,155$  м, толщина антифрикционной полимерной прослойки  $h_p = 0,004$  м, толщина канавок со смазочным материалом  $h_k = 0,003$  м. В работе рассмотрено деформационное поведение опорных частей мостов при действии силы индентирования  $F = 500-1250$  кН. На  $S_1$  приложена  $F$  и запрещен изгиб, на  $S_2$  запрещены перемещения по координате  $y$ . Математическая постановка приведена в [1].

На рисунке 2 показаны перемещения относительно свободной контактной поверхности  $S_{K_3}$ . При максимальной  $F$  нормальные перемещения относительно свободного края антифрикционной прослойки  $\sim 1,22$  мм. При этом перемещения прослойки у модели (б) больше по сравнению с моделью (а), в случае номинальной рабочей нагрузки 1000 кН разница наиболее существенная и максимально достигает 34%.

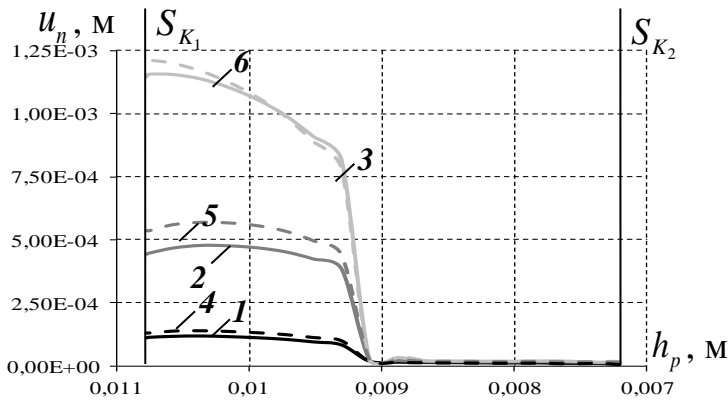


Рисунок 2. Перемещение края антифрикционной полимерной прослойки: сплошная линия – модель а; пунктирная линия – модель б; 1, 4 – 500 Н; 2, 5 – 1000 Н; 3, 6 – 1250 Н

На рисунке 3 показан характер распределения относительного контактного давления и относительного контактного касательного напряжения на  $S_{K_1}$ .

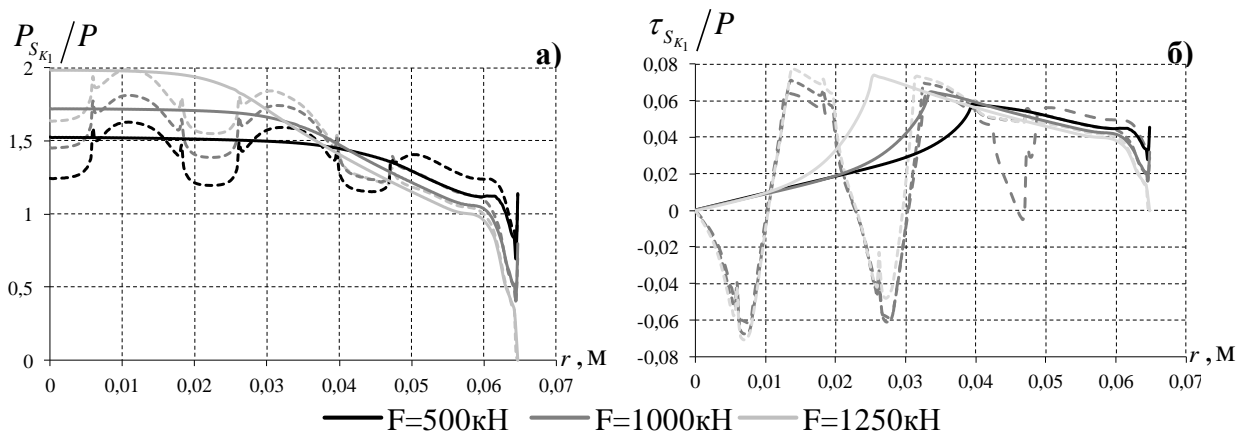


Рисунок 3. Относительные  $P_{S_{K_1}}/P$  (а) и  $\tau_{S_{K_1}}/P$  (б): сплошная линия – модель а; пунктирная линия – модель б

Стоит отметить существенное влияние канавок со смазочным материалом на контактные параметры. В зоне контакта верхней плиты со смазкой уровень контактного давления значительно ниже, чем в зонах контакта с полимером. В результате серии численных экспериментов получены поля распределения контактных параметров. Установлено, что введение в модель опорной части канавок со смазочным материалом сильно влияет на качественное распределение контактных параметров, наибольшее влияние наблюдается в зоне контакта с нижней стальной плитой со сферическим вырезом: максимальный уровень контактного давления больше на 16,6%, максимальный уровень контактного касательного напряжения – на 93,5%. Влияние канавок со смазочным материалом на относительно свободный край антифрикционной прослойки не значительно.

## Библиографический список

1. *Kamenskih A.A., Trufanov N.A.* Regularities Interaction of Elements Contact Spherical Unit with the Antifrictional Polymeric Interlayer // Friction and Wear. – 2015. – Т. 36. № 2. – Pp. 170-176.

### **THE MODELING OF CONTACT OF THE BEARING ELEMENTS WITH ANTI-FRICTION LAYER WITH ACCOUNT AND WITHOUT ACCOUNT OF THE GROOVES WITH LUBRICANT MATERIAL**

*Kamenskikh Anna A.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
anna\_kamenskih@email.ru

*Adamov Anatoly A.*

Institute of Continuous Media Mechanics of the UB of RAS, Academician Korolev st., 1, Perm,  
Russia, 614013

The deformation behavior analysis of the layer from antifriction material at frictional contact interaction with steel plates of a spherical bearing is performed in the work. Two versions of the antifriction interlayer are considered: with and without grooves with a lubricant. Installed as part of work: the level of frictional properties influence of antifriction material on the parameters of the contact zone; the displacements relative to the free contact surface of the model taking into account the grooves with a lubricant is more on 34%; significant drop in the level of contact pressure and contact tangential stress in zones of grooves with lubricant; the increase in the level of contact pressure in the zone of contact with the bearing bottom plate by a maximum of 16.6%; in the case of one geometrical configurations of the lubricant grooves the maximum level of contact tangential stress increased by 93.5%.

Keywords: contact, friction, antifriction material, polymer, bridge bearing.

## ИНТЕГРАЦИЯ ARCHIMATE И BPMN

*Кашапов Анфис Хафизович, Гарафутдинов Роберт Викторович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614060, Россия,  
г. Пермь, ул. бульвар Гагарина 37а, anfiskashapov@gmail.com

В данной статье представлено приблизительное возможное сопоставление между концепциями Archimate и BPMN. Основным стандартом моделирования бизнес-процессов является модель бизнес-процесса и нотация (BPMN). Archimate обычно используется для процессов высокого уровня и их связи с корпоративным контекстом, но он не предназначен для подробного моделирования рабочих процессов. BPMN поддерживает подробное моделирование подпроцесса и задач вплоть до уровня исполняемых спецификаций, но не имеет более широкого корпоративного контекста, например, для моделирования сервисов приложений, которые поддерживают процесс, или целей и требований, которые он должен выполнять. С этой целью BPMN имеет более детальный набор элементов с различными типами событий, задач и шлюзов. Оба языка довольно легко можно использовать в комбинации.

Ключевые слова: Archimate, BPMN, BPM, BPMS, бизнес – процесс, управление в организации, информационные технологии, модели бизнес – процессов.

Archimate - это открытый и независимый язык моделирования Enterprise Architecture. Он был разработан с учетом существующих стандартов и методов, таких как UML, BPMN и TOGAF. Он был максимально согласован с ними, чтобы их можно было использовать вместе с ними, а не заменять их.

Archimate разработан для обеспечения единообразного представления диаграмм, для целей целостного многоаспектного описания организаций, предлагает комплексный подход к проектированию архитектуры предприятия. Эволюция стандарта тесно связана со стандартом TOGAF и новых разработок Open Group и рабочих групп, действующих в этой области. Как следствие, стандарт Archimate не предоставляет свой собственный набор определенных терминов, а опирается на предусмотренные стандартом TOGAF. Язык разрабатывается с 2004 г, поддерживается ключевыми программными средствами для моделирования архитектуры, в том числе специализированными как Archi. Данный язык подходит для моделирования BPM организации, а именно, позволяет комплексно описать организацию.

BPMN Графическая нотация и модель бизнес-процессов (Business Process Modeling Notation) — индустриальный стандарт визуального описания исполняемых моделей

процессов, ориентированных на интерактивное взаимодействие с участниками. Используется в большинстве систем BPMS в качестве основного средства для графического моделирования, имеет техническую реализацию, т.ч. модель м.б. интерпретирована в исполняемый программный код [1].

Моделирование BPM средствами EA позволяет интегрировать высокоуровневые модели архитектуры предприятия с процессными моделями BPMN, это особенно ценно для организаций, нацеленных на цифровую трансформацию и внедрение инновационных моделей ведения бизнеса.

Оба языка Archimate и BPMN могут использоваться для моделирования бизнес-процессов. Однако их цели разные, нотация Archimate обычно используется для процессов высокого уровня и их отношений с контекстом предприятия, но не предназначена для детального моделирования рабочего процесса, тогда как BPMN поддерживает подробное моделирование подпроцессов и задач вплоть до уровня исполняемых спецификаций, но не имеет более широкого представления, например, для моделирования приложений, поддерживающих процесс, или целей и требований, которые он должен выполнить [2].

Оба языка разделяют концепции бизнес-процесса и события. В нотации Archimate имеется один элемент бизнес-процесса, который может быть разложен в других процессах, связанных с потоками и иницирующими отношениями, возможно, используя переходы для представления более сложных соединений. BPMN имеет более тонкий набор элементов с различными типами событий, задач и шлюзов. Его метамодель также четко различает процесс и подпроцесс (хотя в нем отсутствует графическое представление самого бизнес-процесса). Соответствующая концепция участника (или пула) BPMN и концепции Archimate для бизнес-роли или бизнес-участника (или прикладного компонента для автоматизированных процессов) также соответствуют.

В типичном сценарии оба языка могут использоваться совместно. Картирование из нотации Archimate до BPMN довольно простое. Другой способ - терять детализированные элементы BPMN. Более того, существуют структурные различия между языками, которые препятствуют прямому картированию концепции от концепции. Подробное описание такого сопоставления выходит за рамки стандарта. Archimate предназначен для моделирования на уровне Enterprise Architecture подробно, а не на уровне архитектуры решений и разработки программного обеспечения. BPMN имеет гораздо больше деталей, чем Archimate. BPMN поддерживает подробное моделирование подпроцессов и задач вплоть до уровня исполняемых спецификаций, но не имеет более широкого контекста предприятия, например, для моделирования приложений, поддерживающих процесс, а также целей и требований,



которые он должен выполнить. С этой целью BPMN имеет более тонкий набор элементов с различными типами событий, задач и шлюзов.

В следующей таблице представлено приблизительное возможное сопоставление между концепциями Archimate и BPMN. В этой таблице более абстрактные концепции высокого уровня представлены слева, а более конкретные, подробные концепции находятся справа.

**Таблица. Сопоставление элементов нотации Archimate и BPMN**

Archimate	BPMN
Business Actor, Role, Application Component	Participant/Pool, Lane
Business/Application Collaboration	Collaboration
Business/Application Process	Process
Triggering	Sequence flow
Access	Data association
Junction	Inclusive and parallel gateways
Or-junction	Exclusive and event-based gateways

Один из возможных вариантов связывания языка, это использовать Archimate для создания высокоуровневого представления процесса и соответствующей более подробной модели BPMN, основанной на сопоставлении в таблице выше. Чтобы создать соответствующие ссылки для привязки объектов Archimate к модели BPMN, можно использовать отношения между ними при помощи использования матричной таблицы. Еще один вариант интеграции между моделями BPMN и Archimate, выбрать модель ландшафта приложения в Archimate, а затем связать это с моделью BPMN при помощи использования цветовых различий границ приложений Archimate в модели BPMN.

Объединение языков позволит пользователям отвечать на конкретные бизнес-вопросы и повышать ценность бизнеса для разных заинтересованных сторон, а также откроет возможность для детального проектирования организации с уровня EA до уровня исполнимых бизнес-процессов.

### Библиографический список

1. *Фёдоров И. Г.* Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN2.0: Монография, Москва 2013 г. МЭСИ. – 255 стр.
2. Welcome to the Archimate® 3.0.1 Specification, an Open Group Standard [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://pubs.opengroup.org/architecture/Archimate3-doc/> [Проверено: 18.03.19].

### INTEGRATION ARCHIMATE AND BPMN

*Kashapov Anfis K., Garafutdinov Robert V.*

National Research University Higher School of Economics, Gagarin Boulevard 37a, Perm, Russia, 614060, [anfiskashapov@gmail.com](mailto:anfiskashapov@gmail.com)

This article presents an approximate possible comparison between Archimate and BPMN concepts. The main standard for modelling business processes is the Business Process Model and Notation (BPMN). Archimate is typically used for high-level processes and their relations to the enterprise context, but it is not intended for detailed workflow modeling. BPMN supports detailed sub-process and task modelling down to the level of executable specifications, but lacks the broader enterprise context, for example, to model the application services that support a process or the goals and requirements it has to fulfil. To this end, BPMN has a more fine-grained set of elements, with various types of events, tasks, and gateways. Both languages can quite easily be used in combination.

Keywords: Archimate, BPMN, BPM, BPMS, business process, management in the organizations, information technology, business process models.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ СТАЛИ 45 ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

*Климов Никита Андреевич, Колмогоров Герман Леонидович*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, nikita-kl@yandex.ru

В статье рассматривается термоупругое состояние осесимметричного тела при наличии градиента температуры за счет нагрева контактного слоя в процессе фрезерования. В частности, была оценена возможность термопластической деформации в поверхностном слое и возможность образования остаточных напряжений при последующем охлаждении. Для деталей из стали 45 были получены предельные температурные режимы, приводящие к сжимающим или растягивающим остаточным напряжениям. Кроме того, в работе представлена конкретная реализация расчета максимальной скорости резания, превышение которой, может быть причиной чрезмерного нагрева обрабатываемой цилиндрической заготовки и остаточных напряжений, что может существенно повлиять на надежность обработанной детали. Благодаря, использованию аналитического решения представляется возможным вычислить максимальные температуры, возникающие в паре инструмент-заготовка, не прибегая к методу конечных элементов.

Ключевые слова: фрезерование, механическая обработка, температура, остаточные напряжения, контактный слой, скорость резания.

### **Введение**

Операции механической обработки резанием могут быть разделены на две основные группы: непрерывные и прерывистые. Фрезерование относится ко второй группе операций механической обработки и служит для создания плоских или трехмерных поверхностей произвольной формы. При любых видах механической обработки резанием выделяется значительное количество тепловой энергии (порядка 90 – 95 % всей энергии генерируемой в процессе резания преобразуется в тепловую [1]), возникающей вследствие интенсивной пластической деформации и действия сил трения на небольшой контактной площадке между инструментом и обрабатываемой деталью [2]. Данная тепловая энергия рассеивается между стружкой, инструментом и обрабатываемой заготовкой. Чрезмерный нагрев в зоне образец – обрабатываемая деталь может вызывать чрезмерный износ инструмента, а также образование остаточных напряжений (далее – ОН) в поверхностном слое обрабатываемого изделия, и напрямую влиять на качество конечной продукции.

При значительном разогреве в обрабатываемой детали возникают термоупругие напряжения, кроме того при определенных градиентах температуры возможно появление

термопластических деформаций. Последующее охлаждение обрабатываемых изделий приводит к образованию ОН в поверхностном слое, которые во многом определяют качество изделий [3, 4]. При этом основным фактором, влияющим на формирование поверхностного слоя, является скорость резания [5].

ОН в поверхностном слое определяют качество поверхности и точность обрабатываемых деталей [6, 7]. В данной статье авторами предложена аналитическая модель с использованием функций Грина для решения трехмерной нестационарной задачи теплопроводности. Также для с помощью данной модели для стали 45 была определена предельно допустимая скорость резания из условия отсутствия термопластических деформаций.

### Зависимость температуры от скорости резания

Тепло, выделяемое в процессе резания, может быть определено по известным усилиям и скоростям резания, при условии, что вся механическая работа, выполняемая в процессе резания, переходит в тепловую энергию, следующим образом [8]:

$$Q = F_R \cdot V_C, \quad (1)$$

где  $F_R$  - результирующая сила резания,  $V_C$  - скорость резания. Если тепловые свойства режущего инструмента и заготовки однородны и не зависят от времени, то уравнение теплопроводности в декартовой системе координат будет иметь вид:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\rho c_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2)$$

где  $k$  - теплопроводность материала инструмента,  $\rho$  - плотность,  $c_p$  - теплоемкость,  $T$  - поле температур.

В процессе фрезерования режущая поверхность инструмента подвергается циклическому нагреву и охлаждению. Область, нагреваемая в процессе взаимодействия инструмента и обрабатываемой детали в процессе резания, представлена на рисунке 1 (выделена красным цветом).

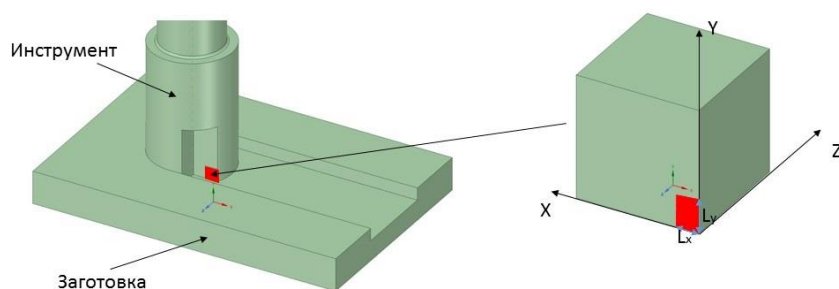


Рисунок 1. Геометрическая модель температурной модели инструмента

Отсюда граничное условие для уравнения (2) будет иметь следующий вид:

$$-k \frac{\partial T}{\partial z} = q(z, y, t), \quad z = 0; 0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y \quad (3)$$

где  $L_x, L_y$  размеры области источника тепла, представленного на рисунке 1,  $q(x, y, t)$  тепловой поток приложенный к поверхности  $xu$ . Прочие граничные поверхности считаются изолированными, а начальная температура тела определяется уравнением (2), которое может быть решено численно или аналитически. Согласно источнику [9], данное уравнение может быть решено аналитически с использованием функций Грина, при условии, что резец представляет собой полубесконечный параллелепипед, нагреваемый в его вершине. Тогда, функция Грина  $\theta_G$ , которая определяет температуру в точке с координатами  $(x, y, z)$  в момент времени  $t$ , обусловленную источником тепла, расположенным в точке  $x = x_p, y = y_p, z = 0$ , который выделяет тепловую энергию в момент времени  $t = \tau$ .

$$\begin{aligned} \theta_G(x, y, z, x_p, y_p, 0, D) = & \frac{2}{(\sqrt{\pi}D)^3} \exp\left[\frac{-z^2}{D^2}\right] \times \left[ \exp\left(\frac{-(x+x_p)^2}{D^2}\right) + \exp\left(\frac{-(x-x_p)^2}{D^2}\right) \right] \times \\ & \times \left[ \exp\left(\frac{-(y+y_p)^2}{D^2}\right) + \exp\left(\frac{-(y-y_p)^2}{D^2}\right) \right] \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$D = 2\sqrt{[\alpha(t-\tau)]}.$$

Температурное поле инструмента может быть определено с помощью функции теплового потока и интегрирования уравнения (4) по времени,  $L_x$  и  $L_y$ .

$$T(x, y, z, t) = \frac{\alpha}{k} \int_0^t \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \theta_G(x, y, z, x_p, y_p, 0, D) Q(x_p, y_p, \tau) dy_p dx_p d\tau. \quad (5)$$

Интеграл от  $\theta_G$  по  $L_x$  и  $L_y$  может быть обозначен, как  $\theta_{GR}$  и записан следующим образом:

$$\begin{aligned} \theta_{GR}(x, y, z, L_x, L_y, D) = & \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \theta_G(x, y, z, x_p, y_p, 0, D) dy_p dx_p = \\ = & \frac{1}{2\sqrt{\pi}D} \exp\left[\frac{-z^2}{D^2}\right] \theta_{GU}(x, L_x, D) \theta_{GU}(y, L_y, D), \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\theta_{GU}(u, L, D) = erf\left(\frac{L+u}{D}\right) + erf\left(\frac{L-u}{D}\right).$$

Подставив уравнение (6) в выражение (5), получим соотношение (7), с помощью которого представляется возможным определить температурное поле инструмента.

$$T(x, y, z, t) = \frac{\alpha}{k} \int_0^t \theta_{GR}(x, y, z, L_x, L_y, D) \cdot q(\tau) d\tau \quad (7)$$

Следует отметить, что выражение (7) включает в себя два выражения, зависящих от времени  $\theta_{GR}$  и  $q(\tau)$ . Следовательно, данное выражение может быть решено путем свертки по данной переменной.

На рисунке 2 представлено решение уравнения (7) при различных скоростях резания: 100, 200, 300 м/мин. Прочие параметры процесса резания, такие как глубина резания, подача инструмента за оборот остаются постоянными, и соответственно равны 1 мм и 0,15 мм/об. Также следует отметить, что в расчете теплопроводность инструмента была принята равной  $65 \frac{Вт}{м \cdot К}$ .

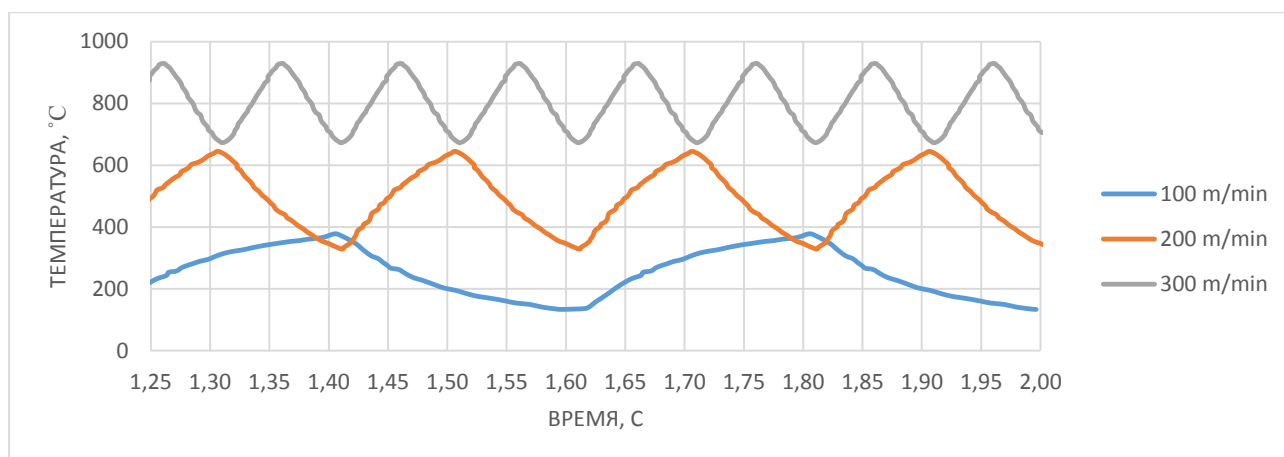


Рисунок 2. Зависимость температуры от времени

### Определение критической скорости резания

В работе [10] авторы с помощью аналитических зависимостей находят критическую температуру, при превышении которой происходит переход поверхностного слоя материала в пластическое состояние: для стали 45 критической температурой будет  $T_{кр} = 394,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Используя полученные ранее результаты расчетов, представляется возможным найти критическую скорость резания, превышение которой будет приводить к образованию термопластических деформаций в поверхностном слое обрабатываемого изделия, и как следствие к образованию ОН в поверхностном слое после охлаждения.

Из рисунка 2 представляется возможным определить критическую скорость резания. Так при выбранных ранее прочих параметрах резания максимально допустимой для рассматриваемой стали будет  $v_{кр} = 122,23$  м/мин.

### **Выводы**

В данной статье авторами предложен метод расчета температуры от скорости для сталей при механической обработке резанием (фрезерованием). На основании данного метода была определена предельно допустимая скорость резания, при фиксированных глубине резания и подачи инструмента за оборот, заготовки из стали 45, исходя из условия отсутствия термопластических деформаций в поверхностном слое заготовки.

### **Библиографический список**

1. *Sato M, Tamura N, Tanaka H.* Temperature variation in the cutting tool in end milling. Journal of Manufacturing Science and Engineering 2011
2. *Abukhshim NA, Mativenga PT, Sheikh MA.* Heat generation and temperature prediction in metal cutting: A review and implications for high speed machining. International Journal of Machine Tools and Manufacture 2006
3. Инженерия поверхности деталей / колл. авт.: под ред. А. Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2008 – 320 с.
4. *Маталин А. А.* Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. М.: Машиностроение, 1970 – 320 с.
5. *Васильев Д. В., Кочина Т. Б.* Упругое последствие в деталях при высокоскоростной обработке резанием // Металлообработка, 2014, № 2, с 2 – 10
6. Обеспечение качества поверхностного слоя материала деталей машин / В. А. Витаминов, М. З. Захватов, А. Г. Схиртладзе, В. Н. Агеева, Вэй Пью Маунг // Технология машиностроения 2014, № 1, с. 7-11.
7. Формирование остаточных напряжений при магнитно-абразивной обработке деталей машин / Л. М. Акулова, Т. К. Романова, Л. Е. Сергеев, В. Е. Бабин, Е. В. Сенчуров // Технология машиностроения, 2014, № 3, с 24 – 27.
8. *Stephenson DA, Ali A.* Tool temperatures in interrupted metal cutting. Journal of Manufacturing Science and Engineering 1992;114/2: 127-136.
9. *Г. Л. Колмогоров, Е.В. Кузнецова, Н. А. Климов* «Вопросы формирования остаточных напряжений при механической обработке» // Технология машиностроения, 2015 год вып. 12, стр. 5-8.

## **DETERMINATION OF THE MAXIMUM PERMISSIBLE CUTTING SPEED OF STEEL 45 DURING MILLING**

*Kolmogorov German L., Klimov Nikita A.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
nikita-kl@yandex.ru

The article examines the thermoelastic state of an axisymmetric body in the presence of a temperature gradient due to heating of the contact layer during milling. Specifically, the possibility of the thermoplastic deformation in the surface layer and the possibility of the residual stresses formation during subsequent cooling have been estimated. For the steel specimen, we have determined the boundary temperature regimes leading to the compressive or tensile residual stresses. Furthermore, the paper presents a specific implementation of calculating the maximum cutting speed, which, if exceeded, will cause excessive heating of the machined cylindrical specimen and residual stress, which may significantly affect the reliability of the machined part. Finally, we have derived an analytical solution for calculating the maximum temperature required for machining the tool without using the finite element method.

Keywords: milling, machining, temperature, residual stresses, contact layer, cutting speed.



## О МОДЕЛИРОВАНИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНОГО ПОДХОДА

*Кобцева Светлана Евгеньевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, sekobtseva@gmail.com

Данная статья посвящена вопросам, связанным с изучением, моделированием и анализом социальных сетей. Изучено такое понятие как социальная сеть и его основные характеристики, также рассматривается процесс распространения информации в сети. В ходе исследования была детально изучена работа бразильского ученого Марии Гатти о моделировании виртуальных социальных сетей и распространении информации в социальной сети. Сделана попытка дополнить разработанную Гатти стохастическую мультиагентную систему, основанную на подходе к анализу распространения информации в виртуальных социальных сетях, таких как Twitter и Facebook. Предлагается дополнить систему анализа сообщений, опираясь не только на распределение сообщений по темам, но и на его содержательную часть и эмоциональную окраску. Была построена архитектура системы анализа тональности текста.

Ключевые слова: социальная сеть, мультиагентная система, агентный подход, анализ тональности текста.

Сегодня социальные сети являются неотъемлемой частью жизни общества. Они используются как средство коммуникации между людьми, для распространения информации в сети, проведения рекламных и политических кампаний. Исследованиями в области моделирования и анализа социальных сетей активно занимаются университеты Карнеги-Меллон, Стэнфорд, Оксфорд, *INRIA*, а также компании *Facebook*, *Google*, *Yahoo!*, *LinkedIn*. Также стоит отметить работы таких исследователей как Свинцовский А.А. и Мария Гатти.

Само понятие социальной сети появилось и начало активно использоваться на Западе еще во второй половине XX века при изучении социальных связей и отношений между людьми. Согласно определению Патюкова С. В. и Коврига Е. В. «социальная сеть (Интернет) — интерактивный многопользовательский веб-сайт, контент которого наполняется самими участниками сети. Сайт представляет собой автоматизированную социальную среду, позволяющую общаться группе пользователей, объединенных общим интересом. Связь осуществляется посредством веб-сервиса внутренней почты или мгновенного обмена сообщениями» [1].

Стоит отметить, что социальные сети оказывают сильнейшее влияние на социальную жизнь, поэтому, их анализ и моделирование является актуальным. Используя данные социальных сетей, исследователи занимаются моделированием политических, экономических и социальных процессов, что способствует дальнейшей разработке механизмов влияния на данные процессы и разработке различных сервисов и приложений. Анализ социальных сетей позволяет объяснить специфику взаимодействия между пользователями данных сетей и распространения информации. Особое внимание уделяется изучению такой характеристики, как роли пользователя в социальной сети. Можно выделить такие основные характеристики социальных сетей как дискретность, подобие, близость и взаимность [2].

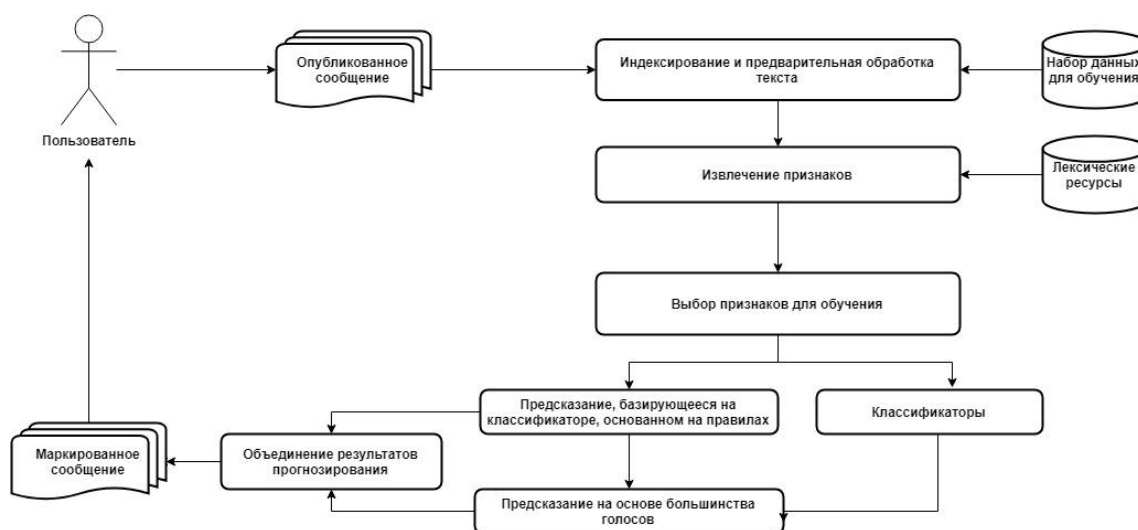
Использование программных агентов для анализа и моделирования поведения пользователей в социальных сетях рассматривается бразильским исследователем Марией Гатти [3]. В своей статье Гатти рассматривает стохастическую мультиагентную систему, основанную на подходе к анализу распространения информации в социальных сетях, таких как *Twitter* и *Facebook* [3]. Данные социальные сети активно используются для продвижения различных товаров и услуг, запуска рекламных кампаний. Гатти концентрируется на прогнозировании и анализе поведения пользователей в социальных сетях относительно поста/сообщения по определенным темам. Данная тема раскрывается на примере *Twitter* аккаунта 44-го президента США Барака Обамы, который рассматривается как эгоцентрическая сеть для того, чтобы представить подход на основе имитационного и предсказательного моделирования поведения пользователей. С помощью экспериментального анализа было оценено влияние деактивации аккаунта Обамы и самых активных пользователей для того, чтобы понять воздействие тех пользователей, которые вероятнее всего будут распространять информацию по сети. В ходе исследования были составлены и проанализированы стохастические модели, удалось выяснить, что при деактивации ядра сети (аккаунта Обамы) и самых активных пользователей оказывается влияние на весь поток сообщений, особенно если они связаны с Барак Обамой [3]. Таким образом, Гатти удалось проследить процесс распространения информации в социальных сетях.

Особое внимание при моделировании социальных сетей стоит уделять не только значимости пользователя и количеству его подписчиков, но и содержанию текстовых сообщений, распространяемых пользователями в сети. Ведь публикации пользователей представляют собой существенную часть социальных сетей, которые сегодня зачастую выступают в роли средств массовой информации. Соответственно любой пользователь

может опубликовать пост, посвященный какому-либо информационному поводу. Именно поэтому нами рассматривается агент, реализующий алгоритмы интеллектуального анализа текста, для его дальнейшего использования при моделировании социальных сетей. Предлагается дополнить систему, разработанную М. Гатти, агентом, реализующим алгоритмы интеллектуального анализа текста, что позволит анализировать не только взаимосвязи между агентами, но и содержание текста публикаций.

В своей работе Гатти осуществляет классификацию сообщений по темам, но без учета эмоциональной окраски. Для классификации использовался подход, основанный на ключевых словах. В начале составлялся список ключевых слов для представления каждой темы. Затем текст каждого сообщения был разбит на токены, в качестве разделителей использовались пробелы и знаки препинания. Затем токенизированный твит (сообщение) классифицируется как принадлежащий к одной из тем.

Все сообщения можно классифицировать на три типа в зависимости от их эмоциональной окраски: позитивные, негативные, нейтральный. В рамках нашей системы агенты выполняют следующие задачи: кластеризация текстов, визуализация текстов, реферирование текстов и интерпретация текстов. Предлагается следующая система анализа эмоциональной окраски (тональности) текста (см. рисунок 1):



**Рисунок. Система анализа тональности текста**

Опубликованное пользователем сообщение попадает к агенту, осуществляющему процесс индексирования и предварительной обработки текста, то есть происходит токенизация, лексическая нормализация, стемминг (нахождение основы слова), удаление специальных символов). Затем текст переходит в работу агенту, занимающемуся извлечением признаков, то есть выявляются характерные особенности каждого сообщения (характерные признаки для конкретной социальной сети, части речи, лексические

особенности). Далее осуществляется выбор признаков, необходимых для классификации сообщений. Затем происходит классификация текстов, используются такие методы классификации как наивный Байес, дерево решений и SVM. Затем происходит объединение всех полученных результатов классификации и отнесение сообщения в конкретный класс в соответствии с его эмоциональной окраской.

Таким образом была разработана архитектура системы анализа эмоциональной окраски текста. Важно отметить, что данное исследование является актуальным, поскольку существуют сложности, связанные с анализом и обработкой естественного языка. В дальнейшем планируется продолжить работу над проектированием и разработкой мультиагентной системы, реализующей алгоритмы Text Mining, для моделирования социальных сетей. Планируется разработка стратегии по выявлению фейковых (ложных) новостей и оценке эмоциональной оценки текстов сообщений в социальной сети.

### **Библиографический список**

1. *Патюков С. В., Коврига Е. В.* Социальная сеть: понятие, история возникновения, современное положение дел // Юный ученый. — 2017. — №2. — С. 75-77. [Электронный ресурс] URL: <http://yun.moluch.ru/archive/11/873/> (дата обращения: 17.03.2019)
2. *Свинцовский А.А.* (Теоретические аспекты моделирования социальных сетей) [Электронный ресурс] URL: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/eb093a9ad1f855d044257c8b003877b3> (дата обращения: 17.03.2019)
3. *Gatti M.* «A simulation-based approach to analyze the the information diffusion in microblogging online social network» [Электронный ресурс] URL: <https://informs-sim.org/wsc13papers/includes/files/147.pdf> (дата обращения: 17.03.2019)
4. *Давыдов А.А.* Системная социология: анализ мультимедийной информации в Интернете. М.: ИС РАН, 2009. ([http://www.isras.ru/index.php?page\\_id=988](http://www.isras.ru/index.php?page_id=988))
5. *Carrington P., Scott J., Wasserman S.* Models and Methods in Social Network Analysis. Cambridge.: Cambridge University Press, 2005.

### **MODELING SOCIAL NETWORKS USING AN AGENT APPROACH**

*Kobtseva Svetlana E.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, [sekobtseva@gmail.com](mailto:sekobtseva@gmail.com)

This paper focuses on issues related to the modeling and analysis of social networks. There were considered social network and its main characteristics, and also the process of informational diffusion. There was studied the paper of the Brazilian scientist Maria Gatti on the modeling of virtual social networks and the dissemination of informational diffusion in a social network. An attempt was made to complement the stochastic multi-agent system developed by Gatti, based on an approach to analyzing the dissemination of information in virtual social networks such as Twitter and Facebook. It is proposed to supplement the system of analyzing messages, relying not only on the distribution of messages by topic, but also on its substantive part and emotional coloring. The architecture of the Sentiment analysis system was built.

Keywords: social network, multi-agent system, agent-based approach, Sentiment analysis.

## **ПРЕДСКАЗАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВАНИИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Ковалева Екатерина Александровна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, kovaleva.ekaterin@gmail.com

Выявление эмоций из данных Электроэнцефалограммы (ЭЭГ) обрело большую популярность и повсеместно используется в различных областях. Но применение такого метода для предсказания эмоций требует правильного выделения признаков, преобразованных из сигналов мозга. Однако на сегодняшний день остается открытым вопрос, на каких признаках нужно делать качественные предсказания эмоций. В данной работе сравниваются разные категории признаков и анализируется их влияние на качество предсказания эмоций. Для анализа данных, полученных в результате эксперимента, из сигналов снятых с электродов ЭЭГ были получены следующие типы признаков: частотные характеристики сигнала электродов, индексы асимметрии между электродами, энтропия сигналов электродов, коэффициенты вейвлет-преобразования сигналов электродов, энтропия и вельвет сигналов электродов, пересечения более высокого порядка (НОС). На основании выбранных признаков построены несколько моделей машинного обучения. Сравнительный анализ качества работы этих моделей проводился путем сравнения распределения ошибок предсказания этих моделей на тестовой выборке при многократном случайном разбиение имеющейся выборки данных на обучающую и тестовую подвыборки. Были получены количественные оценки моделей предсказания на группах признаков и выделены самые результаты, где качество модели превышало 0.55 процентов.

**Ключевые слова:** Электроэнцефалограмма, распознавание эмоций, электроды, НОС, модели машинного обучения.

Эмоции являются неотъемлемой частью повседневной жизни человека. Разработка подходов для распознавания эмоций является важной задачей для изучения человеческого поведения и определения его эмоционального состояния. Данная работа сфокусирована на распознавании эмоций с помощью сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ), которая не позволяет симитировать или скрыть истинное эмоциональное состояние человека. Например, в медицине распознавание эмоций в режиме реального времени может быть полезно для отслеживания и коррекции психоэмоционального состояния пациента, а в маркетинге, изучая и используя эмоции человека, можно завоевать его внимание и управлять его поведением.

Насколько успешно можно выявлять эмоции по данным сигналов ЭЭГ? Этот вопрос всё ещё остаётся открытым. Так, в исследовании студента Тегана Харрисона из

Университета Кентербери, было показано, что устройство Emotiv EPOC, одно из самых популярных устройств для предсказания ЭЭГ, не надежно в выявлении эмоций человека, поскольку статистические характеристики показали, что результат получен случайно. А также не было выявлено значительных соответствий между эмоциональными состояниями участников, которые определяются оценками испытуемых и результатами прогноза эмоций этим устройством [4].

Для успешного предсказания эмоций человека по сигналам ЭЭГ необходимо уметь определять самые важные для такой задачи признаки. Таким образом, *целью данной работы* является анализ различных типов признаков, получаемых из сигнала ЭЭГ, с целью максимизации качества предсказания текущего эмоционального состояния человека.

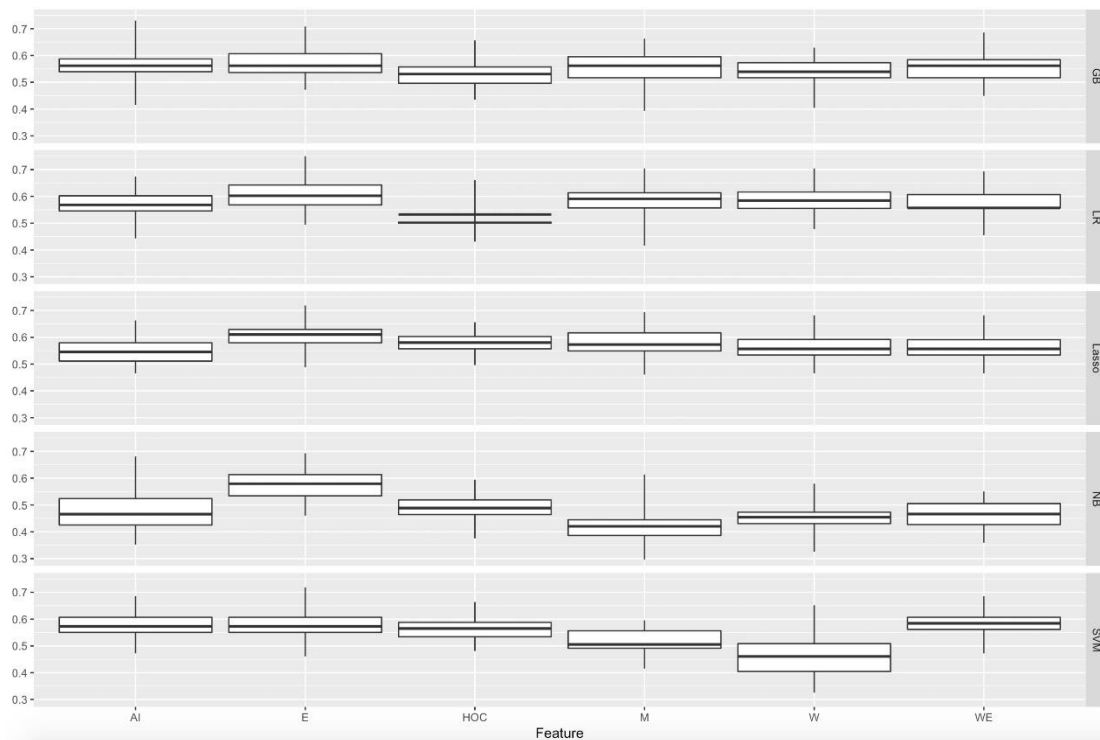
Для предсказания эмоционального состояния данная работа полагается на классические модели машинного обучения. Получение данных для обучения таких моделей производилось в рамках эксперимента: каждому испытуемому демонстрировались 60 изображений из стандартизированной базы данных International Affective Picture System (IAPS) для стимуляции различных эмоциональных состояний. Проводилась запись ЭЭГ с 21 электрода с помощью портативного 24-канального электроэнцефалографа, где 3 канала используются для подключения других датчиков. После просмотра каждого изображения испытуемый оценивал по 10-бальной шкале положительность/отрицательность испытываемой эмоции (valence).

Основными известными методами получения признаков из сигналов ЭЭГ являются: частотные характеристики сигнала электродов, индексы асимметрии между электродами, энтропия сигналов электродов, коэффициенты вейвлет-преобразования вейвлет сигналов электродов, higher order crossings (НОС) [1]. Представленные выше методы позволяют получить большой набор признаков по сигналам ЭЭГ. Однако в связи с ограниченным размером выборки данных для избегания переобучения моделей машинного обучения необходимо отобрать наиболее подходящие признаки. Отбор признаков осуществляется с помощью линейной лассо регрессии: в каждой группе выбирается по 10 лучших признаков.

Полученный сигнал с ЭЭГ был преобразован вышеупомянутыми методами, и в дальнейшем каждая преобразованная группа признаков была многократно разделена случайным образом с помощью кросс-валидации для проверки того, насколько успешно применяемая модель предсказания способна работать на независимом наборе данных: обучающая (75%) и тестовая (25%) выборки. Для каждого такого разбиения было получено 100 метрик качества, которые позволяют понять распределение качества для конкретной модели, с помощью минимальной и максимальной ошибки, квартили. На обработанных

данных строятся пять моделей машинного обучения: линейная регрессия, градиентный бустинг, наивный байес, линейная лассо-регрессия и метод опорных векторов (SVM) [1].

Было получено распределение точности предсказания моделей машинного обучения для каждой из 6 групп. Полученные распределения показаны на рисунке 1 посредством диаграммы “ящик с усами”, показывающего квартили, минимальное и максимальное значения каждого распределения.



**Рисунок 1. Оценка качества моделей построенных на группах признаках по количественным критериям.**

В результате стоит обратить внимание, что распределения точности работы для различных методов машинного обучения на различных данных находятся в диапазоне 0.40 - 0.70. Лучший результат работы даёт качество около 60% с разбросом от 0,56 до 0,64. Это достигается для частотных характеристик сигналов электродов на модели логистической регрессии и на лассо регуляризация. Энтропия сигналов электродов также показывает наилучший результат среди всех групп признаков на лассо регуляризации. Таким образом, полученные результаты показывают, что качество предсказания эмоций человека по сигналам ЭЭГ является невысоким и требует дальнейшей разработки более точных методов предсказания. С другой стороны, нужно отметить, что такое качество предсказания может быть достаточным для использования в развлекательных целях, что, однако требует дальнейшего исследования на субъективное восприятие точности такого предсказанию людьми.



### Библиографический список

1. *Min-Ki, K.* A review on the computational methods for emotional state estimation from the human EEG / K. Min-Ki, K. Miyoung, O. Eunmi, K. Sung-Phil // *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Vol. 2013, P. 1-13.
2. *Panagiotis C. P.* Emotion recognition from brain signals using hybrid adaptive filtering and higher order crossings analysis / C. P. Panagiotis, J. H. Leontios // *IEEE Transactions Affective Computing*, 2010, Vol. 1, No 2, P. 81-97.
3. *Yang, Y.* A Fast Unified Algorithm for Computing Group-Lasso Penalized Learning Problems / Y. Yang, H. Zou // *Statistics and Computing*, 2015, № 25(6), P. 1129-1141.
4. *Harrison T.* The Emotiv mind: investigating the accuracy of the Emotiv EPOC in identifying emotions and its use in an Intelligent Tutoring System, Honours Report, University of Canterbury, 2013.

### **PREDICTION OF THE EMOTIONAL STATE OF THE PERSON WITH THE HELP OF MACHINE LEARNING METHODS**

*Kovaleva Ekaterina A.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, kovaleva.ekaterin@gmail.com

Identification of emotions from data of the electroencephalography (EEG) found great popularity and is everywhere used in various areas. But application of such method for prediction of emotions demands the correct allocation of the signs transformed from brain signals. However today there is open a question on what signs it is necessary to do high-quality predictions of emotions. In this work different categories of signs are compared and their influence on quality of prediction of emotions is analyzed. For the analysis of the data obtained as a result of an experiment from the signals removed from electrodes of EEG the following types of signs were received: frequency characteristics of a signal of electrodes, indexes of asymmetry between electrodes, Entropy of signals of electrodes, coefficients of Wavelet transform of signals of electrodes, Entropy and Wavelet of signals of electrodes, higher order crossings (HOC). On the basis of the chosen signs several models of machine learning are constructed. The comparative analysis of quality of work of these models was carried out by comparison of distribution of errors of prediction of these models on test selection at repeated accidental splitting the available selection of data into the training and test subsamples. Quantitative estimates of models of prediction on groups of signs were received and the results where the quality of model exceeded 0.55 percent are marked out.

Keywords: The electroencephalogram, recognition of emotions, electrodes, HOC, machine learning models.

## НОВАЯ АСИМПТОТИКА В МОДЕЛИ ПОДОБИЯ БЫСТРОХОДНЫХ НАСОСОВ

*Козлов Игорь Владимирович, Пещеренко Сергей Николаевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, kozlov.iv@novomet.ru

При увеличении частоты вращения вала напор центробежных насосов растет пропорционально практически квадрату частоты. Также наблюдается и некоторый рост КПД насосов. Препятствием для роста частоты является уменьшение ресурса насосов, примерно пропорционально кубу частоты, что сдерживало разработку быстроходных конструкций. В последнее время, благодаря применению новых технологий, обеспечивших рост точности изготовления, удалось настолько уменьшить дисбаланс роторов, что стало возможным существенное увеличение частоты новых насосов. Однако с ростом частоты возрастает и скорость течения жидкости, растут гидродинамические потери. Актуален вопрос о законе роста напора и КПД насосов. Монотонный ли это рост или существует оптимальная частота вращения вала для насосов с заданным диаметром ротора? Для ответа на эти вопросы нами были проведены экспериментальные исследования трех типов насосов. Показано, что рост напора и КПД имеет асимптотический характер. Предложена модель, объясняющая экспериментальные данные.

Ключевые слова: метод размерности и подобия, центробежный насос, частота вращения вала, коэффициент полезного действия, напор насоса.

Экспериментальные исследования проводили на горизонтальном стенде для испытаний насосных секций (см. рисунок1), при частотах вращения вала 1000, 1500, 2000, 2500, 2910, 4000, 5000 и 6000 об/мин. В качестве рабочих жидкостей использовали воду.

В современном гидромашиностроении испытания насосов, практически всегда, проводят на воде. Давление  $P$  и мощность  $N$ , потребляемая насосом зависит от плотности  $\rho$ , подачи  $Q$ , частоты вращения вала  $n$ , диаметра вала  $D$  и вязкости  $\nu$ . Поскольку вязкость фиксирована, то используют упрощенную модель.

$$P = P\left(\rho, Q, \frac{D}{n}\right),$$

$$N = N\left(\rho, Q, \frac{D}{n}\right).$$

Применяя методы размерности и подобия, получают

$$P = \rho D^2 n^2 f\left(\frac{Q}{nD^3}\right),$$

$$N = \rho D^5 n^3 f \left( \frac{Q}{nD^3} \right).$$

Тогда КПД насоса

$$\eta = \frac{PQ}{N} = \text{const}(n),$$

не зависит от частоты вращения вала.

Испытания насосов проводят на разных частотах и сводят к базовой  $n_0$  (обычно  $n_0 = 3000$  об/мин)

$$H_0 = H \left( \frac{n}{3000} \right)^2, \quad N = N_0 \left( \frac{n}{3000} \right)^3, \quad Q_0 = Q \left( \frac{n}{3000} \right)$$

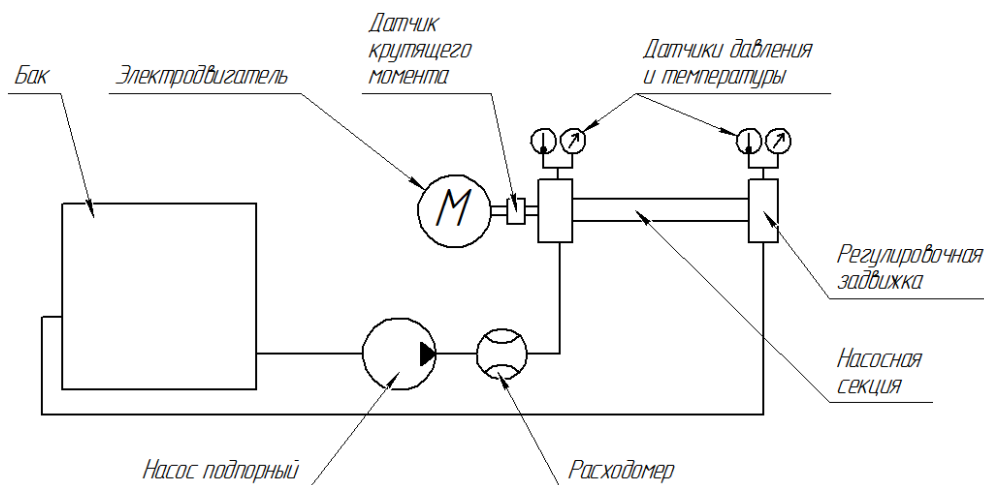


Рисунок 1. Схема испытательного стенда

### Описание методики

Перед испытаниями на соответствие напорно-энергетических характеристик насос должен быть подвергнут обкатке на одном из режимов рабочей части характеристики не менее 2 ч. При обкатке проверяют отсутствие явлений, свидетельствующих о недостатках изготовления или сборки (повышенный шум, вибрация, и т.п.).

Подача изменялась от нуля до максимальной. Полученные напор и мощность пересчитывали на одну ступень. Каждое последующее испытание проводилось с увеличением частоты вращения. Относительная ошибка измерения подачи, напора и мощности составляла  $\pm 0,1$  %. Были проведены испытания трехметровых секций центробежно-вихревых насосов серийного производства компании «Новомет-Пермь»: ВНН2-28, ВНН5-25м2, ВНН5-50 со ступенями радиального типа.

Для измерения напорно-расходной и энергетической характеристик, проводили испытания насоса не менее чем при десяти различных подачах.

## Результаты

На рисунке 2 представлена зависимости подачи от напора, создаваемого ступенью ВНН5-50, при 1000 и 3000 об/мин, приведенные к 3000 об/мин. Видно, что при увеличении частоты  $n$  напор растет быстрее, чем  $n^2$ .

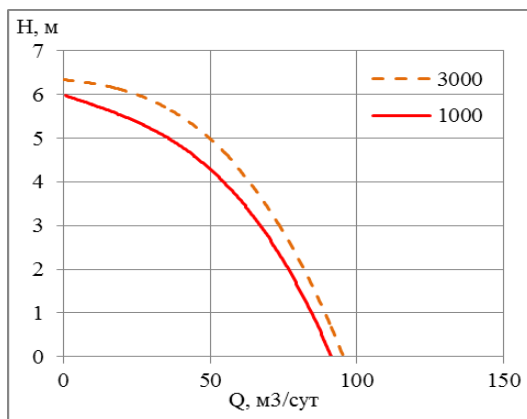
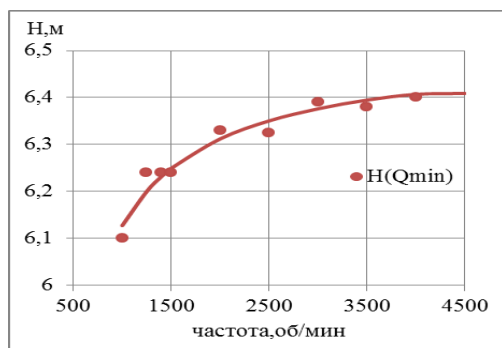
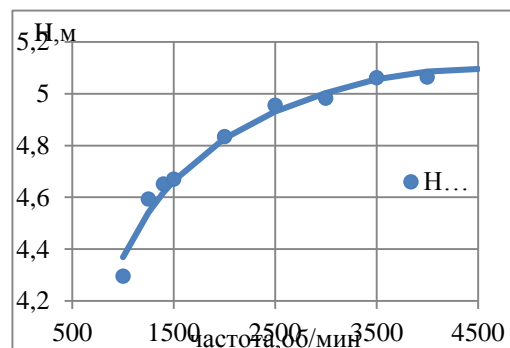


Рисунок 2. Напорно-расходная характеристика насоса

На рисунке 3 представлены зависимости напора этой ступени от частоты вращения вала при минимальной подаче насоса ( $Q = 0$ ) и при оптимальной подаче насоса (соответствующей максимуму КПД). Видно, что приведенное значение напора с частотой растет и при  $\sim 3500$  об/мин выходит на асимптоту.



а)



б)

Рисунок 3. Графики зависимости напора от частоты вращения вала при минимальной подаче насоса (а) и при оптимальной подаче насоса (б).

На рисунке 4 представлена зависимость КПД от относительной подачи ( $Q/Q_{max}$ ) при разных частотах вращения: КПД увеличивается, а относительная подача, при которой КПД достигает максимальное значение, не меняется. На рисунке 5 представлена максимального значения КПД от частоты вращения вала. Видно, что КПД растет и также выходит на асимптоту.

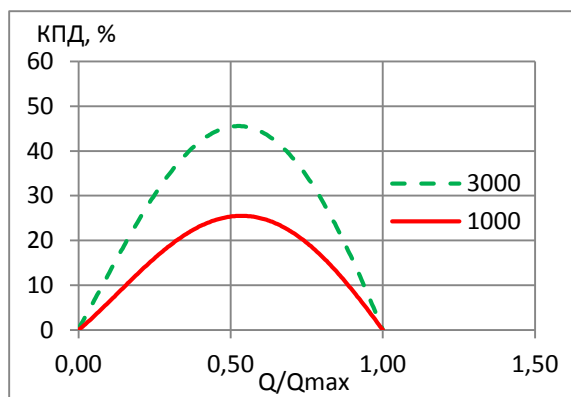


Рисунок 4. График зависимости относительной подачи от КПД

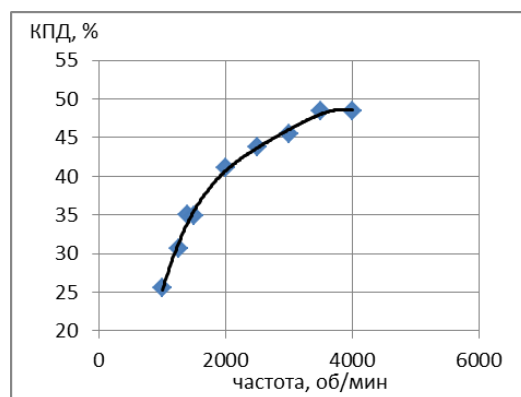


Рисунок 5. График зависимости частоты от КПД

### Библиографический список

1. *Gulich J.F.* Centrifugal Pumps, 3rd ed, 2014
2. ГОСТ 6134-2007 (ИСО 9906:1999) «Насосы динамические. Методики испытаний»
3. *Лебедев Д.Н., Пещеренко С.Н.* Особенности пересчета коэффициента полезного действия энергоэффективных насосов на разные частоты вращения вала// Нефтяное хозяйство, №6, 2013г, 110-113с.

### NEW ASYMPTOTICS IN THE MODEL OF SIMILARITY HIGH SPEED PUMPS

*Kozlov Igor V., Pesherenko Sergey N.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
kozlov.iv@novomet.ru

Centrifugal pump head increases in proportion to almost the square of RPM. Pump efficiency is also increasing. A barrier to the growth of frequency is the reduction of the pump reliability approximately in proportion to the cube of frequency, which restrained the development of high-speed pump design. New manufacturing technologies improves accuracy. That's why imbalance of rotors is increased and that significantly maximize RPM. However, increasing of RPM influence the flow rate and also hydrodynamic losses. The question of pressure and pumps efficiency growth law is important. Is this growth monotonous or there is an optimum RPM with a given rotor diameter? To answer these questions, we carried out experimental studies of three types of pumps. It is shown that the growth of pressure and efficiency has an asymptotic behavior. A model that explains the experimental data is proposed.

Keywords: method of dimension and similarity, centrifugal pump, shaft rotational speed, efficiency, pump head

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕР «ИТ-МЕНЕДЖЕР»

*Кокоулина Мария Александровна, Смородов Александр Андреевич*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, nigaihatu@mail.ru

В данной работе представлен компьютерный тренажер «ИТ-менеджер», предназначенный для обучения студентов навыкам управления командной разработкой ИТ-проектов в рамках agile-технологий. Рассматриваются исследования Вербицкого А.А. и ряда иностранных деятелей, выявившие основные преимущества деловых игр над традиционным образовательным процессом, представленным лекциями и практиками. Показана необходимость внедрения игровых тренажеров. Перечисляются основные принципы agile-разработки и объясняется причина выбора гибкой технологии разработки для использования в игре, как наиболее приближенной к современным реалиям разработки программного обеспечения. Перечисляются основные технологические характеристики компьютерного тренажера «ИТ-менеджер», приводится краткое описание игрового процесса, основных этапов. Объясняется предназначение Канбан-доски. Обозначается определение понятия постпроектный анализ, обосновывается необходимость его проведения, а также описываются такие средства, реализованные в игре для его проведения, как диаграммы и графики.

Ключевые слова: деловая игра, тренажеры, управление ИТ-проектами, agile, постпроектный анализ.

Современное образование в области IT-технологий предоставляет для студентов и школьников теоретические знания, которые они получают из различных учебников и накопленных знаний преподавателей, а также практические уроки, целью которых является разработка программ, реализующих различные задачи, поставленные преподавателями. Существуют научные доказательства, что лекционные материалы гораздо меньше усваиваются обучающимися, в отличие от выполнения практических заданий [1]. Однако изучаемый материал еще лучше усваивается, если проводить занятия по принципу игры, так как игровая форма обучения соединяет в себе сознательную и чувственную форму восприятия информации и активное взаимодействие между учениками [2].

В последнее время распространенным способом для получения практических навыков используются деловые игры. Они являются своеобразным моделированием процессов и механизмов принятия решений, используя математическую и организационную модели. Применение таких игр в обучении способствует развитию профессиональных навыков обучаемых. Они учат защищать свою точку зрения, используя обоснованные аргументы,

перефразировать и применять получаемую информацию и работать сообща. Также деловая игра способствует развитию социальных навыков в людях и воспитанию правильной самооценки. В своем рассуждении А. А. Вербицкий определяет деловую игру как «форму воссоздания предметного и социального содержания будущей профессиональной деятельности специалиста, моделирования тех систем отношений, которые характерны для этой деятельности как целого». Такая игра позволяет человеку столкнуться с теми процессами деятельности, которые могут проявиться в реальности. И, обнаружив проблему один раз, не допустить ее появления во второй [3].

Исследование ряда иностранных деятелей (Chang, Liang, Chou, Lin) [4] на наборе нескольких групп студентов общей численностью 103 человека, где 50 учеников использовали учебные материалы, основанные на игре, а другие 53 ученика использовали стандартные учебники для изучения материала, показало, что обучающаяся с использованием игры группа значительно больше получила опыта в изучаемой профессиональной деятельности, чем другая группа, не связанная с игрой. Группа, обучающаяся на основе игры, была более заинтересована, сконцентрирована и способна контролировать свое обучение, чем не участвующая в игре группа. Использование игры может быть эффективно для помощи обучающимся и мотивировать их изучать новый материал.

В данной работе рассматривается сфера обучения студентов навыкам программной инженерии, где они должны разбираться как правильно вести IT-проекты в командной разработке с помощью компьютерного тренажера. В этой игре представлена гибкая методология командной разработки программного обеспечения, где на этапах планирования и разработки в зависимости от навыков работников и случайно происходящих событий меняются условия.

Использование в игре гибкой методологии позволит пользователю планировать на одну итерацию разработку только нужных модулей программы, а остальные оставлять на следующую. Это необходимо для того, чтобы в самом начале игрок не задавался целью сделать сразу идеальный продукт, так как в современном мире большинство проектов дорабатываются по ходу разработки, а старался достигать совершенства, постепенно добавляя новый функционал, исправляя ошибки и усовершенствуя программу.

В конце итерации частично реализованный функционал программы отправляется заказчику и от него приходит ответ о готовности итогового продукта. Пользователь может самостоятельно знать, что еще остались нереализованные требования и продукт не закончен,

следовательно, нужны дополнительные итерации. Однако на поздних сроках, когда весь функционал уже реализован, новый цикл может потребоваться на исправление обнаруженных ошибок или доработку функционала в соответствии новыми требованиями заказчика. Такие итерации держат пользователя активным на протяжении всего проекта, так как на инициализации и планировании ему требуется изменять детали проекта и составлять план на текущую и будущие итерации, чтобы завершить проект вовремя и удовлетворить заказчика.

Программа «ИТ-Менеджер» представляет собой результат командного проекта, а также выпускной квалификационной работы [5] и курсовой работы [6] студентов НИУ ВШЭ-Пермь направления «Программная инженерия». Она является однопользовательским Windows для обучения студентов эффективной организации ИТ-проектов в рамках agile-методологии, написанное на языке программирования C# с применением технологии WPF.

Вся игра состоит из нескольких этапов, соответствующих этапам гибкой методологии разработки программного обеспечения. Игрок может в рамках итераций нанимать команду, состоящую из разработчиков, тестировщиков, архитекторов и аналитиков, производить сбор сведений у стейкхолдеров, выполнять проектирование и разработку модулей, а также тестирование и демонстрацию результатов итерации пользователю. Кроме того, в данной игре предусмотрена возможность постпроектного анализа, помогающего игроку проанализировать свои действия и найти в них ошибки. В программу также внедрены «Канбан-доска» и диаграмма сгорания задач, которые представляют собой артефакты метода управления проектами Scrum. На рисунке представлено окно этапа тестирования данного тренажера.

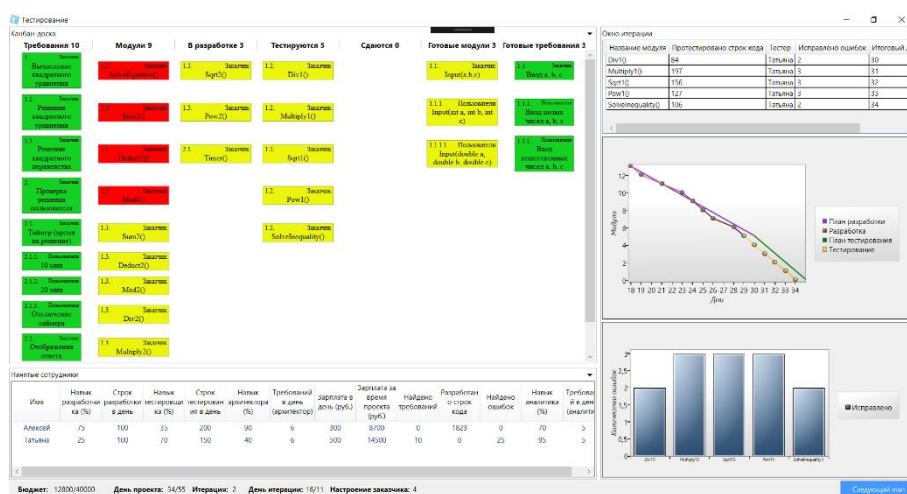


Рисунок. Окно программы «ИТ-Менеджер» этапа тестирования



Канбан-доска – это инструмент визуализации. Она представляет собой таблицу, состоящую из семи логических секций: две для требований и пять для модулей, которые отображают этапы итерации. Она позволяет не только визуализировать рабочий процесс, но также помогает игроку определить объем работ, подсказывает, какие модули уже были разработаны, в каких модулях были найдены ошибки.

Для этапа постпроектного анализа особенно полезны диаграммы, которые сохраняются на компьютер пользователя и могут быть изучены после завершения игры. Данные диаграммы позволяют проанализировать законченный проект, выяснить, на каком этапе было выполнено сколько модулей, как для этого была распределена работа, и насколько успешной была выбранная стратегия.

### Библиографический список

1. *Freeman S., Eddy S., McDonough M., Smith M., Okoroafor N., Jordt H., Wenderoth M.*, Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111(23).
2. Игровые формы обучения детей или обучение с увлечением [Электронный ресурс] : <http://svp.expert/pedagogika/igrovye-formy-obucheniya-kogda-uchitsya-interesno-iradostno/> (дата обращения: 25.05.2018).
3. *Вербицкий А.А.* Активное обучение в высшей школе: контекстный подход: Метод. пособие. М.: Высш. шк., 1991.
4. *Chang C., Liang C., Chou P., Lin G.* Is game-based learning better in flow experience and various types of cognitive load than non-game-based learning? *Perspective from multimedia and media richness*. 2017.
5. *Смородов А.А.* ИГРА «ИТ-Менеджер»: модуль планирования и разработки. // ВКР.
6. *Кокоулина М.А.* Усовершенствование компьютерного тренажера «ИТ-Менеджер» в соответствии с техническим заданием. // КР.

## THE COMPUTER SIMULATOR "IT-MANAGER" DEVELOPMENT

*Kokoulina Maria A., Smorodov Alexander A.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, nigaihatura@mail.ru

This paper presents a computer simulator "IT Manager", designed to teach students how to manage team development of IT projects in the framework of agile technologies. Studies by Verbitsky A.A. and foreign leaders who revealed the main advantages of business games over the traditional educational process presented by lectures and practitioners. The necessity of introducing game simulators is shown. The basic principles of agile development are listed, and the reason for choosing a flexible development technology for use in the game as the closest to the modern realities of software development is explained. Lists the main technological characteristics of the IT-simulator computer simulator, provides a brief description of the game process, the main stages. The purpose of the kanban board is explained. Denotes the definition of the concept of post-project analysis, justifies the need for it, and describes such tools implemented in the game for its implementation, as charts and graphs.

Keywords: business game, simulators, IT project management, agile, post-project analysis.

## **ВИБРОКОНВЕКТИВНЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ПОДОГРЕВАЕМОЙ СВЕРХУ СИСТЕМЫ БИНАРНАЯ ЖИДКОСТЬ – ПОРИСТАЯ СРЕДА**

*Колчанова Екатерина Андреевна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, kolchanovaea@gmail.com

*Колчанов Николай Викторович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, kolchanovn@gmail.com

Численно моделируются осредненные виброконвективные течения, возникающие в двухслойной системе при ее вертикальных высокочастотных колебаниях в поле силы тяжести. Система содержит горизонтальные слои бинарной жидкости и насыщенной пористой среды. Заполняющая жидкость подогревается сверху и имеет неоднородную концентрацию. Фильтрационные характеристики среды (пористость и проницаемость) не меняются в пространстве и во времени. Получены структуры течения, поля температуры и концентрации вблизи порога устойчивости механического равновесия жидкости для малой надкритичности при различных значениях параметра вибрации и числа Релея-Дарси. Показано, что при заданном вибрационном параметре длина волны образующихся конвективных валов имеет максимум в области малых чисел Релея-Дарси, а с повышением интенсивности вибраций она монотонно уменьшается.

Ключевые слова: виброконвективные течения, высокочастотные вертикальные вибрации, бинарная смесь, пористая среда, двухслойная система, подогрев сверху, малая накритичность.

Конвективные течения в неоднородной по температуре и/или температуре бинарной жидкости генерируются в поле силы тяжести при наличии градиента плотности. Они приводят к перемешиванию жидкости, усилению теплопереноса и перераспределению примеси в ней. В горизонтальных слоях жидкости, частично заполненных пористой средой, конвекция возникает в виде валов разной длины волны, которая, в основном, определяется размерами системы и относительной толщиной слоя жидкости, свободного от пор, а также фильтрационными характеристиками среды [1-4].

Действие вертикальных вибраций на жидкость, неоднородную по плотности, связано с генерацией осредненных виброконвективных течений в жидком и пористом слоях в зависимости от задаваемых вибрационных ускорений [5-10]. Для возбуждения осредненной

конвекции в пористом слое требуются на порядок большие вибрационные ускорения в отличие от свободного от пор жидкого слоя, где инерционные эффекты выражены гораздо сильнее.

Вибрации являются бесконтактным способом перемешивания жидкостей. Вибрационное перемешивание особенно актуально в условиях невесомости, где гравитационная конвекция слаба или вообще отсутствует. С другой стороны, вертикальные вибрации могут приводить к подавлению нежелательной конвекции в земных условиях. В двухслойной системе «бинарный расплав – пористая двухфазная зона», формирующейся при направленной кристаллизации охлаждаемого снизу бинарного расплава, создаются условия для возбуждения термоконцентрационной конвекции. Конвекция приводит к дефектам выращиваемого кристалла. Вертикальные высокочастотные вибрации могут стабилизировать механическое равновесие расплава.

В работе изучаются виброконвективные течения, возникающие при малых значениях неустойчивости в подогреваемой сверху двухслойной системе, совершающей вертикальные колебания в поле силы тяжести. Система представляет собой горизонтальный слой бинарной жидкости, частично заполненный пористой средой. Жидкость неоднородна по концентрации. Пористость  $m = 0.4$  и проницаемость среды  $K(m)$  не зависят от координат и задаются для системы упакованных стеклянных шаров с диаметром, в 10 калибров отличающимся от толщины пористого слоя  $h_m$ . Проницаемость определяется по формуле Кармана-Козени. Отношение толщин жидкого и пористого слоев равно 0.5.

При превышении порогового значения концентрационного числа Релея-Дарси  $R_{mc}$  появляется конвективное течение, обусловленное тем, что вблизи верхней границы жидкого слоя концентрация тяжелого компонента раствора больше, чем вблизи нижней границы пористого слоя. Создается неустойчивая концентрационная стратификация по плотности. Градиент температуры, направленный вверх, в этом случае играет стабилизирующую роль. Результаты некоторых численных расчетов приведены на рисунке 1 и рисунке 2. На рисунке 1 изображены профили вертикальной компоненты скорости жидкости для конвективных валов, возникающих сразу после потери устойчивости механического равновесия в системе, при фиксированном вибрационном параметре  $p_v = 0.04$  и различных значениях числа Релея-Дарси  $R_m$ . Скорость нормирована на максимальное значение. Вибрационный параметр  $p_v = \eta^2 \varepsilon / (2\Omega Pr_m)$  характеризуется вибрационным ускорением  $\eta = a\omega^2/g$ , числом Дарси  $\varepsilon = K/h_m^2$ , безразмерной частотой вибраций  $\Omega = \omega K/\nu$  и числом

Прандтля  $Pr_m = \nu/\chi_m$  для пористой среды. Видно, что при малых числах Релея-Дарси течение локализуется, главным образом в слое жидкости над порами (сплошная кривая 1, рисунок 1). С ростом  $R_m$  оно проникает в поры, а в слое жидкости наблюдаются валы противоположной закрутки (треугольники, квадраты, штриховая линия, рисунок 1).

На рисунке 2 показаны зависимости безразмерной длины волны конвективных валов, нормированной на толщину пористого слоя, от числа Релея-Дарси для заданных значений вибрационного параметра. Из рисунка видно, что длина волны валов уменьшается с ростом интенсивности вибрационного воздействия. При изменении числа Релея-Дарси длина волны меняется немонотонно. Первоначально с повышением абсолютного значения числа Релея-Дарси она растет и достигает максимума при  $R_m = -1.8$ , а затем убывает. Резкого скачка длины волны конвективных валов, образующихся вблизи порога устойчивости равновесия, характерного для термогравитационной [1, 2, 4] и/или термовибрационной конвекции [7, 8] в подогреваемых снизу слоистых системах, содержащих пористую среду, при подогреве сверху не было зафиксировано.

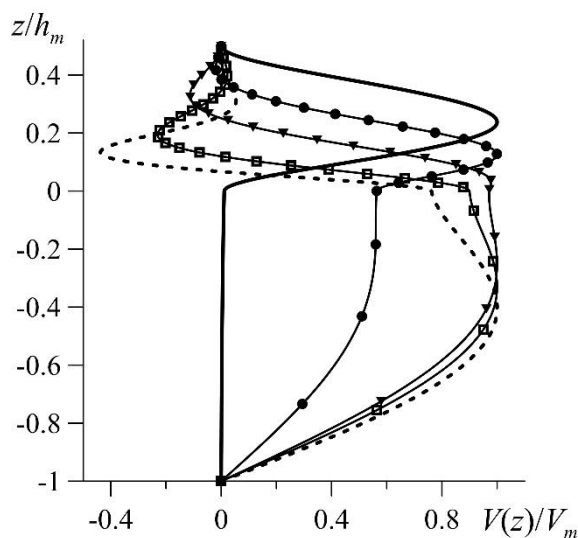


Рисунок 1 Профили вертикальной скорости для конвективных валов, появляющихся после потери устойчивости равновесия жидкости в области малой надкритичности, при  $p_v = 0.04$  и различных значениях числа Релея-Дарси  $R_m$ : -0.3 (сплошная кривая), -5 (точки), -10 (треугольники), -20 (квадраты), -40 (штриховая линия). Скорость нормирована на максимальное значение

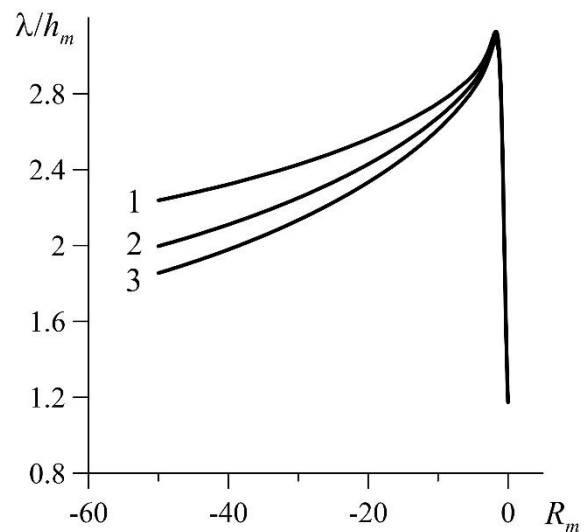


Рисунок 2 Длина волны конвективных валов, возникающих после потери устойчивости механического равновесия жидкости в области малой надкритичности, при  $R_m = -50$  и различных значениях вибрационного параметра  $p_v$ : 0 (кривая 1), 0.04 (кривая 2), 0.08 (кривая 3). Длина волны нормирована на толщину пористого слоя

### Библиографический список

1. *Chen F., Chen C.F.* Onset of finger convection in a horizontal porous layer underlying a fluid layer // *ASME Journal of Heat Transfer*. 1988. Vol. 110. P. 403-409.
2. *Lyubimova T.P., Muratov I.D.* Interaction of the longwave and finite-wavelength instability modes of convection in a horizontal fluid layer confined between two fluid-saturated porous layers // *Fluids*. 2017. Vol.2. fluids2030039.
3. *Hirata S.C., Goyeau B., Gobin D.* Stability of thermosolutal natural convection in superposed fluid and porous layers // *Transport in Porous Media*. 2009. Vol. 78. P. 525-536.
4. *Kolchanova E., Lyubimov D., Lyubimova T.* The onset and nonlinear regimes of convection in a two-layer system of fluid and porous medium saturated by the fluid // *Transport in Porous Media*. 2013. Vol. 97. P. 25-42.
5. *Зеньковская С.М., Роговенко Т.Н.* Фильтрационная конвекция в высокочастотном вибрационном поле // *Прикладная механика и техническая физика*. 1999. №3. С. 22-29.
6. *Bardan G., Mojtabi A.* On the Horton–Rogers–Lapwood convective instability with vertical vibration // *Physics of Fluids*. 2000. Vol. 12. P. 2723-2731.
7. *Любимов Д.В., Любимова Т.П., Муратов И.Д., Шишкина Е.А.* Влияние вибраций на возникновение конвекции в системе горизонтального слоя чистой жидкости и слоя пористой среды, насыщенной жидкостью // *Механика жидкости и газа*. 2008. №5. С. 132-143.
8. *Lyubimov D., Kolchanova E., Lyubimova T.* Vibration effect on the nonlinear regimes of thermal convection in a two-layer system of fluid and saturated porous medium. // *Transport in Porous Media*. 2015. Vol. 106. P. 237-257.
9. *Lyubimova T.P., Kolchanova E.A.* The onset of double-diffusive convection in a superposed fluid and porous layer under high-frequency and small-amplitude vibrations // *Transport in Porous Media*. 2018. Vol. 122. P. 97-124.
10. *Kolchanova E.A., Kolchanov N.V.* Vibration effect on double-diffusive instability in an inhomogeneous porous layer underlying a binary fluid layer // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2018. Vol. 117. P. 627-644.

**VIBROCONVECTIVE FLOWS IN A VERTICALLY OSCILLATING BINARY  
FLUID–POROUS MEDIUM SYSTEM HEATED FROM ABOVE**

*Kolchanova Ekaterina A.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
kolchanovaea@gmail.com

*Kolchanov Nikolay V.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, kolchanovn@gmail.com

The average vibroconvective flows occurring in a two-layer system that performs vertical high-frequency oscillations in a gravitational field are numerically simulated. The system contains a horizontal binary fluid layer and a fluid-saturated porous layer. The fluid filling the system is heated from above and has a non-uniform concentration. The filtration characteristics of the medium (porosity and permeability) do not depend on the space and time coordinates. For low supercriticality near the threshold of the mechanical equilibrium stability in the fluid, we have obtained the stream patterns, temperature and concentration fields at different values of the vibrational parameter and Rayleigh-Darcy number. It has been shown that the wavelength of the convective rolls, which form within the layers, has a maximum in the region of small Rayleigh-Darcy numbers for a given vibrational parameter and decreases monotonously with enhancing the intensity of vibrations.

Keywords: vibroconvective flows, vertical high-frequency vibrations, binary mixture, porous medium, two-layer system, heating from above, low supercriticality.

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ НА БАЗЕ ЛЕКСИКО-СИНТАКСИЧЕСКИХ ШАБЛОНОВ**

*Костарева Таисия Алексеевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, tais\_kos@outlook.com

В данной статье мы описываем инструментальную среду для автоматизированного построения онтологий на базе лексико-синтаксических шаблонов TAISim, позволяющую объединить усилия компьютерных лингвистов и экспертов предметной области для использования методов *ontology learning* для построения онтологических профилей документов. Результаты работы системы предлагаются в рамках инструментальной среды к оцениванию экспертам, результат работы которых помогает разработчикам системы в её усовершенствовании через, например, улучшение используемых ресурсов (лексико-синтаксических шаблонов и словарей) или внесение изменений в работу самой системы. Подход применим для различных предметных областей, однако в данной статье мы приводим пример его использования в рамках платформы BioGenom 2.0, оказывающей услуги по составлению полнофакторных отчётов о состоянии здоровья человека.

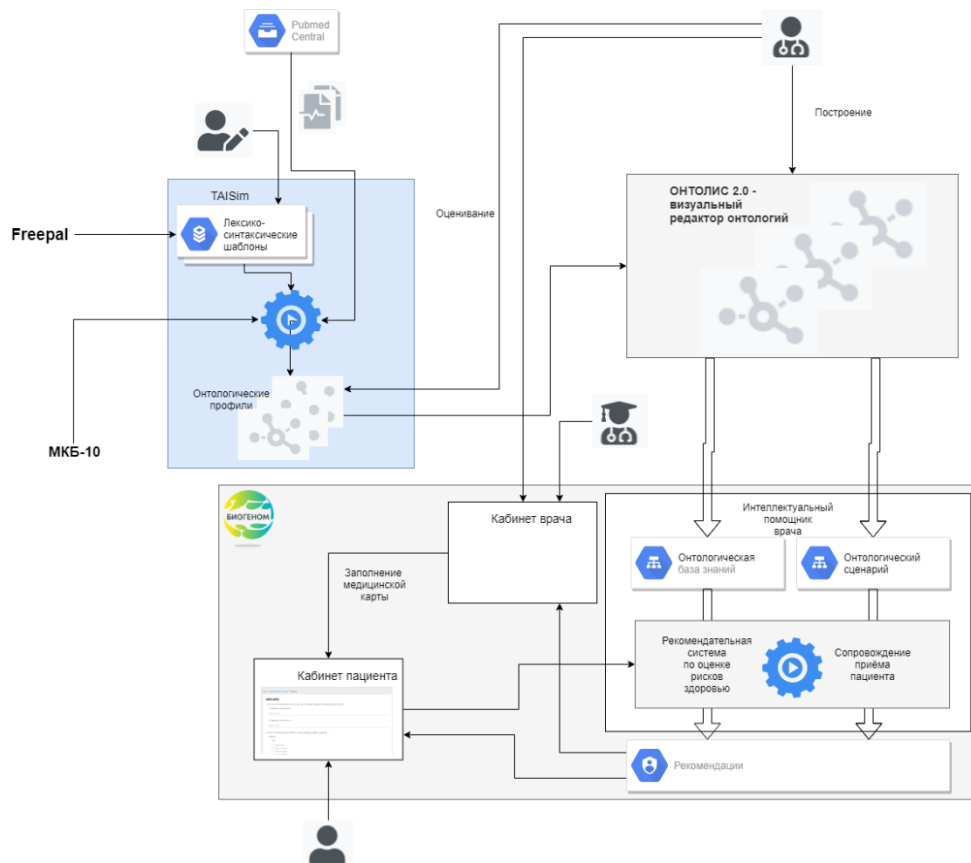
Ключевые слова: автоматическая обработка текста, автоматизированное построение онтологий, лексико-синтаксические шаблоны

В условиях информационного общества информация и знания являются основным конкурентным преимуществом, поэтому автоматизация всего цикла обработки информации крайне важна. Для представления знаний и управления широко используются методы онтологического инжиниринга. К настоящему времени методы онтологического инжиниринга применяются в коммерческих продуктах для представления и обработки знаний и запросов [1]. Они способны точно и эффективно описывать семантику данных для некоторой предметной области и решать проблему несовместимости и противоречивости понятий. Архитектура приложения, выстроенная по принципам *ontology-driven*, позволяет управлять работой системы, настраивать её под особенности работы в рамках определённой предметной области, без необходимости внесения изменений в исходный код.

Такая архитектура присуща биомедицинской платформе BioGenom 2.0 (см. рисунок), в основе которой лежит онтологическая база знаний оценки рисков здоровью с учётом медицинских, генетических, экологических и социальных факторов. Механизм логического вывода (ризонер), обходя эту базу способен рассчитывать риск здоровью, причём это не зависит от типа заболевания, т.к. предлагаемый механизм построен по принципам *ontology-*



driven architecture, что позволяет адаптировать решение к специфике предметной области, не внося изменений в исходный код. Таким образом могут строиться интеллектуальные помощники в системах поддержки принятия решений в области медицины для врачей и студентов-медиков.



**Рисунок. Место инструментальной среды TAI-Sim в платформе BioGenom 2.0**

Однако качество работы ризонера напрямую зависит от качества и полноты используемых онтологий. Создание и обогащение онтологий является сложной задачей, требуя привлечение экспертов рассматриваемой предметной области, и занимает достаточно длительное время, поэтому актуальной становится задача автоматизации этого процесса. Для этого мы предлагаем использовать методы Text Mining на базе лексико-синтаксических шаблонов для начального заполнения базы знаний, дорабатывать которую будет уже эксперт. Однако разработка подобной системы требует использования инструментальной среды для совершенствования и отладки предложенного подхода.

На настоящий момент нам не удалось найти высокоуровневые инструментальные окружения, позволяющие разработчикам систем класса AOT в удобной и наглядной форме автоматизировать свой труд, которые могли бы адаптироваться под тематическую направленность обрабатываемых текстов и позволяющие получить в качестве результата

онтологические профили документов. Например, GATE [2] или NLTK [3] имеют достаточно высокий уровень вхождения и изменение даже используемых ресурсов, таких как словари или лексико-синтаксические шаблоны, является нетривиальной задачей и требует внесения изменений в исходный код программы.

Разрабатываемая нами инструментальная среда TAISim [4] позволяет автоматически строить онтологические профили документов. Одним из современных подходов для извлечения знаний из текста для построения онтологических профилей является подход машинного обучения, но для использования этих методов необходимо наличие больших данных, причём предварительно размеченных. Поэтому мы обратились к методам, не требующим предварительной разметки и использовали в основе компонентов среды, отвечающих за автоматическую обработку текста, подход PatternSim системы Serelex [5, 6], применяющий на этапах синтаксического и семантического анализа лексико-синтаксические шаблоны. Результат работы этих компонентов мы используем для автоматизированного построения онтологических профилей документов. Однако качество этих профилей зависит не только от самого алгоритма, но и в большей степени от используемых лингвистических ресурсов. Для использования результатов работы среды в рамках платформы BioGenom 2.0 было необходимо подобрать высококачественные тексты для анализа, и на первом этапе мы выбрали архив полнотекстовых медицинских публикаций со свободным доступом Pubmed Central [7]. Мы сознательно выбираем публикации на английском языке, т.к., во-первых, английский является главным языком научной коммуникации, а во-вторых, полученные онтологические профили можно достаточно легко перевести на другой язык с использованием, например, Десятого пересмотра Международной классификации болезней (МКБ-10), используемой нами так же на этапе морфологического анализа. Результаты работы системы представляются для оценивания экспертам, которые определяют степень полноты и точности извлечённых знаний, а также помогают лингвистам выявить неточности работы системы и основные проблемы. Таким образом, компьютерные лингвисты получают возможность наиболее оперативно получить оценку работы и внести нужные изменения как в лексико-синтаксические шаблоны через предоставляемый высокоуровневый интерфейс, так и в работу самой системы. Полученные онтологические профили обогащают онтологическую базу знаний, которая используется в дальнейшем для расчёта рисков здоровью и сопровождения приёма пациента.

### Библиографический список

1. *J.Z. Pan et al.* / Exploring Linked Data and Knowledge Graphs in Large Organization // Springer International Publishing Switzerland 2017. 2017. DOI 10.1007/978-3-319-45654-6\_1
2. *GATE* [Электронный ресурс] URL: <https://gate.ac.uk/> (дата обращения 23.03.2019)
3. *Natural Language Toolkit* [Электронный ресурс] URL: <https://www.nltk.org/> (дата обращения 23.03.2019)
4. *Kostareva T., Chuprina S., Nam A.* / Using ontology-driven methods to develop frameworks for tackling NLP problems // In Proceedings of AIST-2016 (Supplement), CEUR-WS.org, 2016.Vol. 1710. P. 102–113.
5. *Panchenko A., Morozova O., Naets H.* A Semantic Similarity Measure Based on Lexico-Syntactic Patterns. In Proceedings of KONVENS, 2012. P. 174–178.
6. *Sabirova K., Lukanin A.* Automatic Extraction of Hypernyms and Hyponyms from Russian Texts // Supplementary Proceedings of the 3rd International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST'2014), 2014. Vol. 1197. P. 35–40.
7. *Pubmed Central* [Электронный ресурс] URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/> (дата обращения: 23.03.2019)

### A FRAMEWORK FOR ONTOLOGY LEARNING BASED ON LEXICO-SYNTACTIC PATTERNS

*Kostareva Taisia A.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, [tais\\_kos@outlook.com](mailto:tais_kos@outlook.com)

The present paper is devoted to a framework for ontology learning based on lexico-syntactic patterns TAISim that gives an opportunity to leverage knowledge and experience of computer linguists and domain experts in order to extract knowledges from texts and create its ontological profiles. Obtained ontological profiles are proposed to domain expert for an evaluation, which helps computer linguists reveal most common problems and fix them through changing linguistic resources of the NLP system itself. The approach can be applied to different domains, but in this article we give an example of its use-case within the platform BioGenom 2.0, that provides services for the full-factor reports of health status.

Keywords: Natural Language Processing, ontology learning, Lexico-Syntactic Patterns

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИСУТСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПОМЕЩЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ BUSINESS INTELLIGENCE**

*Куклин Виталий Викторович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, kuklinvitalik77@gmail.com

Решения по оптимизации потребления энергоресурсов, а также созданию комфортных условий в здании, активно развиваются. На решение подобных задач направлен проект «Умный дом». Одной из решаемых задач в рамках данного проекта является обнаружение человека в помещении. Чаще всего в других областях задача решается с использованием специализированного дорогостоящего оборудования и программного обеспечения. Такой подход неприемлем для решения задач проекта «Умный дом». В рамках данного исследования вместо специализированного оборудования использованы датчики, измеряющие температуру воздуха. Для проведения эксперимента были извлечены данные с датчиков температур воздуха в комнате, температуры батареи и температуры на улице, которые измеряют показания в лаборатории. Модели классификаторов были построены на основе методов наивного байесовского классификатора, леса деревьев решений и градиентного бустинга, относящихся к методам Business Intelligence. Результатом исследования является классификатор, показавший приемлемую точность предсказания в 98%.

Ключевые слова: интеллектуальное здание, умный дом, методы Business Intelligence, модели классификации, обучающая и тестовая выборки, энергопотребление.

Современные здания характеризуются сложной инфраструктурой, в них содержатся множество взаимодействующих между собой систем, подсистем и модулей (системы телекоммуникаций, инженерно-технические системы, системы видеонаблюдения и множество других) [1]. С увеличением количества компонентов в ИЗ, возрастает сложность эффективного управления процессами здания. Мониторинг и управление процессами здания, осуществляемые человеком, становится нетривиальным процессом, который не гарантирует минимизацию энергопотребления и поддержание комфортных условий [2]. Для решения описанных выше проблем в последние годы активно развиваются проекты под названиями «Умный дом», «Интеллектуальное здание», которые нацелены на разработку решения для автоматизации эффективного управления зданием, т.е. минимизацию потребляемых ресурсов и создание комфортных условий для жизнедеятельности людей [1,6]. Процессы, происходящие внутри здания, напрямую связаны с деятельностью человека, который оказывает воздействия на условия в здании (проветривание помещения посредством

открытия окна, включение кондиционера, открытие дверей, включение техники и многое другое). Таким образом, для создания системы мониторинга и управления процессами здания необходимо определять, в какие моменты времени в помещении находится человек.

Задача обнаружения человека актуальна для различных областей, в частности, задача решается в охранных системах, которые требуют значительные вложения средств по установке и поддержке аппаратного и программного обеспечения [3]. В рамках проекта «Умный дом» задача обнаружения человека будет решаться посредством создания классификатора на основе экспериментальных данных, представляющих из себя показания датчиков температуры, собираемых на протяжении двух недель.

К методам, позволяющим строить классификаторы, относятся методы Business Intelligence (далее BI), которые и будут использованы в рамках данной работы для прогнозирования нахождения человека в помещении [4,5].

*Цель работы* – определить метод для прогнозирования нахождения человека в помещении с приемлемой точностью в 80%.

Для решения рассматриваемой задачи были использованы данные, собираемые в лаборатории университета НИУ ВШЭ. Для проведения эксперимента были использованы следующие датчики: 9 датчиков измерения температур воздуха в комнате, расположенные в разных точках помещения (по высоте и длине); датчик измерения температуры батареи; датчик измерения температуры воздуха за окном, метка присутствия человека (в рамках эксперимента проставлялась вручную). Данные собираются посредством IoT – платформы ThingBoard, которая позволяет собирать и визуализировать информацию, получаемую с датчиков ежеминутно. Было использовано два набора данных разной гранулярности – полчаса (четыре дня измерений) и полтора часа (две недели измерений). Апробация была проведена в среде разработки R-Studio с использованием встроенных пакетов.

Модели прогнозирования были построены на основе следующих трёх методов: наивный байесовский классификатор (пакет «e1071»), лес деревьев решений (пакет «randomForest») и градиентный бустинг (пакет «xgboost»).

Извлеченные данные были загружены в среду разработки R-Studio. Подготовка данных к анализу предполагает следующие этапы: приведение типов данных (например, температуры в числовой тип); удаление пропусков и выбросов; формирование дополнительных полей для обучающей выборки. Для обучения моделей были сформированы дополнительные поля для каждого из измерения температуры воздуха в комнате: отклонение текущего показания температуры относительно среднего показания температуры за период

измерения, изменение текущей температуры воздуха относительно предыдущего показания. Выборка без дополнительных полей – базовый набор признаков, выборка с дополнительными полями – расширенный набор признаков. Предполагается, что сформированные поля позволят улучшить качество предсказательных моделей.

Преобразованные данные далее были разделены на тестовую и обучающую выборки в соотношении 50 на 50. Для эксперимента было сформировано два набора обучающих и тестовых выборок для апробации на данных гранулярности в полтора часа: случайные измерения из любых дней наблюдений (из случайных дней измерений 50 % строк – обучающая выборка, остальные - тестовая), измерения по дням (7 случайных дней обучающая выборка и 7 случайных дней - тестовая). Далее на основе обучающей выборки данных по базовым признакам были построены модели прогнозирования для определения присутствия человека. На основе тестовой выборки были спрогнозированы классы (присутствие человека), а затем качество модели было оценено с помощью коэффициента Accuracy (см. таблицу 1).

**Таблица 1. Оценка качества моделей по базовым признакам**

Метод	Гранулярность данных	Способ формирования обучающей выборки	Точность предсказания
Наивный байесовский классификатор	полчаса	Случайные строки	0,83
		По дням	0,59
	полтора часа	Случайные строки	0,73
Лес деревьев решений	полчаса	Случайные строки	0,88
		По дням	0,56
	полтора часа	Случайные строки	0,7
Градиентный бустинг	полчаса	Случайные строки	0,83
		По дням	0,49
	полтора часа	Случайные строки	0,73

Аналогичные действия были выполнены и с выборкой данных по расширенной признакам, результаты представлены на таблице 2.

**Таблица 2. Оценка качества моделей по расширенным признакам**

Метод	Гранулярность данных	Способ формирования обучающей выборки	Точность предсказания
Наивный байесовский классификатор	полчаса	Случайные строки	0,93
		По дням	0,86
	полтора часа	Случайные строки	0,9
Лес деревьев решений	полчаса	Случайные строки	<b>0,98</b>
		По дням	0,88
	полтора часа	Случайные строки	0,89
Градиентный бустинг	полчаса	Случайные строки	<b>0,96</b>
		По дням	0,87
	полтора часа	Случайные строки	0,91

Результаты исследования следующие: как и предполагалось, модели с расширенным набором признаков приносят более высокий результат как для набора данных с гранулярностью в полтора часа, так и для набора данных с гранулярностью в полчаса; гранулярность данных также играет немаловажную роль в предсказательных моделях в рамках данного исследования - модели с гранулярностью в полчаса дают лучший результат; метод «Лес деревьев решений» оказался наиболее приемлемым для решения текущей задачи; выборка данных «по дням» не оправдала себя, модели, обученные и протестированные на основе случайных строк из набора данных, показали лучшее качество. В результате модель по методу леса решения, построенная на выборке с расширенными признаками и гранулярностью в полчаса, показала наилучший результат с точностью предсказания в 98%, что является приемлемым результатом.

### Библиографический список

1. Викентьева О.Л., Дерябин А.И., Шестакова Л.В., Кычкин А.В. Синтез информационной системы управления подсистемами технического обеспечения интеллектуального здания // Вестник МГСУ. 2017. № 12. С.1191-1201.
2. Датчики охранной, пожарной и аварийной сигнализации [Электронный ресурс]. – <http://infovideo.ru/htm/Sensors.htm> (дата обращения: 17.03.2019).
3. Комаров Н.М., Жаров В.Г. Управление инженерными системами интеллектуального здания с использованием технологий информационного и инфо-графического моделирования // Service Plus, 2013. – С. 74-81.
4. Артемьев В.И. Что такое Business Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osp.ru/os/2003/04/182900/> (дата обращения: 17.03.2019).
5. Аналитика и Business Intelligence (BI) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.tern.ru/business\\_intelligence/](http://www.tern.ru/business_intelligence/) (дата обращения: 17.03.2019).
6. J. Shin, Y. Park, D. Lee Who will be smart home users& An analysis of adoption and diffusion of smart homes // Technological Forecasting & Social Change - 2018, № 134, pp. 246-253.

## **DETERMINATION OF THE PRESENCE OF THE PERSON IN THE PREMISES ON THE BASIS OF BUSINESS INTELLIGENCE METHOD**

*Kuklin Vitalii V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, kuklinvitalik77@gmail.com

Solutions for optimization of the energy consumption and creation of a comfortable environment in the building are actively developing. The “Smart Home” project is aimed at solving such problems. One of the tasks to be solved in this project is to detect a person in the room. Most often, in other areas the problem is solved using specialized expensive equipment and software. Such approach is not appropriate for solving the tasks of the Smart Home project. This study uses sensors measuring air temperature instead of specialized equipment. For the experiment, data were extracted from the room temperature sensors, the battery temperature and the outdoor temperature, which measure the readings in the laboratory. The models of classifiers were built on the basis of the methods of the naive Bayes classifier, the forest of decision trees, and gradient boosting related to Business Intelligence methods. The result of the study is a classifier, which has showed an acceptable prediction accuracy of 98%.

Keywords: intelligent building, smart home, Business Intelligence methods, classification models, training and test samples, power consumption.



## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИНОЯЗЫЧНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*Куприянычева Екатерина Андреевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, katya\_bukreeva@mail.ru

Задачам информатизации общества и всех его сфер, к числу которых относится и образование, уделяется повышенное внимание государства. Современное общество и система образования нуждаются в специалистах, способных реализовывать свои образовательные возможности в динамично изменяющейся образовательной среде, готовых к профессиональному информационному обеспечению. Необходимость освоения будущими специалистами большого количества мировых информационных ресурсов на иностранных языках делает актуальным использование информационных и коммуникационных технологий в процессе подготовки к профессиональной деятельности. Одной из таких информационных технологий является онлайн-ресурс «PROчтение», которая, учитывая познавательную и творческую активность студента, служит инновационным средством для формирования профессиональной иноязычной читательской компетенции студента.

Ключевые слова: информатизация общества, информационные и коммуникационные технологии, онлайн-ресурс «PROчтение», профессиональная иноязычная читательская компетенция.

В современном информационном мире происходят значительные трансформации как в природе отдельного человека, так и общества в целом. Человек в глобальной информационной цивилизации приобретает новые свойства и черты [1, 2]. Изменениям подвергается также деятельность человека, стремящегося овладеть информацией, «независимо от того, с какими целями это осуществляется: познание, накопление информации, приобретение ее, практическое использование, досуг и развлечение, информационное взаимодействие или информационный взаимообмен» [1, с. 282]. Однако, бесконечный поток информации, а также виртуализация текста как источника знаний приводят к определенным сложностям, связанным с обработкой информации и ее качественным усвоением.

Одной из ключевых проблем современного информационного общества является системный кризис читательской культуры, связанный со снижением интереса к чтению [3, 4]. В современном мире чтению отводится роль ключевой компетенции, так как, с одной стороны, оно «выступает важнейшим способом освоения базовой социально значимой

информации – профессионального и обыденного знания, культурных ценностей прошлого и настоящего, сведений об исторически непреходящих и текущих событиях, нормативных представлений, – составляющей основу, системное ядро культуры» [5]. С другой стороны, читательская грамотность дает человеку возможность вступать в отношения с внешней средой и максимально быстро адаптироваться и функционировать в ней.

Общемировую тенденцию снижения читательской грамотности подтверждают статистические данные Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся PISA, которая дает оценку способностям 15-летних учащихся использовать приобретенные в школе знания и опыт для широкого диапазона жизненных задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений (оценивается читательская грамотность, математическая грамотность и естественнонаучная грамотность).

Что касается ситуации с чтением в России, то согласно последним результатам PISA за 2015 г. средний результат российских 15-летних учащихся по читательской грамотности составил 495 баллов (26 место в рейтинге стран). Несмотря на то, что в 2015 г. наметилась небольшая положительная динамика по сравнению с предыдущим циклом исследования 2012 г. (средние результаты российских школьников по читательской грамотности повысились на 20 баллов), до сих пор велика доля тех обучающихся, которые не готовы ориентироваться с помощью текстов даже в знакомых житейских ситуациях (16 % школьников России). Эти обучающиеся не достигли порогового уровня читательской грамотности (2-го уровня из 6-ти по международной шкале) [6]. Скорее всего, сложившаяся ситуация уходит корнями в российскую систему образования, в которой чтение практически не рассматривается как основное средство обучения и развития. Нами была предпринята попытка обозначить главные, на наш взгляд, противоречия российской системы образования: 1) между возрастающей долей самостоятельной работы обучающихся с текстами и отсутствием методического сопровождения обучения чтению; 2) между техникой чтения, показатели по которой высоки, и необходимостью зрелого чтения, навыки которого не сформированы в достаточной степени; 3) обучение чтению в российских школах основано преимущественно на произведениях художественной литературы (изучающее чтение с элементами аналитического).

Несформированные в полной мере навыки чтения в школе часто являются фактором, препятствующим формированию у обучающихся в условиях высшего образования профессиональной иноязычной компетенции. Проблема формирования читательской

компетенции в процессе обучения в университете обусловлена потребностью современного общества и системы образования в специалистах, способных реализовывать свои образовательные возможности в динамично изменяющейся образовательной ситуации, готовых к профессиональному информационному самообеспечению. Согласимся с Г.А. Краснощековой, что «иноязычная читательская компетенция выступает как качественная сторона повышения уровня профессиональной подготовки будущих специалистов на этапе вузовского обучения, так как позволяет обогащать профессионально значимые знания, совершенствовать профессионально важные умения, развивать профессионально значимые личностные качества, совокупность которых определяет его готовность к выполнению учебной и будущей профессиональной деятельности» [7].

Важно понимать, что погружение общества в цифровое пространство приводит к тому, что обучающийся работает с виртуальным представлением знаний. Более того, наблюдается виртуализация коммуникаций между учителем и учениками, между студентом и текстами прошлой и современной культур, между самими студентами [2]. Для организации эффективного процесса обучения необходимо применять инновационные образовательные технологии. В связи с этим мы предлагаем познакомиться с разработанным нами онлайн-ресурсом «ПРОчтение», который позволяет студентам неязыковых факультетов Пермского университета развивать профессиональную иноязычную компетенцию посредством чтения профессионально ориентированных текстов на изучаемом языке. Онлайн-ресурс представляет собой электронную библиотеку, размещенную в облачном хранилище Google Диск, с функцией выполнения после прочтения текста составленных в программе Google Формы интерактивных упражнений, за которые начисляются баллы. Балльно-рейтинговая система является мотивационным компонентом, способствующим достижению поставленной цели – овладению профессиональной иноязычной компетенцией. Регулярность и систематичность чтения текстов с последующим выполнением упражнений к ним способствует формированию и дальнейшему развитию у студентов профессиональной компетенции на иностранном языке.

Для эффективного формирования профессиональной иноязычной компетенции предлагается следующий алгоритм работы с профессионально ориентированными текстами на иностранном языке. На дотекстовом этапе осуществляется знакомство с профессиональной терминологией по теме текста с ее последующим усвоением на платформе QUIZLET, в работе которой заложена функция автоматического генерирования упражнений. Усвоение терминологии осуществляется с включением трех видов речевой

деятельности: чтения и слушания (восприятие информации), а также письма (передача информации). На следующем этапе студенты переходят непосредственно к чтению текста. На послетекстовом этапе предлагается выполнить комплекс упражнений, разработанных с учетом уровней понимания текста, обозначенных в исследовании PISA, а также теории американского психолога Бенжамина Блума, согласно которой когнитивные процессы усвоения знаний иерархически организованы, начиная с самого простого (уровня знаний) и заканчивая наиболее сложным (выработка суждений о значимости конкретной идеи). Комплекс упражнений представлен на базе Google Форм и включает в себя:

1. упражнения, направленные на проверку общего понимания текста (узнавание, понимание, применение);
2. упражнения, направленные на выявление конкретной информации (узнавание, понимание, применение);
3. упражнения, направленные на интерпретацию текста (применение, анализ, синтез);
4. упражнения, направленные на рефлексию относительно содержания текста (анализ, синтез, оценка);
5. упражнения, направленные на рефлексию относительно формы подачи текста (анализ, синтез, оценка).

В качестве творческого задания студентам предлагается включиться в проектную деятельность, в процессе которой создается совместный креативный продукт. Для реализации данного этапа используется платформа TRELLO.

Использование онлайн-ресурса «ПРОчтение» в современном образовательном процессе делает возможным достижение определенных образовательных целей и задач, связанных в первую очередь с формированием и последующим развитием у студентов неязыковых специальностей профессиональной иноязычной компетенции. Владение иноязычной читательской компетенцией для студентов имеет особую значимость. Возрастающий поток информации на иностранном языке в профессиональной области, поступающий через печатные издания и Интернет, ставит студентов и специалистов перед необходимостью практически владеть иностранным языком с целью поиска, извлечения и дальнейшего использования найденной информации для решения учебных и профессиональных задач. Компьютерные технологии совершенствуют процесс преподавания иностранного языка, обладая следующими преимуществами перед традиционными методами: информативная емкость, интенсификация самостоятельной работы студентов, повышение познавательной и творческой активности студентов. Благодаря их активному применению возможно

организовать подготовку студента к его профессиональной деятельности наиболее эффективным образом.

### Библиографический список

1. *Дементьев С.А.* Становление глобального информационного мира: глобальные трансформации в бытии человека // *Общество и право.* 2017. №2 (60). С. 280-284.
2. *Огурцов А.П.* Постмодернизм в контексте новых вызовов науки и образования // *Вестник Самарской гуманитарной академии. Сер. «Философия. Филология».* 2006. №1(4). С. 3-27.
3. *Куприянычева Е.А.* Развитие читательской компетенции на основе цифровых технологий // *Естественнонаучные методы в цифровой гуманитарной среде: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Пермь, 15–18 мая 2018 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь.* 2018. С. 94-97.
4. *Куприянычева Е.А.* Онлайн-сервис как инструмент для развития иноязычной читательской компетенции студентов // *Евразийский гуманитарный журнал.* 2018. №2. С. 103-106.
5. «*Национальная программа поддержки и развития чтения*», разработанная Федеральным агентством по печати и массовым коммуникациям совместно с Российским книжным союзом [Электронный ресурс] URL: [http://www.library.ru/1/act/doc.php?o\\_doc=1122&o\\_s](http://www.library.ru/1/act/doc.php?o_doc=1122&o_s) (дата обращения: 13.03.2019).
6. *Основные результаты международного исследования PISA-2015.* URL: [http://www.centeroko.ru/public.html#pisa\\_pub](http://www.centeroko.ru/public.html#pisa_pub) (дата обращения: 14.03.2019).
7. *Краснощекова Г.А.* Формирование читательской компетенции студентов в рамках курса «Иностранный язык для специальных целей» // *Международный журнал экспериментального образования.* 2016. №2 (часть 1). С. 51-54.

**FORMING OF THE STUDENT'S PROFESSIONAL FOREIGN LANGUAGE  
COMPETENCE UNDER THE CONDITIONS OF INFORMATIZATION OF HIGHER  
EDUCATION**

*Kuprianycheva Ekaterina A.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, katya\_bukreeva@mail.ru

Abstract. The tasks of informatization of society and all its spheres, including education, are receiving increased attention from the state. Modern society and the education system need specialists who is able to realize their educational opportunities in a dynamically changing educational environment, ready for professional information support. The need for future specialists to master a large number of world information resources in foreign languages makes the use of information and communication technologies important in the process of preparing for professional activities. One of such information technologies is the online-program „ПРОЧТЕНИЕ“, which serves as an innovative tool for the forming of a student's professional foreign language reading competence.

Key words: informatization of society, information and communication technologies, online-program „ПРОЧТЕНИЕ“, professional foreign language reading competence.

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Кучумов Артем Ильдусович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, duketemon@yandex.ru

Применение методов оценки эффекта от воздействия полезно во многих областях, таких, например, как маркетинг и фармакология. В статье сравниваются три метода оценки эффекта от воздействия: метод двух моделей, воздействие как переменная и эконометрический метод. Все три метода представляют собой класс методов, которые вычисляют оценку эффекта от воздействия путем сведения исходной задачи к задаче регрессии. В качестве алгоритмов регрессии используются линейная регрессия и случайный лес. Сравнение происходит на двух наборах данных. Первый набор данных представляет собой синтетические данные, которые были получены по заранее определенной формуле. Второй набор данных представляет собой реальные данные некоторого интернет-магазина. В конце статьи дается рекомендация по выбору алгоритмов регрессии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, методы оценки эффекта от воздействия.

В маркетинге есть ряд задач оценки эффекта от воздействия. Например, очень часто телекоммуникационные компании предоставляют различные бонусы за пополнение счета с целью увеличения средних трат пользователя на связь: компания может предоставить бесплатные звонки, либо смс, если клиент пополнит свой счет на указанную сумму. Если предоставлять бонусы всем клиентам, то может получиться так, что компания больше потеряет, чем выиграет. Например, компания может потерять клиента, если она начнет ему звонить и предлагать бонусы и клиент крайне негативно относится к такой активности. Поэтому необходимо найти такой способ, который на основании данных об активности пользователя помог бы оценить эффект от того или иного воздействия на этого клиента. Помимо маркетинга, в других областях встречаются похожие задачи. Например, в фармакологии есть задача оценки лечебных свойств некоторого препарата.

Одно из первых решений подобного рода задач было предложено в 2002 году Виктором Ло [1]. В данной работе мы не будем останавливаться на описании методов. Подробнее с методами оценки эффекта от воздействия можно познакомиться в обзорной статье [2]. Перейдем к сравнению методов.

Сравнение будет производиться на трех методах оценки эффекта от воздействия. Рассматриваемые методы принадлежат к семейству методов, которое решает задачу оценки эффекта от воздействия путем её сведения к задаче регрессии. Для решения задачи регрессии воспользуемся линейной регрессией и случайным лесом. Комбинация трёх методов оценки эффекта от воздействия и двух методов решения задачи регрессии дает шесть моделей: воздействие как переменная (линейная регрессия), воздействие как переменная (случайный лес), метод двух моделей (линейная регрессия), метод двух моделей (случайный лес), эконометрический метод (линейная регрессия), эконометрический метод (случайный лес).

Так как каждая тестируемая модель вычисляет индивидуальный эффект, а нам нужно оценить, качество работы всей модели, то в качестве критерия сравнения моделей будем использовать средний эффект. Тестирование моделей будет состоять из 3 шагов. На первом шаге случайным образом разделим данные на обучающую и тестовую выборку в соотношении 7 к 3. Затем обучим каждую модель и предскажем средний эффект на тестовой выборке для каждой модели. Проведем описанные шаги 10 раз для каждого набора данных. Чем выше средний эффект, тем лучше работает модель. Сравнение алгоритмов проводится в авторском пакете, написанном на языке программирования Python. В рамках сравнения, алгоритмы регрессии не подвергались настройке гиперпараметров.

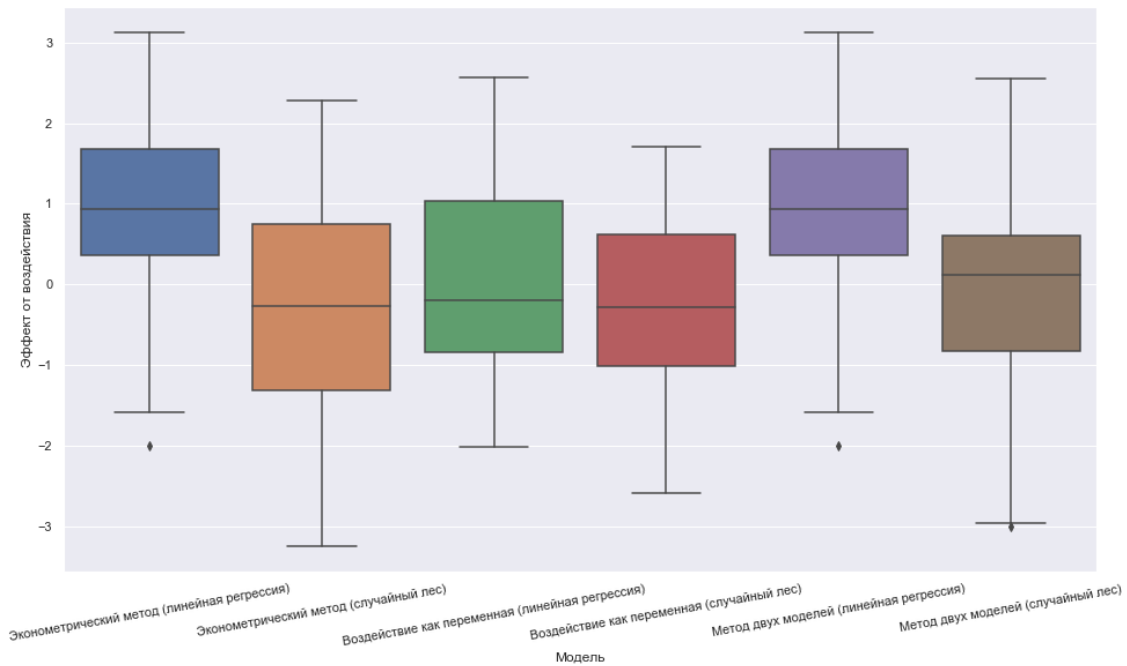
В качестве тестовых данных будут использоваться набор данных Hillstrom Email Marketing и набор синтетических данных. Набор данных Hillstrom Email Marketing хранит информацию о 64000 клиентах интернет-магазина, которые участвовали в эксперименте. Эксперимент заключался в том, что организаторы отобрали 64000 клиентов, которые совершали покупки в течение года и разделили их на 3 группы. Первой группе отправили сообщение с рекламой женских товаров, второй группе с рекламой мужских товаров. Участникам третьей группы сообщений не отправляли. Через 2 недели организаторы посчитали, сколько каждый клиент потратил за 2 недели. В сравнении будут участвовать только клиенты, которые не получали сообщений и получили сообщение с рекламой мужских товаров. Набор с синтетическими данными содержит 100 тысяч наблюдений, которые получены по формуле:

$$Y = X_1 + X_2 \cdot T + E$$

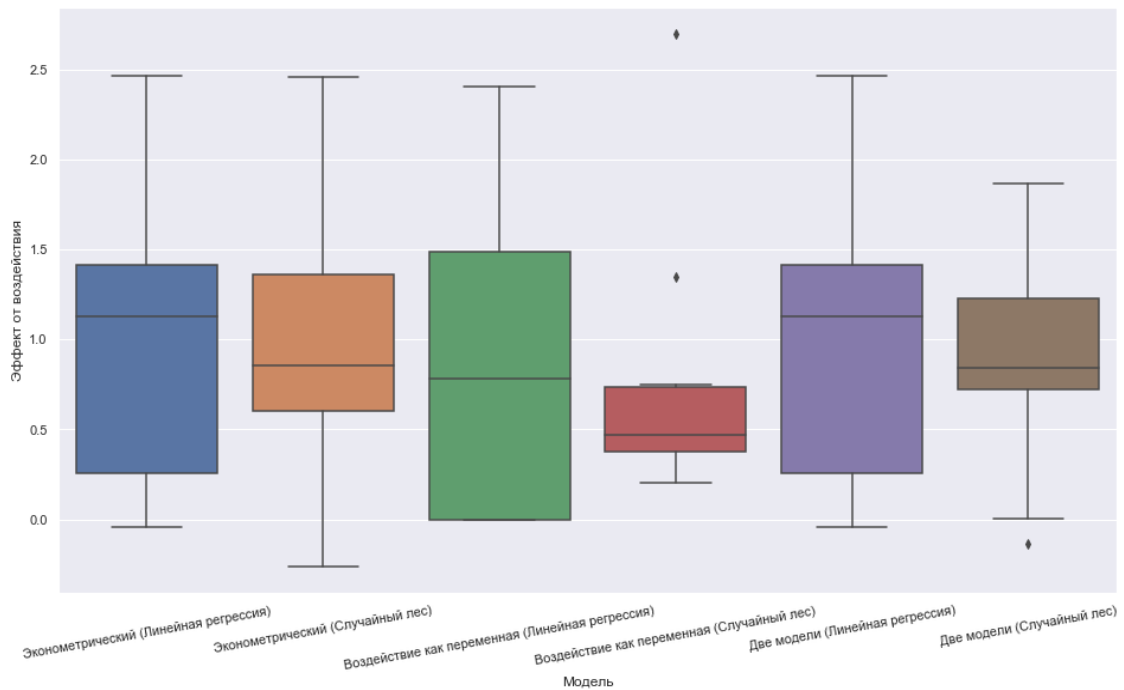
где  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – значения, полученные из некоторого нормального распределения;  $E$  – некоторая погрешность, полученная из равномерного распределения;  $T$  – воздействие (0 или 1), полученное из равномерного распределения;  $Y$  – результат предсказания.



На рисунке 1 представлены распределения (посредством «ящиков с усами») результатов предсказаний эффектов от воздействия на синтетическом наборе данных. Как можно заметить, модели, которые используют линейную регрессию, дают лучше результат нежели, модели, которые используют случайный лес. Такое поведение обусловлено тем, что исходный набор данных сгенерирован по линейной формуле.



**Рисунок 1. Предсказанный эффект на наборе данных с синтетическими данными**



**Рисунок 2. Предсказанный эффект на наборе данных Hillstrom Email Marketing**

На рисунке 2 представлены распределения результатов предсказаний эффектов от воздействия на наборе данных Hillstrom Email Marketing. Как можно заметить, эконометрический метод (линейная регрессия) и метод двух моделей (линейная регрессия) дают более качественный результат, однако, остальные модели тоже показывают хорошие результаты.

Эконометрический метод (линейная регрессия) и метод двух моделей (линейная регрессия) на обоих наборах данных показали более качественные результаты. Скорее всего, если бы использовалась настройка гиперпараметров для алгоритмов регрессии, то модели, использующие случайный лес, показали бы более высокие результаты. Помимо линейной регрессии и случайного леса можно использовать любой другой алгоритм регрессии, например, SVM или любую реализацию градиентного бустинга (XGBoost, CatBoost и другие).

### **Библиографический список**

1. Lo V. The true lift model: a novel data mining approach to response modeling in database marketing // ACM SIGKDD Explorations Newsletter. 2002 Dec 1;4(2):78-86.
2. Devriendt F, Moldovan D, Verbeke W. A literature survey and experimental evaluation of the state-of-the-art in uplift modeling: A stepping stone toward the development of prescriptive analytics // Big data. 2018 Mar 1;6(1):13-41.

## **COMPARISON OF METHODS EVALUATION TREATMENT EFFECTS**

*Kuchumov Artem I.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, duketemon@yandex.ru

Machine learning methods are widely used nowadays. Recommender systems, voice control, self-driving cars, etc. In this paper, the author tells about a number of problems whose solution requires the use of machine learning methods. Also, this article compares three methods for assessing the effect of exposure. The method of two models, treatment as variable method and econometric method. All three methods are a class of methods that calculate the impact effect score by reducing the original problem to the regression problem. The comparison takes place on two datasets. The first data set is synthetic data, which was obtained by a predetermined law. The second dataset of data represents the real data of some online store. The paper concludes with a discussion on the best method choice.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, uplift modeling.

## **ОТРАСЛЕВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Кылосова Виктория Викторовна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, kylosova1195@mail.ru

Рассмотрена гипотеза о возможности идентификации вида экономической деятельности по бухгалтерской отчетности предприятий и организаций, что позволит осуществлять проверку контрагента, а также осуществлять контроль над предоставляемыми статистическими данными. Работа была проведена на примере пяти отраслей: строительство, добыча полезных ископаемых, химическая, отрасль информационных технологий и сельское хозяйство. В результате исследования была разработана модель с вероятностью правильной идентификации отрасли с точностью 83%.

Ключевые слова: экономическая деятельность, финансовая отчетность, проверка контрагентов, отраслевая специфика, отраслевая идентификация, системно-когнитивный анализ.

В условиях всё более динамично развивающейся экономики вопрос об эффективности и целесообразности принимаемых решений на различных уровнях управления является ключевым. Исследование было посвящено отраслевой идентификации, то есть определению экономической деятельности по бухгалтерской отчетности, что позволит проводить проверку статистических данных по численности отраслей, осуществлять проверку контрагентов при реализации экономических отношений, а также учитывать отраслевую специфику при проведении финансового анализа предприятия.

В рамках исследования был проведен системно-когнитивный анализ выборки из 500 предприятий пяти отраслей (строительство, сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых, химическая и информационная отрасль) с целью идентификации строительной отрасли среди остальных 4 [2]. То есть выделение наиболее характерных показателей и их диапазонов для отнесения отрасли к конкретному виду. Отраслевая идентификация предприятия имеет массу направлений внедрения, при этом необходима целостная система для различного рода потребителей, для которых данная система будет пользоваться спросом, такими потребителями могут стать: государственные органы, инвестиционные компании, кредитные организации.

Методы системно-когнитивного анализа позволили определить модель с наибольшей вероятностью правильной идентификации – INF 1 [1]:

$$I_{ij} = \psi \cdot \log_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}, \quad (1)$$

где  $I_{ij}$  – оценка информационной важности признака  $i$  для класса  $j$ ,  $N_{ij}$  – количество встреч  $j$ -го значения будущего параметра при  $i$ -м значении прошлого параметра,  $N_i$  – количество встреч  $i$ -м значения прошлого параметра по всей выборке,  $N_j$  – количество встреч  $j$ -го значения будущего параметра по всей выборке,  $N$  – количество встреч  $j$ -го значения будущего параметра при  $i$ -м значении прошлого параметра по всей выборке.

Таким образом, с помощью вышеприведенной модели и на основе данных бухгалтерской отчетности 86 строительных предприятий для выделенных диапазонов основных статей баланса были рассчитаны коэффициенты характерности (см. таблицу).

**Таблица. Портрет строительной отрасли**

	СТРОИТЕЛЬСТВО	{0,0,1}	{0,1,0,2}	{0,2,0,3}	{0,3,0,4}	{0,4,0,5}	{0,5,0,6}	{0,6,0,7}	{0,7,0,8}	{0,8,0,9}	{0,9,1}
1	Основные средства	0,37	1,26	1,29	1,29	-1,13	-2,27	-0,46	-3,76	-3,76	0,00
2	Финансовые вложения	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Отложенные налоговые активы	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Запасы	-1,74	1,50	1,97	0,58	0,75	-0,36	2,67	0,00	-2,27	0,00
5	Дебиторская задолженность	-2,90	-0,93	1,44	0,23	2,01	1,46	2,72	1,31	1,17	0,00
6	Финансовые вложения (за исключением денежных эквивалентов)	-0,13	2,86	-1,13	2,15	3,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Денежные средства и денежные эквиваленты	0,04	-1,02	2,37	0,00	0,00	0,00	2,15	0,00	0,00	0,00
8	Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)	1,28	1,28	1,28	-2,10	-2,10	-2,10	-2,10	-2,10	-2,10	-
9	Долгосрочные заемные средства	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Краткосрочные заемные средства	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Кредиторская задолженность	-2,31	-2,31	-2,31	2,02	2,02	2,02	2,02	1,50	1,50	1,50

В вышеприведенной таблице указаны значения и применено условное форматирование, где зеленым цветом отражены наиболее характерные диапазоны статей, красным – наиболее нехарактерные.

Таким образом, статья основных средств наиболее характерна в диапазоне от 10 до 40%. Статья запасов наиболее характерна в диапазоне 60-70%, что объясняется необходимостью достаточного количества запасов при реализации строительных проектов. Статья дебиторской задолженности характерна при высокой доле в балансе и абсолютно не характерна в диапазоне до 10%. Специфика деятельности строительных организаций

подразумевает высокий уровень дебиторской задолженности, так как при непрерывном цикле работы для компаний характерно увеличение данной статьи. Признаком с наибольшей степенью характерности для строительного предприятия является диапазон 40-50% для статьи финансовых вложений. Высокая доля нераспределённой прибыли абсолютно не характерна для строительных организаций, данная статья характерна в диапазоне до 30%. Долгосрочные и краткосрочные заемные средства характерны лишь в диапазоне до 10%. Статья кредиторской задолженности также как и дебиторской задолженностью является наиболее индикатирующей статьёй. Наиболее характерный диапазон варьируется от 30 до 70%.

Таким образом, был построен портрет отрасли, который позволяет идентифицировать принадлежность предприятия к отрасли строительства.

В ходе научного исследования были определены наиболее характерные диапазоны статей бухгалтерского баланса для каждой из 5 отраслей, что позволит в дальнейшем проводить идентификацию отрасли при анализе предприятия и давать необходимую оценку сфере деятельности.

Таким образом, проведенное исследование по отраслевой идентификации даст необходимую базу для минимизации риска реализации региональной политики, инвестиционной политики, а также повышение эффективности принятия управленческих решений на различных уровнях. Также в процессе анализа и проведения научных исследований отраслевая идентификация позволит получать результаты, которые будут наиболее корректным образом отражать текущую ситуацию в отраслях.

#### **Библиографический список**

1. *Луценко Е.В.* Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа [Электронный ресурс]. URL: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm> (дата обращения 01.06. 2018)
2. Новые приложения задачи оценки рисков на основе анализа бухгалтерской отчетности / И.Е. Алексеева, А.Р. Носкова, В.В. Кылосова, А.И.Князева // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: материалы VII междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Саратов : ООО Изд-во «Научная книга», 2018. С. 8-13.
3. *Прозорова А.С., Мартынова Т.А.* Различие в понимании характеристик информации между МСФО и РСБУ как проблема информационного обеспечения стратегического анализа // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2013. №5-6. С. 74-81.

4. Henderson B. The product portfolio: growth share matrix of the Boston Consulting Group. In Mintzberg, H., Quinn J.B. (Eds.), *The Strategy Process: Concepts, contexts, cases*, 2nd ed., 1979. С. 678-680.
5. Гриднев Е.С. Применение матрицы БКГ при разработке стратегии предприятия // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2009. № 10. С. 61–64.
6. Бадулин Н.А. Экономическая теория относительности или «Улитка инноваций». // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: Математика. Компьютер. Образование. 2015. Т.22. № 3. С. 122-137.

## **INDUSTRY IDENTIFICATION OF ENTERPRISES AND ORGANIZATIONS BY TYPES OF ECONOMIC ACTIVITIES**

*Kylosova Viktoriya V.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
kylosova1195@mail.ru

The hypothesis about the possibility of identifying the type of economic activity on the financial statements of enterprises and organizations was considered, which will allow to verify the counterparty, as well as to control the provided statistical data. The work was carried out on the example of five industries: construction, mining, chemical, information technology and agriculture. As a result of the study, a model was developed with the probability of correct identification of the industry with an accuracy of 83%.

**Keywords:** economic activity, financial reporting, verification of contractors, industry specifics, industry identification, system-cognitive analysis.

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

*Лабутин Иван Александрович, Белоусов Константин Игоревич, Чуприна Светлана Игоревна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, barracuda72@bk.ru

В рамках данной работы представлено решение задачи кластеризации текстовых документов с использованием семантических полей с целью выявления зависимостей между лингвистическим поведением пользователя в социальных сетях и его психологическим портретом по модели Big Five. Решение задачи выполнено в рамках инструментального окружения, построенного для проведения лингвистических экспериментов с использованием алгоритмов машинного обучения и предполагаемого к интеграции в систему графосемантического моделирования “Семограф”. Показано, что между лингвистическим поведением пользователя и его психологическими характеристиками нет ярко выраженных линейных зависимостей, но наличествует высокая вероятность существования зависимостей нелинейных. Демонстрируется, что построенное инструментальное окружение позволяет проводить эксперименты над наборами данных, давая возможность выявлять в них закономерности и находить ошибки, допущенные при предварительной обработке данных.

Ключевые слова: семантическое поле, кластеризация, иерархическая кластеризация, текстовый документ

### Введение

Отечественный проект “Семограф” [1] нацелен на автоматизацию труда прикладного лингвиста. На текущий момент в стадии активного развития находится новая, третья версия “Семографа”. В рамках работы над “Семографом” была поставлена задача - реализовать методы кластеризации с использованием семантических полей. Семантическое поле - “совокупность языковых единиц, объединенных общностью содержания и отражающих понятийное, предметное или функциональное сходство обозначаемых явлений” [2]. Семантические поля могут быть вложены друг в друга и образовывать иерархию.

В данной статье описывается объединение созданных в рамках предыдущих работ [3] инструментов в единую систему для проведения экспериментов над наборами данных и алгоритмами, планируемую к дальнейшей интеграции в “Семограф”, а также ее применение для решения задачи кластеризации текстовых документов с целью поиска зависимостей между лингвистическим поведением пользователя в социальных сетях и его психологическим портретом по модели Big Five [4].

## Реализация

Большая часть кода “Семографа” и имеющихся программных модулей написана на языке Python, поэтому он был выбран в качестве языка для реализации инструментального окружения. Система построена в виде модульного приложения с набором подключаемых плагинов (см. рисунок 1), в роли которых могут выступать разработанные ранее компоненты. Предполагается, что пользователем системы выступает специалист - прикладной лингвист, который способен самостоятельно выполнить установку и настройку плагинов. Для исключения проблем юридического характера использовались сторонние компоненты под свободными и пермиссивными лицензиями.

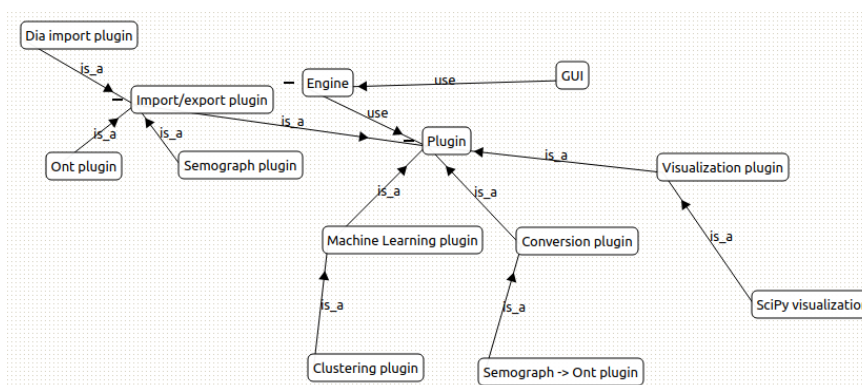


Рисунок 1. Иллюстрация концепции архитектуры системы

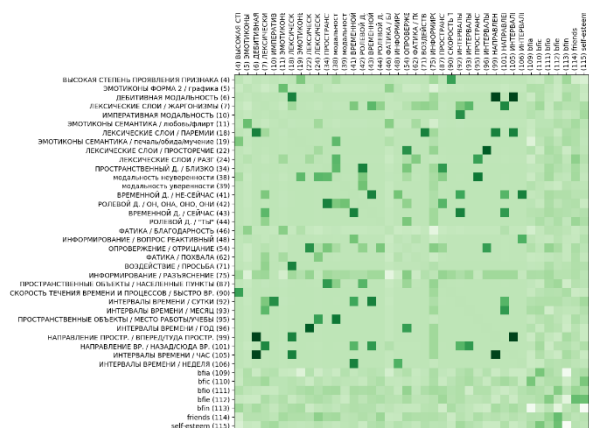
Основной частью окружения является управляющий модуль, отвечающий за поиск и загрузку плагинов, их взаимодействие друг с другом и внешними ресурсами, а также за контроль их работы.

Прикладную функциональность инструментального окружения обеспечивают плагины, реализующие различные алгоритмы обработки данных.

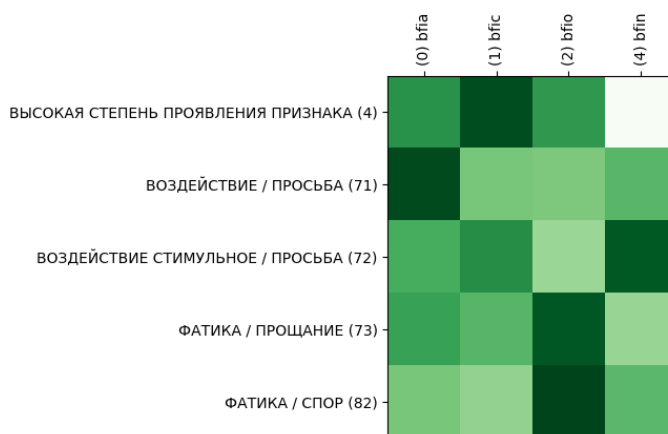
## Результаты

Целью эксперимента являлся поиск и выявление зависимостей между лингвистическим поведением пользователя в социальных сетях и его психосоциальным портретом. Для этого было собрано приблизительно 20 тыс. реплик 299 пользователей социальных сетей, прошедших предварительное анкетирование для определения их психологических характеристик. В репликах пользователей прикладами лингвистами было вручную размечено 110 семантических полей. Модель лингвистического поведения пользователя строилась путем выбора медианы семантических полей по всем его текстам.





а) Корреляция



б) CANOVA

Рисунок 2. Матрицы взаимозависимости параметров

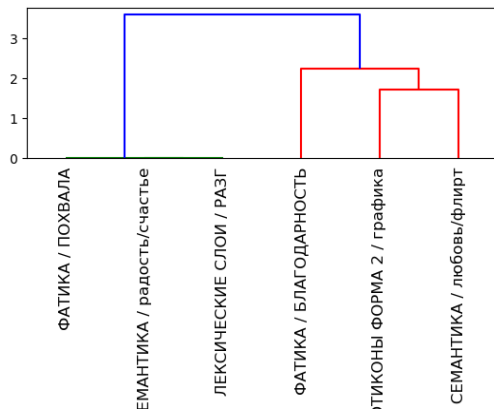
Первым этапом исследования стало построение матрицы корреляции лингвистических и психологических параметров (рисунок 2а). Между отдельными элементами группы лингвистических параметров видна весьма сильная корреляция, как и внутри группы параметров психологических (что дает повод задуматься на тему того, насколько модель Big Five можно считать “психологическим базисом”), однако существенных корреляций между психологическими и лингвистическими параметрами не выявлено. Отметим, что при первоначальном анализе матрица корреляции позволила обнаружить в данных дублирующие друг друга семантические поля, которые в дальнейшем были исключены из анализа.

Отсутствие корреляции позволяет говорить лишь об отсутствии линейной зависимости. Следующим шагом стало обучение нейронной сети (1 скрытый слой со 100 нейронами) с целью определения наличия нелинейных зависимостей. Обучение на выборке из 210 случайных пользователей позволило на тестовом наборе из 89 пользователей получить их психологические параметры с точностью 0.79, что позволяет с достаточной уверенностью утверждать о наличии зависимостей.

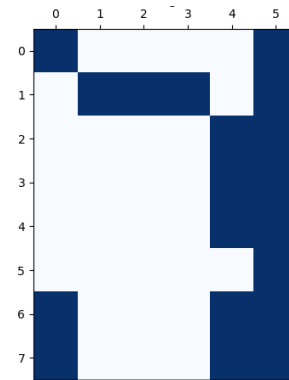
Также был использован метод выявления нелинейных зависимостей CANOVA [7] (рисунок 2б). Отметим, что CANOVA является вероятностным тестом, поэтому к его предсказаниям следует относиться с осторожностью.

Заключительной частью исследования послужила кластеризация лингвистических характеристик пользователей и анализ результатов кластеризации. После первичной кластеризации методом k-means (реализован SciPy) внутри каждого полученного кластера была выполнена вторичная бикластеризация с целью выявления показателей модели Big Five, характерных для людей, попавших в данный кластер, а также лингвистических

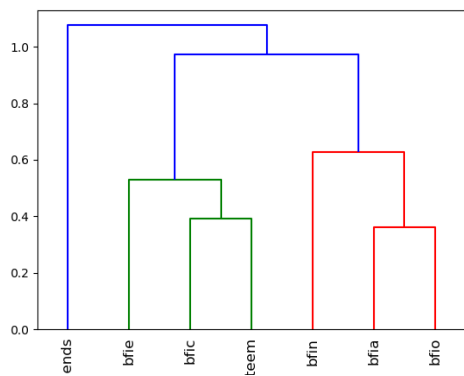
характеристик (семантических полей). Результаты для одного из кластеров приведены на Рисунок 3, а - г.



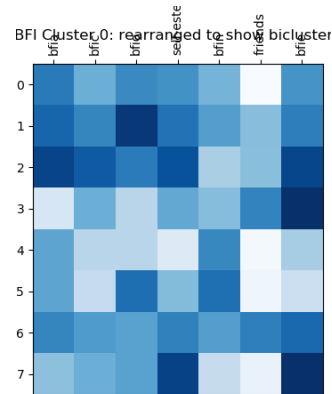
а) Семантические поля (дендрограмма)



б) Семантические поля первого кластера (heatmap)



в) Показатели модели VFI (дендрограмма)



г) Показатели модели VFI (heatmap)

Рисунок 4: Результаты кластеризации

### Заключение

Полученные результаты позволяют с высокой степенью уверенности утверждать, что между лингвистическим поведением пользователя в социальной сети и его психологическими характеристиками не имеется простых линейных зависимостей, но прослеживаются более сложные, нелинейные закономерности, требующие дальнейшего изучения.

## Список литературы

1. Система графосемантического моделирования [электр. издание] / Д.А. Баранов, К.И. Белоусов, И.В. Влацкая, Н.Л. Зелянская. М.: Свидетельство о государственной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности патентам и товарным знакам. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ № 20111617192 от 15.09.2011.
2. *Кобозева И.М.* Лингвистическая семантика. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 352 с.
3. *Лабутин И.А., Фирсов А.Н., Чуприна С.И.* Распознавание именованных сущностей в текстах на естественном языке с использованием метода пробросо-цепочных условных случайных полей // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной международной конференции "Диалог". — 2017.
4. *Rothmann S., Coetzer E. P.* The big five personality dimensions and job performance // SA Journal of Industrial Psychology. — 2003. — Vol. 29, no. 1. — Access mode: <https://sajip.co.za/index.php/sajip/article/view/88>.
5. Efficient test for nonlinear dependence of two continuous variables / Yi Wang, Yi Li, Hongbao Cao et al. // BMC Bioinformatics. — 2015. — Aug. — Vol. 16, no. 1. — P. 260. — Access mode: <https://doi.org/10.1186/s12859-015-0697-7>.

## TEXT CLUSTERING WITH SEMANTIC FIELDS

*Belousov Konstantin I., Labutin Ivan A., Chuprina Svetlana I.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, barracuda72@bk.ru

In this work we present the solution to the text clustering using semantic fields for the task of user profiling with Big Five model in social media by linguistic features (namely, semantic fields) that he uses in his comments. Study was conducted using machine learning algorithms in the «X» framework that is going to be integrated as a part of "Semograph" graphosemanical modeling system. It's shown that there are no clear linear dependencies between linguistic features and psychological traits, but with high certainty it could be assumed that there are some kind of nonlinear relations. The used framework proved to be useful tool in experimenting with datasets, helping with error catching and dependency tracking.

Keywords: semantic fields, clustering, hierarchical clustering, text document

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕПАРТАМЕНТА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ**

*Лапин Александр Андреевич*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, alexanderlapin@yandex.ru

Рассматриваются стандарты, в которых описываются лучшие из применяемых на практике способов организации деятельности ИТ-подразделений: Control Objectives for Information and Related Technologies (CobIT), IT Infrastructure Library (ITIL) и Microsoft Operations Framework (MOF). Каждый из перечисленных стандартов включает в себя определенную методику организации взаимодействия ИТ-подразделений с пользователями. Проведен функционально-стоимостной анализ каждой из методик, описанных в стандартах, для ИТ-подразделения крупной производственной компании. В ходе анализа были выделены основные функции по каждому из способов взаимодействия ИТ-подразделения с пользователями ИТ-услуг, оценена их значимость, оценена стоимость компонентов, проведен анализ вовлеченности ролей в выполнение функций, оценена стоимость функций и проведено сопоставление значимости со стоимостью функций. Результатом проведенного анализа должна быть наиболее эффективная методика организации взаимодействия ИТ-подразделения и сотрудников в крупной производственной компании.

Ключевые слова: предоставление ИТ-услуг, функционально-стоимостной анализ, ITIL, CobIT, MOF.

Правильное применение информационных технологий позволяет автоматизировать любые выполняемые действия, функции или целые процессы. Зачастую департамент информационных технологий (департамент ИТ) крупномасштабного производственного предприятия не может формализовать весь спектр предоставляемых ИТ-услуг и выстроить порядок их предоставления. В данной области есть практические разработки, представляющие собой стандарты управления ИТ, опираясь на которые можно выстроить качественный процесс взаимодействия департамента ИТ с пользователями. Правильно выстроенный процесс позволяет повысить качество предоставляемых ИТ-услуг, сократить время их предоставления, отслеживать состояние и вести аналитику на высоком уровне. Это, в свою очередь, сведет на минимум простои от ожидания нормализации работы ИТ и сократит время ожидания клиентов компании при получении продукции.

Первым рассматриваемым стандартом является Control Objectives for Information and Related Technologies (CobIT). За взаимодействие департамента ИТ с пользователями в

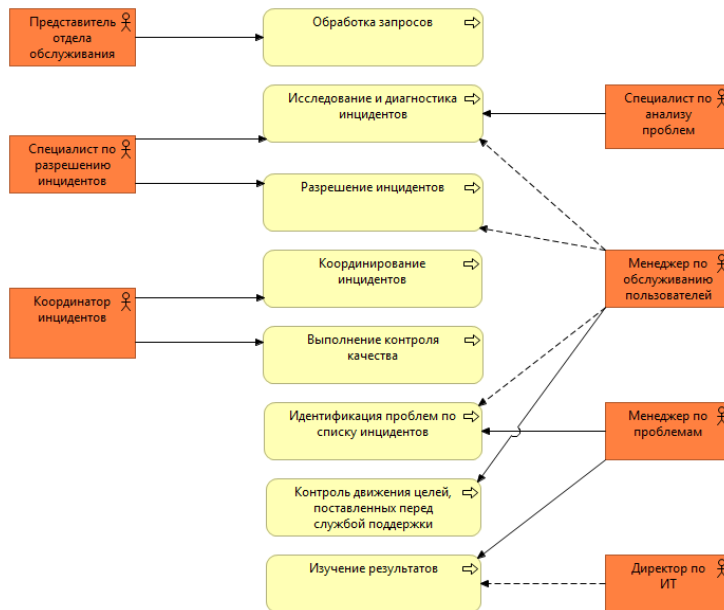
данном стандарте отвечает «Управление службой технической поддержки и инцидентами». Этот процесс включает в себя создание службы поддержки с функциями регистрации инцидентов, анализа инцидентов и тенденций, а также разрешения возникших проблем [1].

Следующий стандарт – Information Technologies Infrastructure Library (ITIL). Здесь в качестве связующего звена между департаментом ИТ и пользователями выступает Service Desk – специализированная функциональная единица, которая ориентирована на обработку сервисных событий, поступающих в виде обращений пользователей ИТ-услуг или сообщений систем мониторинга [2].

Последний рассматриваемый стандарт – Microsoft Operations Framework (MOF). Процесс «Управление проблемами», отвечающий за взаимодействие департамента ИТ с пользователями, обеспечивает ИТ-специалистов набором инструкций по обработке сложных инцидентов и проблем. Инцидент – это определенное событие, которое не является частью нормальной работы ИТ-услуги и приводит к снижению качества услуги или ее нарушению [3].

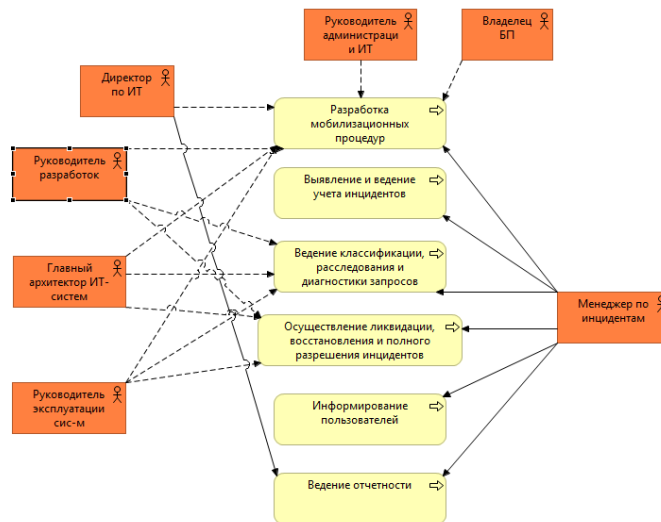
Для того чтобы выявить оптимальный для организации способ взаимодействия департамента ИТ с пользователями, рекомендуется для каждого из стандартов построить функциональную модель. Модель позволит наглядно отобразить выполняемые в рамках процесса функции и роли, участвующие в выполнении.

Ниже, на рисунке 1, представлена функциональная модель по методике «Управление проблемами» стандарта MOF. Как видно, в процессе выполняется 8 основных функций, участвует 7 ролей. Пунктирная линия означает непрямую вовлеченность роли в выполнение функции, что позволит более корректно провести функционально-стоимостной анализ.



**Рисунок 1** Функциональная модель по методике «Управление проблемами» стандарта MOF

На рисунке 2 представлена функциональная модель по методике «Управление службой технической поддержки и инцидентами» стандарта CobIT. Как видно, в процессе выполняется 6 основных функций, участвует 7 ролей.



**Рисунок 2** Функциональная модель по методике «Управление службой технической поддержки и инцидентами» стандарта CobIT

На рисунке 3 представлена функциональная модель по методике «Service Desk» стандарта ITIL. Как видно, в процессе выполняется 10 основных функций, участвует 4 роли.

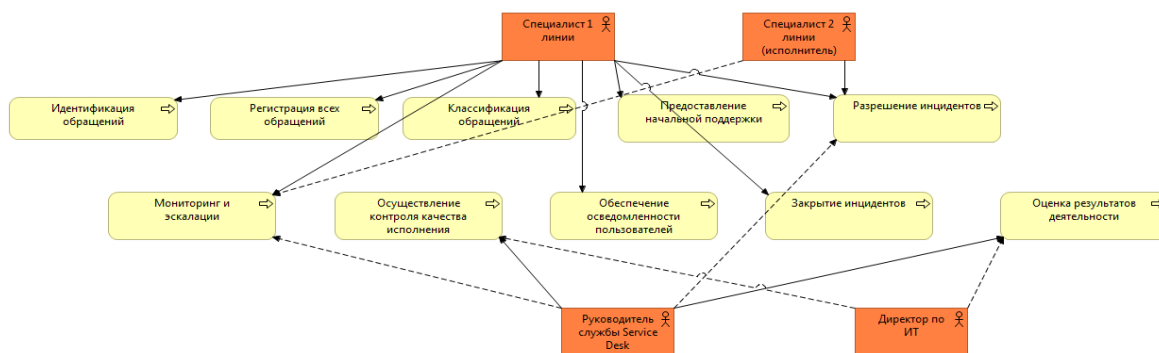


Рисунок 3 Функциональная модель по методике «Service Desk» стандарта ITIL

Построенные модели позволили провести функционально-стоимостной анализ каждой методики. Функционально-стоимостный анализ (ФСА) – метод системного исследования функций объекта с целью поиска баланса между себестоимостью и полезностью [5]. В целом, ФСА в данном исследовании проходил стандартно, за исключением некоторых шагов. Во-первых, анализ значимости функций проводился методом трехзначных парных сравнений [4]. Во-вторых, при анализе стоимости компонентов учитывались индивидуальные показатели рассматриваемого предприятия, такие как вовлеченность роли (компонента) в процесс, наличие роли в департаменте ИТ и характер выплат (полноценная зарплата или доплата за выполнение функций).

Краткая сводка результатов ФСА представлена в таблице. ниже.

Таблица. Пример сравнения результатов функционально-стоимостного анализа

Методология	Кол-во функций	Кол-во участников	Затраты в месяц	Процент целесообразных функций
СобИТ	6	6 сущ. ролей + 1 новая	101000 □	67%
ITIL	10	2 сущ. роли + 2 новые	82000 □	70% (80% с учетом одного приблизительного значения)
МОФ	8	2 сущ. роли + 5 новых	172000 □	50% (75% с учетом двух приблизительных значений)

В данной статье были проанализированы существующие стандарты, описывающие методики организации взаимодействия департамента ИТ и пользователей, с целью решения проблемы отсутствия формализованного спектра и порядка предоставления ИТ-услуг. В результате их анализа было выявлено, что наиболее оптимальной с точки зрения полезности функций и ежемесячных затрат на эксплуатацию для департамента ИТ крупной производственной компании является методика Service Desk, описанная в стандарте ITIL.

### Библиографический список

1. Российское издание CobIT 4.1 [Электронный ресурс] URL: <http://ea-banks.ucoz.ru/load/3-1-0-3> (дата обращения: 18.03.2019).
2. Свободный ITIL [Электронный ресурс] URL: [http://www.wikiitil.ru/books/2015\\_Free\\_ITIL.pdf](http://www.wikiitil.ru/books/2015_Free_ITIL.pdf) (дата обращения: 18.03.2019).
3. Microsoft Operations Framework [Электронный ресурс] URL: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc543224.aspx> (дата обращения: 18.03.2019).
4. Дэвид Г. Метод парных сравнений. М.: Статистика, 1978. С. 112.
5. Каплан Р., Купер Р. Функционально-стоимостной анализ. Практическое применение. М.: Вильямс, 2008. С. 15-42.

### ANALYSIS OF THE METHODS OF INTERACTION OF IT-DEPARTMENT WITH USERS

*Lapin Alexander A.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, alexanderlapin@yandex.ru

The standards describing the best of the applied in practice ways of the organization of activity of IT-departments are considered: Control Objectives for Information and Related Technologies (CobIT), IT Infrastructure Library (ITIL) and Microsoft Operations Framework (MOF). Each of these standards includes a specific methodology for the organization of interaction of IT-departments with users. Conducted a functional cost analysis of each of the methods described in the standards for the IT department of a large manufacturing company. The analysis highlighted the main functions for each of the ways the IT-department interacts with the users of IT-services, assesses their significance, assesses the cost of components, analyzes the involvement of roles in the execution of functions, assesses the cost of functions and compares the significance with the cost of functions. The result of the analysis should be the most effective method of organizing the interaction of IT departments and employees in a large manufacturing company.

Keywords: IT services provision, functional cost analysis, ITIL, CobIT, MOF.



## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ONLINE-КУРСОВ**

*Макарова Инна Валерьевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, studyforim@gmail.com

Обоснована актуальность исследуемой темы. Рассмотрено понятие рекомендательных систем и основные используемые подходы для реализации данного класса систем: фильтрация на основе содержания, коллаборативная фильтрация, гибридные рекомендательные системы, системы, основанные на знаниях. Приведены некоторые примеры существующих рекомендательных систем. Рассмотрено применение мультиагентного подхода для решения задач рекомендательных систем, приведены обзоры работ в этой области, их результат. Предложено собственное архитектурное решение мультиагентной рекомендательной системы, описаны задачи системы: сбор профилей пользователей социальных сетей и online-курсов, выявление группы пользователей по схожим характеристикам, поиск контента для рекомендации пользователю, а также распределение этих задач между агентами. Описана коммуникация между агентами, обоснован выбор архитектуры системы и применение онтологии для выработки рекомендации.

Ключевые слова: мультиагентная система, рекомендательная система.

Рекомендательные системы настолько широко применимы, что до сих пор этот класс систем является одним из часто исследуемых. Рекомендательные системы имеют разные подходы в реализации, но очень часто является спорным вопросом их эффективность, а также направленность на определенный контент.

Актуальность работы обусловлена поиском решения в области рекомендаций в узконаправленной предметной области online-курсов. Новая парадигма обучения online (не только курсы различных компаний, но и переход к системе online-университетов) также объясняет актуальность исследования.

Рекомендательная система – это системы, которые «способны угадывать предпочтения и нужды пользователей и на основе этого предлагать подходящие решения» [1]. На сегодня основными общепринятыми моделями рекомендательных систем являются: коллаборативная фильтрация, фильтрация на основе контента, гибридные, основанные на знаниях [2].

Модели, основанные на коллаборативной фильтрации, используют мощности рейтингов, которые предоставляют пользователи, чтобы в дальнейшем давать рекомендации другим пользователям [2, с. 8]. В системах, основанных на фильтрации контента, для получения рекомендации используется дескриптивный или описательный признак предмета (рекомендации), и «контент» ссылается на эти описания [2, с. 14]. Системы, основанные на знаниях, эффективны в случае, когда оценки пользователя мало для рекомендации, а выбор такого подхода может быть обоснован «сложностью» самого предмета с точки зрения его свойств, в таких системах рекомендация базируется на сходстве требований клиента и описания товара [2, с.15]. И гибридные системы могут объединять в себе сильные стороны различных рекомендательных систем для более надежной работы в разных условиях [2, с.8].

Популярнейшие рекомендательные системы на сегодня – Amazon, IMDb, Coursera, Кинопоиск в России. Торговые площадки также эффективно применяют рекомендательные системы, например, AliExpress.

Другой подход к реализации рекомендательных систем основан на применение программных агентов, такие системы называют мультиагентными рекомендательными системами.

В работе «A Multi-Agent Recommender System» рассматривается мультиагентный подход к решению задач веб-персонализации, где несколько инкрементальных алгоритмов, основанных на бинарных данных, вырабатывают рекомендации item-based и предлагают пользователю набор рекомендаций [3]. Авторы ставят своей целью показать, что данный подход способен дать лучший результат, чем отдельные алгоритмы [3]. Авторы выделяют требование к системе: агент должен быстро отвечать другому агенту и также быстро подготовить запрос [3]. В системе представлено два рекомендательных агента: первый базируется на «single-condition» ассоциативных правилах, а второй использует алгоритм коллаборативной фильтрации, эти алгоритмы должны быть способны быстро предоставлять набор рекомендации за очень короткое время [3].

Авторы также представили взаимодействие пользователя с системой и архитектуру системы, состоящую из взаимодействия 5 элементов: Directory Facilitator, Server Agent, KB, Client Agents, Recommender Agents [3].

Как итог, авторы доказали, что мультиагентная рекомендательная система дает результат лучше, чем выбранные алгоритмы по-отдельности [3].

Пример другой работы «An Intelligent Multi-agent Recommender System», где система предполагает работу также с помощью двух агентов: согласующего агента и

рекомендательного агента, а также в работе также описывается применение некой теории rough mereology [4]. Пользовательский интерфейс является единственным способом взаимодействия с системой, где согласующий агент ищет в наборе данных аналогичного пользователя, который имеет хотя бы один атрибут в системе, а рекомендательный агент уже предлагает рекомендательное значение для решающего атрибута [4].

В результате авторы приходят к выводу: мультиагентный подход с применением rough mereology является успешным для уменьшения информационной перегрузки при рекомендации релевантных решений пользователю [4].

Работа «Разработка рекомендательной системы на основе данных из профиля социальной сети "ВКонтакте"» также описывает разработку мультиагентной системы «EZSurf», которая должна анализировать интересы и предоставлять рекомендации пользователям социальной сети «ВКонтакте». Автор представляет в работе три агента: сборщик, анализатор, рекомендатель [5]. Система реализует метод фильтрации содержимого (content-based) [5]. Автор приводит функциональные требования к системе и описывает распределение выполнения функциональных задач между этими агентами: сборщик должен собирать сведения из социальной сети «ВКонтакте» (статус, оценка «мне нравится», аудио- и видеозаписи страницы и др. – информация, которая должна помочь определить интересы), анализатор – агент, который должен анализировать контент со страницы пользователя и определять его предпочтения, рекомендатель решает задачу поиска и сбора рекомендуемого: собирает необходимый соответствующий контент в сети Интернет [5].

Автором также представлена архитектура системы с тремя агентами, тремя базами данных, реестром сайтов, профилем сети «ВКонтакте» и сети Интернет [5].

В качестве результата автор получил спроектированную и реализованную рекомендательную систему, что важно отметить, минимально нагруженную [5].

В нашей работе мы также будем рассматривать реализацию рекомендательной системы с помощью программных агентов. Последняя работа нам наиболее близка. Но предполагаем реализацию 4 агентов в системе: два агента Collector, Analyzer, Recommender.

В системе должно быть реализовано обращение к предметной онтологии для поиска нужного курса в соответствии с требованиями категории пользователей. Выбор онтологического метода поиска рекомендации и выявления категории пользователя вместо индивидуальной рекомендации связан со сложностью формализации предметной области online-курсов: огромный спектр признаков предмета рекомендации в целом может замедлить процесс выполнения анализа в системе для конкретного пользователя.

Основная цель системы найти релевантные online-курсы (минимум один) согласно категории, к которой относится пользователь. В связи с этой целью выделенные агенты выполняют свою индивидуальную задачу.

Два агента **Collector** для решения задачи сбора данных. Первый агент отвечает за сбор профилей в социальных сетях и авторизацию профилей, использующих систему. Данный агент должен передавать агенту **Analyzer**, запрос выполнения обработки найденных профилей. Второй агент должен реализовывать сбор online-курсов, которые являются предметом рекомендации. Агент должен собирать курсы только с проиндексированных страниц в сети Internet.

Агент **Analyzer** отвечает за алгоритмы обработки пользователей для решения задачи выявления категории пользователей, с целью дальнейшей рекомендации курсов. Агент также присваивает авторизованному пользователю соответствующую категорию, соотнося признаки с имеющимися данными по собранным профилям.

Для авторизованного пользователя агент **Analyzer** отправляет запрос **Recommender**, который осуществляет поиск релевантного контента. **Recommender** отправляет запросы онтологии предметной области online-курсов, где согласно иерархии курсов вырабатывается пул рекомендаций. Если на выходе агент получает пустое сообщение, он делает запрос агенту **Collector**, отвечающего за сбор курсов, на поиск и обновление реестра online-курсов.

Сжатая архитектура системы представлена на рисунке 1, где также указаны интерфейс пользователя и базы данных.

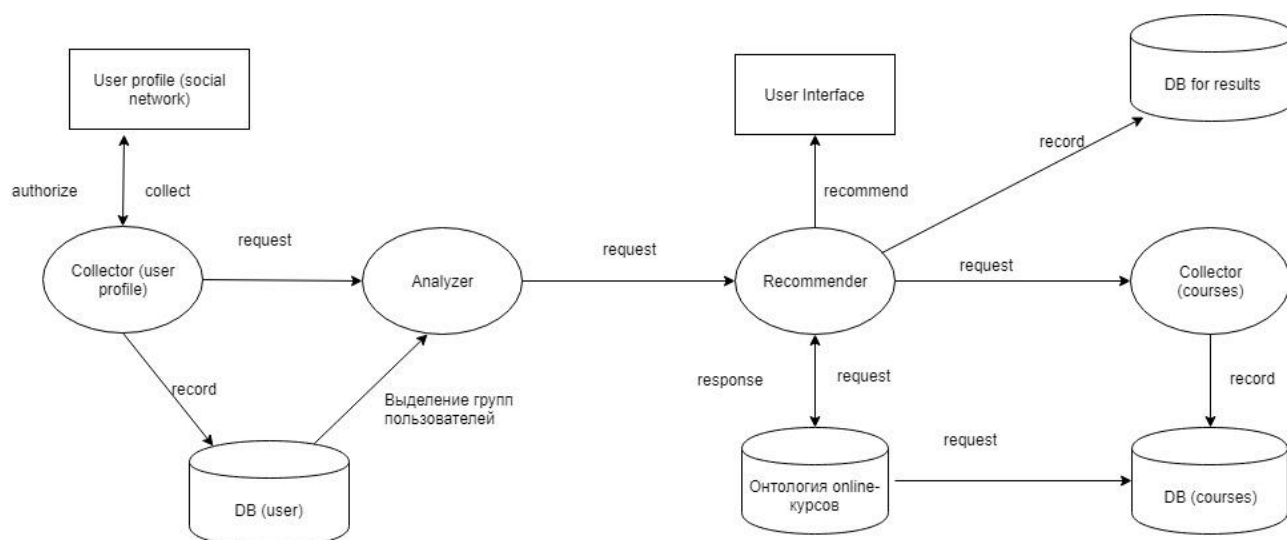
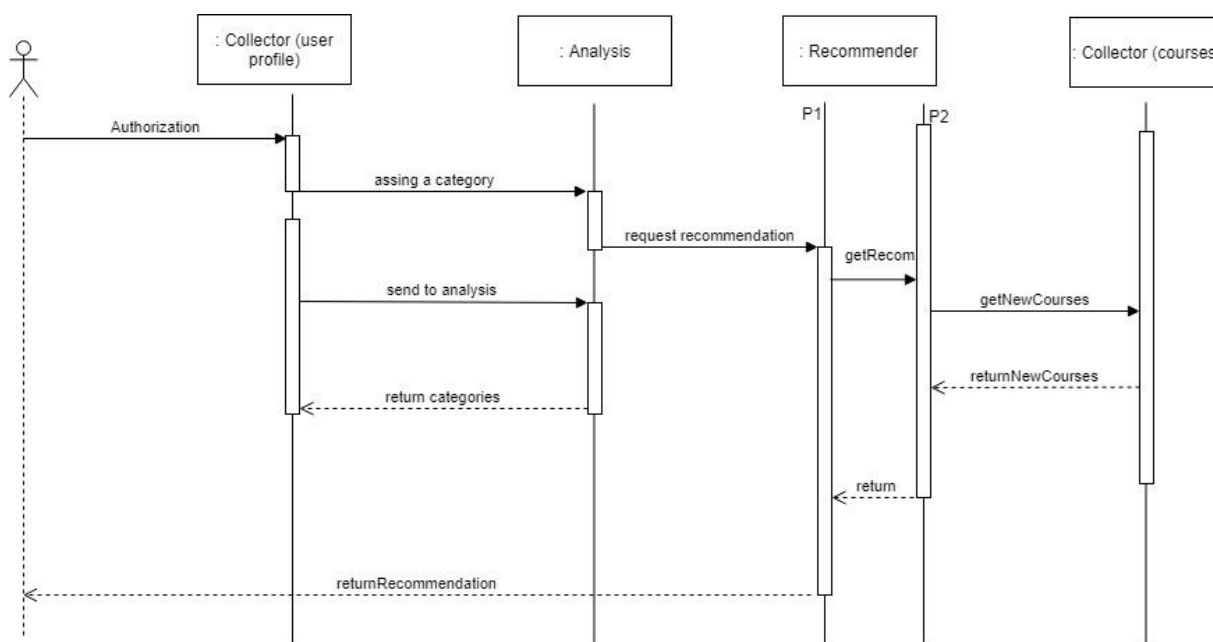


Рисунок 1. Сжатая архитектура мультиагентной рекомендательной системы online-курсов

Необходимо также описать важный аспект системы – коммуникация агентов. Одна из особенностей программных агентов – общение между собой для достижения поставленной цели. На рисунке 2 диаграммы взаимодействия представлены сообщения агентов друг другу.

Необходимо отметить, что агента Recommender использует два порта для распределения запросов: на P1 принимается запрос от Analyzer, от P2 отправляется запрос к Collector, такое решение используется для распределения нагрузки.



**Рисунок 2. Диаграмма взаимодействия агентов системы**

Одно из требований к системе – скорость выполнения запрос адекватное пользовательскому ожиданию. Поэтому в проектируемой системы мы используем 4 агента с целью более эффективного распараллеливания нагрузки в системе за счет выполнения более узких задач агентами. Кроме того, распределение между агентами алгоритмов анализа данных, выявления рекомендаций в целом способствует повышению точности конечного результата, в данном случае выдачи рекомендации пользователю.

Но нужно понимать, мультиагентные системы требуют высоких мощностей для своего функционирования. Поэтому одной из основных задач в подобных разрабатываемых системах является снижение нагрузки.

Таким образом, рассмотрено понятие рекомендательной системы, модели реализации данного класса систем, а также приведены примеры исследований в области рекомендательных систем на основе мультиагентного подхода. Рассмотрен пример архитектуры собственного решения для узконаправленной предметной области online-курсов с помощью 4 программных агентов. Основная особенность разрабатываемой системы -

онтологии для поиска рекомендации на основе категории пользователя. Решение обосновано предположение об оптимизации функционирования системы.

### Библиографический список

1. *Лядова Л.Н., Малькова К.М., Тимофеев М.В.* Архитектура рекомендательной системы, настраиваемой на предметные области [Электронный ресурс] URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/213010543> (дата обращения 01.03.2019).
2. *Charu C. Aggarwa* Recommender Systems: The Textbook. Springer International Publishing Switzerland, 2016.
3. *A. Jorge Morais, Eugénio Oliveira, Alípio Mário Jorge* A Multi-Agent Recommender System [Digital resource] URL: <https://paginas.fe.up.pt/~niadr/PUBLICATIONS/2012/AJorgeMorais2011.pdf> (дата обращения 01.03.2019)
4. *Mahmood A. Mahmood, Aboul Ella Hassani, Nashwa El-Bendary, Hesham A. Hefny* An Intelligent Multi-Agent Recommender System using Rough Mereology [Digital resource] // Conference Paper. 2013. URL: [https://www.researchgate.net/publication/256390080\\_An\\_Intelligent\\_Multi-agent\\_Recommender\\_System](https://www.researchgate.net/publication/256390080_An_Intelligent_Multi-agent_Recommender_System) (дата обращения 01.03.2019)
5. *Ахвадеев Б.Р., Воронова Л.И., Оханкина Е.П.* Разработка рекомендательной системы на основе данных из профиля социальной сети «ВКонтакте» [Электронный ресурс] // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2014. № 3. URL: <http://vestnik.nvsu.ru/arhiv/38/409.pdf>

## DESIGNING THE MULTI-AGENT RECOMMENDER SYSTEM OF ONLINE COURSES

*Makarova Inna V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, studyforum@gmail.com

The relevance of the research topic is provided. The concept of recommender systems and the main approaches used to implement this class of systems are considered: content-based filtering, collaborative filtering, hybrid recommender systems and knowledge-based systems. Some examples of recommender systems are given. The application of a multi-agent approach in recommender systems is considered. Also there are presented some reviews of work and their result. There is the proprietary example of the multi-agent recommender system architecture. The system's tasks are collecting user profiles for social networks, determination a group of users by similar attributes, searching for a recommendation and the distribution of these tasks among agents. Communication between agents is described. The choice of the system architecture and the ontological approach to make recommendations is justified.

Keywords: a multi-agent system, a recommender system

## ОРИЕНТАЦИОННАЯ И МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ФЕРРОНЕМАТИКА В МАГНИТНОМ И ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЯХ

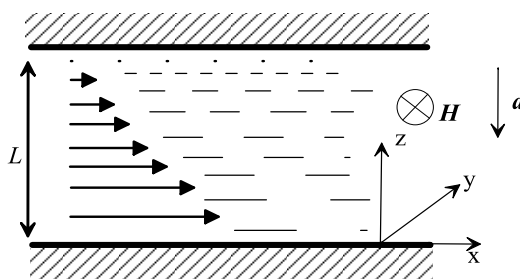
*Макурин Алексей Викторович, Петров Данил Александрович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, makurin-1997@mail.ru

На основе континуальной теории исследованы ориентационные и магнитные свойства высокодисперсной суспензии однодоменных иглообразных феррочастиц в нематическом жидком кристалле – ферронематике. Учитывались следующие вклады в плотность свободной энергии: потенциал Озеена-Франка, взаимодействие диамагнитного нематика с магнитным полем, взаимодействие феррочастиц с магнитным и гравитационным полями, энергия сцепления жидkokристаллической матрицы с поверхностью примесных частиц и вклад энтропии смешения идеального раствора частиц суспензии. Для твист-ячейки ферронематика рассмотрены два механизма расслоения: сегрегация магнитных частиц в однородном магнитном поле и их гравитационное оседание. Построены пространственные распределения полей директора и намагниченности ферронематика в зависимости от приложенного внешнего магнитного поля. Установлено, что в малых магнитных полях примесь накапливается в верхней части слоя, а в больших полях – в нижней.

Ключевые слова: ферронематик, магнитные частицы, эффект сегрегации, гравитация, мягкое сцепление.

Рассмотрим твист-ячейку ферронематика (ФН) толщиной  $L$ , где директор  $\mathbf{n}$  жидкого кристалла (ЖК), жестко планарно сцеплен с границами слоя, но мягко планарно с поверхностью частиц, т.е.  $\mathbf{n} \parallel \mathbf{m}$ , где  $\mathbf{m} = \mathbf{M} / (\mu_s f)$  – единичный вектор намагниченности ФН ( $\mathbf{M}$  – намагниченность ФН, обусловленная только наличием твердой фазы,  $\mu_s$  – намагниченность насыщения материала феррочастиц,  $f$  – объемная доля твердой фазы).



**Риснок 1. Слой ферронематика в магнитном поле**

Геометрия задачи и выбор системы координат представлены на рисунке. 1.

Направление директора на границах слоя параллельны плоскостям  $z=0$  и  $z=L$ , но повернуты друг относительно друга на  $\pi/2$ . Магнитное поле направим вдоль границ слоя параллельно оси  $y$  –  $\mathbf{H}=(0,H,0)$ . Пусть в отсутствие магнитного поля вектора  $\mathbf{n}$  и  $\mathbf{m}$  сонаправлены.

Согласно [1–3] свободную энергию ФН во внешних гравитационном и магнитном полях можно записать в виде

$$F = \int \left\{ \frac{1}{2} \left[ K_{11} (\nabla \cdot \mathbf{n})^2 + K_{22} (\mathbf{n} \cdot \nabla \times \mathbf{n})^2 + K_{33} (\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n})^2 \right] - \frac{1}{2} \chi_a (\mathbf{n} \cdot \mathbf{H})^2 - \mu_s f (\mathbf{m} \cdot \mathbf{H}) + \left( \frac{k_b T}{v} \right) f \ln f - a (\rho_p - \rho_{LC}) f z - \frac{W}{d} f (\mathbf{n} \cdot \mathbf{m})^2 \right\} dV, \quad (1)$$

где  $K_{11}$ ,  $K_{22}$ ,  $K_{33}$  – упругие модули Франка,  $\chi_a$  – анизотропия диамагнитной восприимчивости ЖК,  $v$  – объем феррочастицы,  $k_b$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура ФН,  $a$  – модуль ускорения свободного падения,  $\rho_p$  и  $\rho_{LC}$  – плотности частиц и ЖК соответственно,  $d$  – поперечный диаметр магнитной частицы,  $W$  – поверхностная плотность энергии сцепления магнитных частиц с молекулами ЖК. Мы рассматриваем разбавленную суспензию, т.е.  $\bar{f} = Nv/V \ll 1$  (здесь  $N$  – число магнитных частиц в суспензии,  $V$  – объем ФН), что позволяет пренебречь межчастичными магнитными диполь-дипольными взаимодействиями.

В рассматриваемом нами случае деформация ориентационной структуры отвечает чистому кручению, тогда компоненты директора ЖК и вектора намагниченности имеют вид

$$\mathbf{n} = [\cos \varphi(z), \sin \varphi(z), 0], \quad \mathbf{m} = [\cos \psi(z), \sin \psi(z), 0] \quad (2)$$

где  $\varphi$  и  $\psi$  – углы отклонения директора ЖК и намагниченности от оси  $x$  в направлении магнитного поля соответственно.

Для удобства задачу будем решать в безразмерном виде. Для этого введем ряд безразмерных параметров

$$\zeta = \frac{z}{L}, \quad g = \frac{f}{f}, \quad b = \frac{L \bar{f} \mu_s}{\sqrt{K_{22} \chi_a}}, \quad \sigma = \frac{W \bar{f} L^2}{d K_{22}}, \quad \kappa = \frac{k_b T L^2 \bar{f}}{v K_{22}}, \quad \alpha = \frac{\bar{f} a L^3}{K_{22}} (\rho_p - \rho_{LC}), \quad h = \frac{H}{H_q} \quad (3)$$



Здесь  $\zeta$  – безразмерная координата,  $g$  – приведенная объемная доля частиц в суспензии. Параметр  $b$  определяет относительный вклад квадрупольного и дипольного механизмов влияния магнитного поля на ориентационную структуру ФН. Для  $b > 1$  деформация ориентационной структуры обусловлена преимущественно дипольным механизмом влияния магнитного поля, а для  $b < 1$  – квадрупольный. Величина  $\sigma$  – безразмерная энергия сцепления феррочастиц с ЖК-матрицей, параметры  $\kappa$  и  $\alpha$  соответственно определяют интенсивности сегрегационных и гравитационных эффектов, а поле  $H_q = L^{-1} \sqrt{K_1 / \chi_a}$  выбрано в качестве единицы напряженности магнитного поля.

Состоянию термодинамического равновесия отвечает минимум свободной энергии ФН (1). Уравнения равновесия могут быть получены независимым варьированием функционала (1) по  $\varphi(\zeta)$ ,  $\psi(\zeta)$  и  $g(\zeta)$ , где варьирование по  $g(\zeta)$  должно выполняться с дополнительным условием постоянного числа частиц в системе. В результате получим

$$\left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \zeta^2} \right) + \frac{1}{2} h^2 \sin 2\varphi(\zeta) + \sigma g \sin 2(\varphi(\zeta) - \psi(\zeta)) = 0, \quad (4)$$

$$bh \cos(\psi(\zeta)) + \sigma \sin 2(\varphi(\zeta) - \psi(\zeta)) = 0 \quad (5)$$

$$g = Q \exp \left[ \frac{bh}{\kappa} \sin \psi(\zeta) + \frac{\sigma}{\kappa} \cos^2(\varphi(\zeta) - \psi(\zeta)) - \frac{\alpha}{\kappa} \zeta \right], \quad (6)$$

$$Q^{-1} = \int_0^1 \exp \left[ \frac{bh}{\kappa} \sin \psi(\zeta) + \frac{\sigma}{\kappa} \cos^2(\varphi(\zeta) - \psi(\zeta)) - \frac{\alpha}{\kappa} \zeta \right] d\zeta,$$

Уравнения (4)–(6) совместно с граничными условиями

$$\varphi(0) = 0, \quad \varphi(L) = \pi / 2 \quad (7)$$

образуют замкнутую краевую задачу для определения ориентационного и концентрационного профилей  $\varphi(\zeta)$ ,  $\psi(\zeta)$  и  $g(\zeta)$  ФН в магнитном и гравитационном полях.

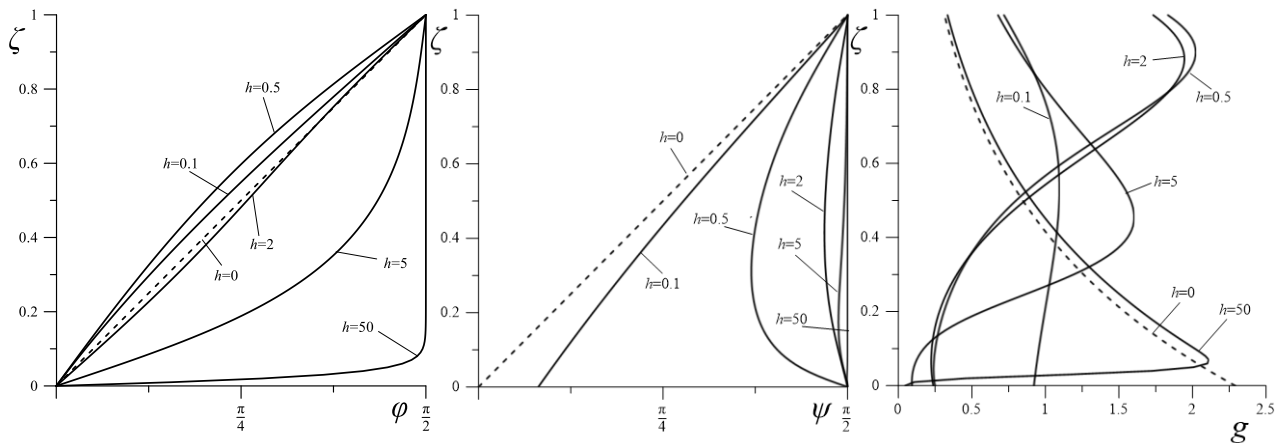


Рисунок 2. Ориентационные и концентрационные профили ФН

Пространственные распределения углов ориентации директора  $\varphi(\zeta)$ , намагниченности  $\psi(\zeta)$  и приведенной объемной доли феррочастиц  $g(\zeta)$  для различных значениях магнитного поля  $h$  находились численно из системы уравнений (4) – (6). На рисунке 2. представлены результаты расчетов для параметров  $b=10$ ,  $\alpha=1$ ,  $\kappa=0.5$  и  $\sigma=2$ . В отсутствие магнитного поля распределения директора и намагниченности имеют вид  $\varphi(\zeta) = \psi(\zeta) = \pi\zeta/2$ , а концентрационное распределение феррочастиц описывается формулой Больцмана

$$g = (\kappa/\alpha)(1 - \exp[-\alpha/\kappa])^{-1} \exp[-\alpha\zeta/\kappa],$$

чему отвечает пунктирная линия на Рисунок 2. При включении магнитного поля примесь начинает накапливаться у верхней границы слоя (см. кривые  $h=0.1$ ,  $h=0.5$  и  $h=2$ ). С ростом магнитного поля феррочастицы стремятся переориентироваться в направлении поля  $\psi(\zeta) \rightarrow \pi/2$ , а распределение директора близко к изначальному вплоть до  $h=2$ . Из-за малых значений  $\chi_a$  требуются достаточно большие магнитные поля, для переориентации молекулы ЖК в направлении поля. Так при  $h=5$  становится заметным отклонение директора ЖК в направлении поля, а вместе с этим происходит расширение пространственной области от верхней границы слоя к нижней, которая является энергетически выгодной для ориентации магнитных частиц. В больших полях ( $h=50$ ) молекулы ЖК ориентированы в направлении поля, за исключением узкой области вблизи нижней границы слоя, что вызывает обратную миграцию феррочастиц в сторону нижней границы слоя ФН.

### Библиографический список

1. Райхер Ю. Л и Бурьлов С. В, Индуцированная полем стратификация магнитной примеси в плоском слое ферронематика // Известия академии наук СССР, Серия физическая, 1987, том 51, № 6. С. 1098–1103
2. Бурьлов С. В., Райхер Ю. Л. Влияние магнитного поля на твист-текстуру ферронематика // Магнитная гидродинамика, 1988, № 1, С. 30–34.
3. Burylov S. V., Raikher Yu. L. Macroscopic properties of ferronematics caused by orientational interactions on the particle surfaces. II. Behavior of real ferronematics in external fields // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1995. Vol. 258. P. 123–141.

### ORIENTATION AND MAGNETIC STRUCTURE OF FERRONEMATICS IN MAGNETIC AND GRAVITATIONAL FIELDS

*Makurin Alexey V., Petrov Danil A.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, makurin-1997@mail.ru

Based on the continuum theory, the orientation and magnetic properties of ferronematic, i.e. a highly dispersed suspension of single-domain needle-shaped ferroparticles in a nematic liquid crystal were investigated. The following contributions to the free energy were taken into account: the Oseen-Frank potential, the interaction of the diamagnetic nematic with a magnetic field, the interaction of ferroparticles with the magnetic and gravitational fields, the coupling energy of the liquid crystal matrix with the surface of impurity particles and the contribution of the entropy of mixing of the ideal solution of suspension particles. For twist-cell of ferronematic two separation mechanisms were considered: the segregation of magnetic particles in the uniform magnetic field and their gravitational sedimentation. The orientation and concentration profiles of ferronematic were constructed depending on the applied external magnetic field. It was found that in small magnetic fields the impurity accumulates in the upper part of the layer, and in large fields in the lower one.

Keywords: ferronematic, magnetic particles, segregation effect, gravity, soft coupling.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННОЙ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ANSYS

*Мальцев Алексей Сергеевич, Максимов Петр Викторович*

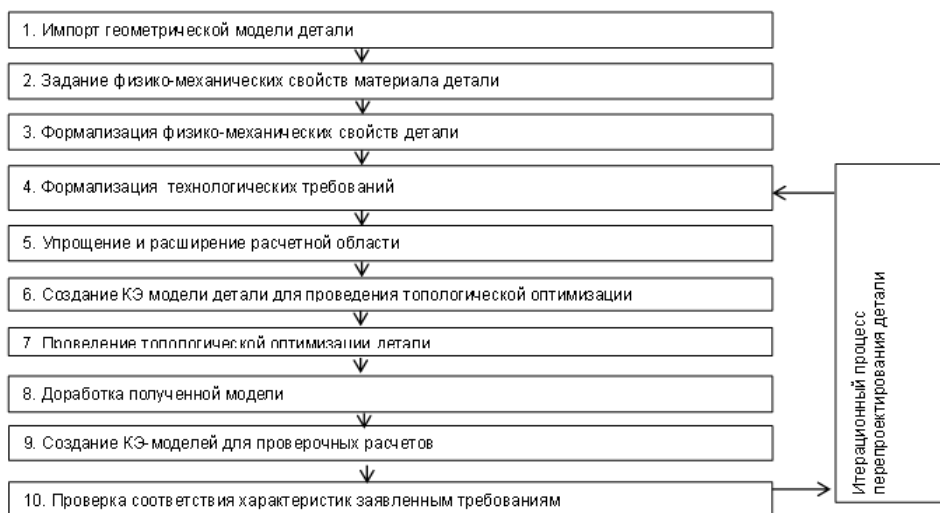
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, lekanys@mail.ru

В работе представлено поэтапное проектирование и расчет облегченной детали с помощью модуля топологической оптимизации в программном пакете ANSYS, где впоследствии проводился статический расчет полученной детали. В результате работы была получена облегченная деталь, которая удовлетворяла заданным ограничениям по напряжениям.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, проектирование облегченных деталей, ANSYS, SpaceClaim.

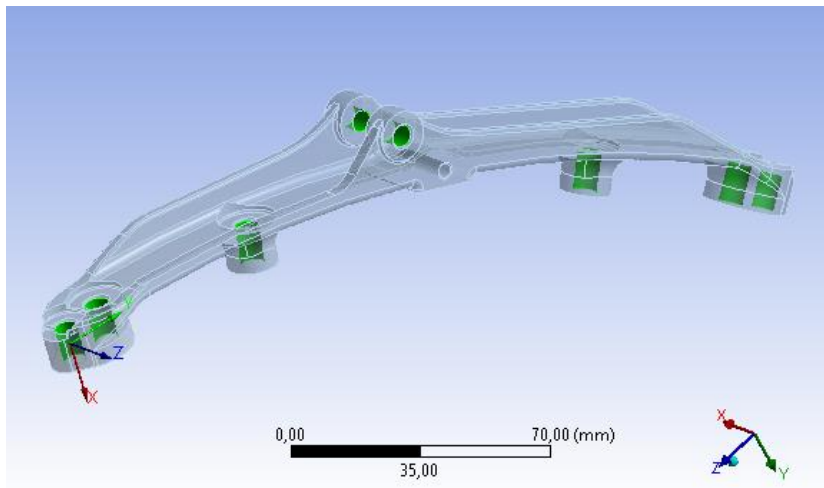
Современное развитие аддитивных технологий (3D-печать) дало большой толчок в изучение и применение топологической оптимизации для создания облегченных деталей, которые обширно используются авиационной и космической отраслях. Как видно из практики, применение данных технологий во многих случаях позволяет сохранить или значительно улучшить механические характеристики, при этом уменьшая затратность материала.

Для начала в нашей работе требуется определиться с расчетной областью, в которой можно добавить материал, который в последующих расчетах можно будет убрать. В последующий этап нужно показать и отметить места исключения из оптимизации, это требуется в тех случаях, когда есть какие-либо технические ограничения, например, места закрепления тела или приложения силы. Далее происходит настройка решателя, в который входят различного вида ограничения, например, ограничение объема или массы, так же можно поставить некоторые производственные ограничения, например, минимальный размер элемента, которое может создать наша установка. После проведения всех этапов получается STL геометрия, которая имеет неровности и обрывки материала, висящие в воздухе, чтобы все это исправить, нужно вручную построить новую деталь, но уже с учетом всех этих недочетов. Заключительным этапом является проверка прочностных характеристик итоговой детали. Проведение этапов проектирования облегченной детали можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1.



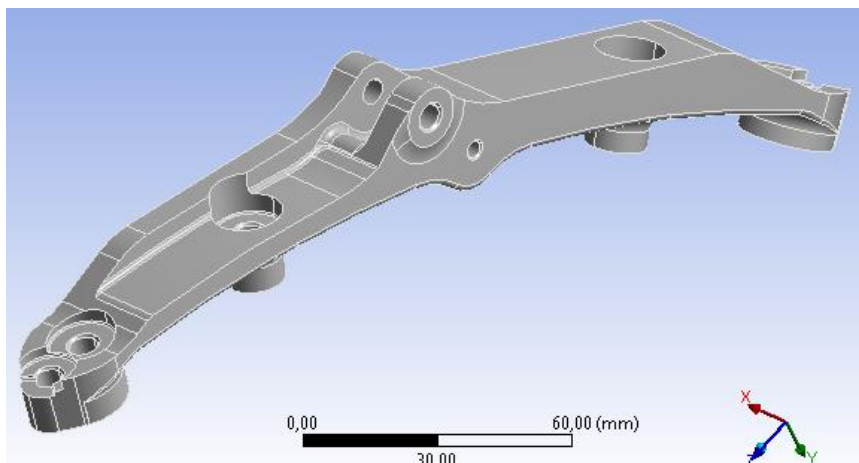
**Рисунок 1. Схема проектирования облегченной детали**

Рассмотрим применение топологической оптимизации для облегчения скобы полуколец с сохранением её механических свойств. В качестве задачи было поставлено задание снижение массы скобы не менее чем на 10% от первоначального веса детали и чтобы при этом весе напряжения по Мизесу не превышали 441.3 МПа при расчетной нагрузке. При проведении оптимизации иногда некоторые места нужно оставить без изменений, такими местами в задаче были места закрепления детали, изображенные на рисунке 2.



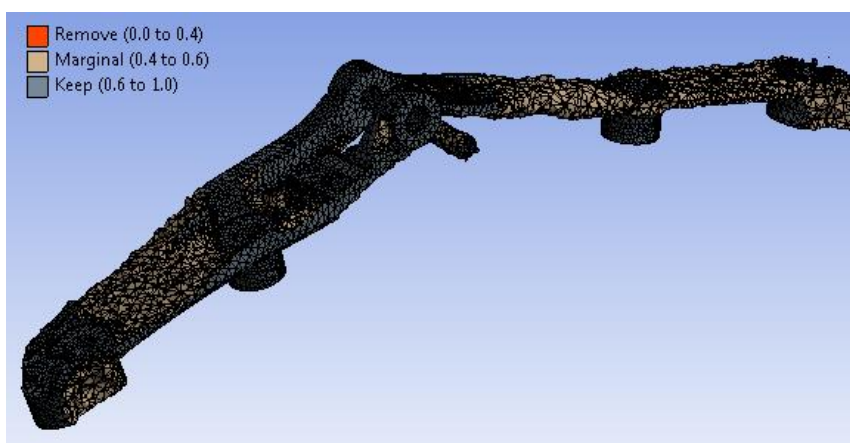
**Рисунок 2. Места закрепления и приложения сил в первоначальной детали**

Далее следует расширить расчетную область, так как оптимизация не может добавлять материал, она может только удалить лишний. Полученная деталь представлена на рисунке 3.



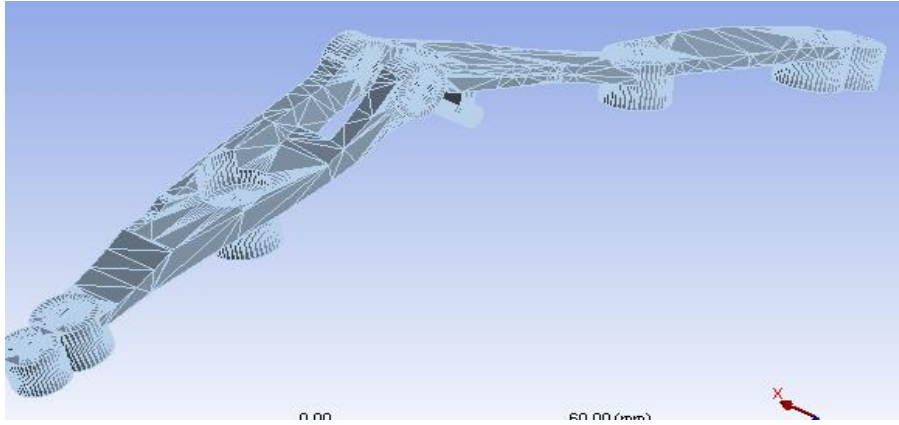
**Рисунок 3. Скоба с расширенной расчетной областью**

После получения такой детали можно запускать расчет топологической оптимизации, но перед этим задать необходимые ограничения по напряжениям, а также обозначить места, в которых не будет производиться удаление материала. Результат расчета приведён на рисунке 4.



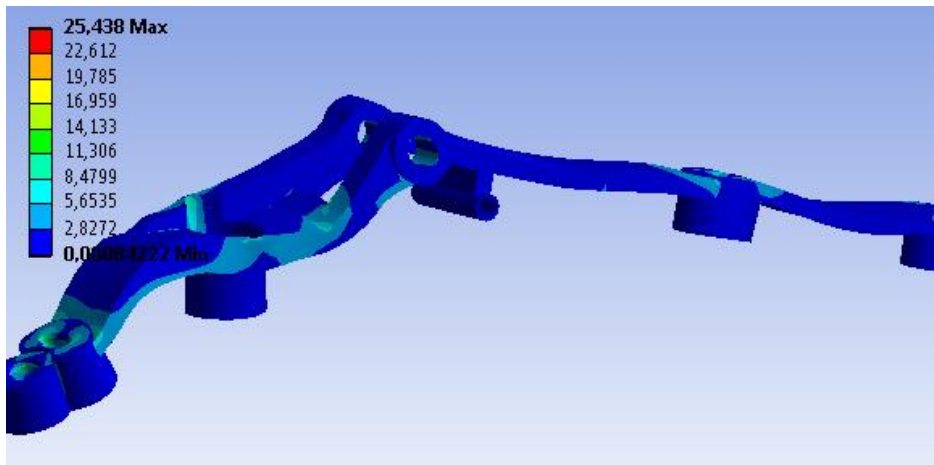
**Рисунок 4. Оптимизированная деталь**

Но такая деталь является очень грубой и шероховатой, поэтому с помощью САД-пакета SpaceClaim производится сглаживание геометрии, результат которого приведен на рисунке 5.



**Рисунок 5. Скоба после сглаживания и модернизации в пакете SpaceClaim**

Далее проведем верификационный прочностной расчет для оптимизированной детали и проверим, выполняется ли заданные ограничения.



**Рисунок 6. Напряжения по Мизесу**

По итогу работы можно сказать, что максимальное напряжение не превышает предельных, при этом масса до оптимизации была 0,33402 кг; а после оптимизации стала 0,22745 кг. Следовательно, требования по массе и напряжениям выполняются.

### **Библиографический список**

1. *Bendsøe M., Lund E., Olhoff N., Sigmund O.* Topology optimization – broadening the areas of application // *Control and Cybernetics*. -Vol.34. -№ 1. -2005. –p.7-35.
2. *Korff, T., L. M. Romer, I. Mayhew, and J. C. Martin.* Effect of Pedaling Technique on Mechanical Effectiveness and Efficiency in Cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 39, No. 6, pp. 991–995, 2007
3. *Фетисов К.В., Максимов П.В.* Проблемы использования топологической оптимизации при проектировании облегченных изделий аэрокосмической отрасли и возможные пути их решения // *Математическое моделирование в естественных науках*. 2017. Т. 1. С. 112–116.

### **DESIGNING A FACILITATE DETAIL THROUGH THE TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF ANSYS**

*Maltsev Aleksey S., Maksimov Petr V.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
lekany@mail.ru

The modern development of additive technologies (3D printing) has given a great impetus to the study and application of topological optimization to create lightweight parts that are widely used in the aviation and space industries. As can be seen from practice, the use of these technologies in many cases allows you to maintain or significantly improve the mechanical characteristics, while reducing the cost of material.

Keywords: topological optimization, lightweight parts design, ANSYS, SpaceClaim.



## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ РУБЕАНАТА КОБАЛЬТА (II) В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

*Мельник Екатерина Андреевна, Холмогорова Анастасия Сергеевна, Неудачина Людмила  
Константиновна*

Уральский федеральный университет, 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, еа -  
melnik@mail.ru

Данная работа посвящена исследованию условий процесса комплексообразования в системе кобальт (II) – рубеановодородная кислота – сульфенол методом спектрофотометрии. Определена длина волны максимального поглощения комплекса, которая составила 435 нм. Изучено влияние кислотности среды на реакцию комплексообразования, выявлен интервал значений pH, при котором происходит наиболее полное связывание ионов металла. Исследована кинетика образования рубеаната кобальта (II) при pH = 7,5. Установлено, что в исследуемой системе образуется комплекс, устойчивый в течение 25 часов. Используя методы изомолярных серий и молярных отношений получены графические зависимости; путем их математической обработки в пакете программ OriginLab 8 определено соотношение компонентов РВК : кобальт (II) в комплексе. Кроме того, на основании полученных данных рассчитаны значения константы устойчивости рубеаната кобальта (II).

Ключевые слова: рубеановодородная кислота, комплексообразование, рубеанат кобальта (II), метод изомолярных серий, метод молярных отношений, метод Комаря.

При закреплении групп рубеановодородной кислоты (РВК) на поверхности сорбента значительно расширяется круг сорбируемых элементов, что обусловлено свойством РВК образовывать внутрикомплексные соединения со многими ионами металлов. Данная группа сорбентов применяется для извлечения и определения ионов тяжелых и благородных металлов типа золота (III), серебра (I), палладия (II) и др. [1]. Также раствор РВК используется как реактив в спектрофотометрическом определении ионов металлов таких как медь, никель, железо и пр. поскольку установлено, что она способна образовывать с ними в растворах устойчивые полимерные комплексы [2]. Несмотря на большую изученность сорбционных материалов с РВК, практически нет данных о составе, строении, условиях образования, константах устойчивости и механизме комплексообразования рубеанатов металлов.

Целью нашей работы являлось определение условий комплексообразования в системе кобальт (II) – РВК – сульфенол, установление соотношения компонентов в комплексе и исследование кинетики образования внутрикомплексной соли.

Так как рубенаты металлов образуют в разбавленных растворах коллоидную систему [3], необходимо было стабилизировать её путем введения в раствор поверхностно-активного вещества (ПАВ). Ранее авторами [2] установлено, что при добавлении сульфенола, который не мешает образованию и определению рубенатов металлов, выпадение осадка предупреждается солюбилизацией. По этой причине в настоящей работе в качестве ПАВ использовали раствор сульфенола. Кроме того, в систему была введена универсальная буферная смесь (УБС), которая поддерживала кислотность среды на заданном уровне.

Для исключения перекрывания спектров поглощения индивидуальных веществ, составляющих систему, и самого комплекса, были сняты спектры растворов сульфенола, УБС, РВК и кобальта (II). Дополнительно для подтверждения отсутствия побочных реакций между компонентами смеси были сняты спектры систем: сульфенол – кобальт (II), УБС – кобальт (II), сульфенол – кобальт (II) – УБС, сульфенол – кобальт (II) – УБС – РВК. Путем сравнения полученных результатов установили, что на спектрах отсутствуют дополнительные пики, кроме поглощения РВК и рубената кобальта (II). Это указывает на то, что в анализируемом растворе побочные реакции не протекают. Наблюдается самостоятельное поглощение РВК в интервале 290–400 нм с максимумом при длине волны 305 нм; рубенат кобальта (II) поглощает в диапазоне 360–460 нм, поэтому для исключения явления перекрывания спектров растворов для исследований был выбран диапазон 400–460 нм. В указанном интервале выбрана длина волны 435 нм, которая соответствует максимальному светопоглощению рубената кобальта (II).

Проведено исследование по влиянию кислотности среды на процесс комплексообразования. Установлено, что рубенат кобальта (II) образуется во всем исследуемом диапазоне pH. На графике зависимости  $\Delta A = f(\text{pH})$  наблюдается максимум в интервале pH 7–8, что соответствует полному связыванию иона кобальта (II) в рубенат. Дальнейшие исследования проводили при значении кислотности среды 7,5.

Исследование кинетики реакции между РВК и ионом металла показало, что рубенат кобальта (II) образуется в течение 4 часов, он устойчив в течение 25 часов после смешения компонентов, а спустя 30 часов происходит постепенное уменьшение значений оптической плотности, что свидетельствует о разрушении коллоидной системы.

Для определения соотношения компонентов и константы устойчивости рубеаната кобальта (II) использовали метод изомолярных серий (метод Комаря) и метод молярных отношений. При построении графических зависимостей в координатах  $\Delta A=f(x)$  и  $\Delta A=f(C_R/C_M)$ , где  $x$  – мольная доля РВК в растворе, которая рассчитывается по формуле (1),  $C_R$  – концентрация РВК в растворе, моль/дм<sup>3</sup>;  $C_M$  – концентрация металла в растворе, моль/дм<sup>3</sup>, было определено соотношение РВК и кобальта (II), оно составило 3:2, соответственно.

$$x = \frac{C_R}{C_R + C_M} \quad (1)$$

В работе [3] при исследовании системы РВК – кобальт (II) – гуммиарабик получено такое же отношение. Данный результат натолкнул авторов на предположение, что в процессе комплексообразования происходит изменение валентного состояния кобальта из II в III вследствие окисления кобальта (II) кислородом, растворенным в воде. Для подтверждения данной гипотезы необходимы дополнительные исследования.

Метод Комаря [4] является основным методом определения точных значений констант равновесия фотометрических реакций. В настоящей работе для расчета константы устойчивости использовали формулу (2):

$$\beta_{MR_n} = \frac{(\Delta A_2^{n+1} \sqrt{\Delta A_1} - \Delta A_1^{n+1} \sqrt{\Delta A_2})^n \cdot (C_2^{n+1} \sqrt{\Delta A_1} - C_1^{n+1} \sqrt{\Delta A_2})}{(C_1 \Delta A_2 - C_2 \Delta A_1)^{n+1} \cdot n^n}, \quad (2)$$

где  $\Delta A_1$  и  $\Delta A_2$  – значение оптической плотности максимумов на двух изомолярных кривых;  $C_1$  и  $C_2$  – общие концентрации иона металла в растворе для двух изомолярных серий, моль/дм<sup>3</sup>;  $n$  – стехиометрическое соотношение, рассчитанное по уравнению (3):

$$n = \frac{x_{\max}}{1 - x_{\max}}, \quad (3)$$

где  $x_{\max}$  – значение мольной доли РВК в растворе в точке пересечения касательных.

Константу устойчивости по методу молярных отношений рассчитали по формуле (4):

$$\beta_{MR_n} = \frac{\left( \frac{\Delta A_{\text{эксп}}}{\Delta A_{\text{теор}}} \right) \times C_X}{\left[ C_M - \left( \frac{\Delta A_{\text{эксп}}}{\Delta A_{\text{теор}}} \right) \times C_X \right] \times \left[ C_R - \left( \frac{\Delta A_{\text{эксп}}}{\Delta A_{\text{теор}}} \right) \times C_X \right]} \quad (4)$$

где  $\Delta A_{\text{эксп}}$  – значение оптической плотности, полученное экспериментально;  $\Delta A_{\text{теор}}$  – теоретическое значение оптической плотности, полученное с помощью построения касательных;  $C_M$  – концентрация металла в растворе, моль/дм<sup>3</sup>;  $C_X$  – концентрация металла,

связанного в комплекс, моль/дм<sup>3</sup>, до точки пересечения касательных  $C_X=C_R/n$ , после точки пересечения  $C_X=C_R$ , при  $x=x_{\max}$ ,  $C_X=C_M=C_R/n$ ;  $C_R$  – концентрация РВК в растворе, моль/дм<sup>3</sup>,  $n$  – стехиометрическое соотношение, равное значению абсциссы точки пересечения касательных.

По методу изомолярных серий значение константы устойчивости составило  $5,50 \cdot 10^7$ , по методу молярных отношений –  $3,67 \cdot 10^5$ . Полученные значения сравнили с литературными данными: в работе [5] изучена система кобальт (II) – РВК – тиокарбамид при pH = 7, в которой обнаружено появление разнолигандного комплекса; соотношение компонентов составило 1 : 2 : 4, соответственно, кобальт (II) : РВК : тиокарбамид; константа устойчивости данного соединения равна  $6,82 \cdot 10^{14}$ . В работе [6] получен комплекс рубеаната кобальта (III), соотношение РВК и кобальта (III) составило 1 : 3, константа устойчивости в среде уксусной и хлорной кислот (0,6 моль/дм<sup>3</sup>) равна  $4,57 \cdot 10^9$ . Из всего вышесказанного можно сделать предположение, что на состав комплексной соли может влиять природа введенного в систему стабилизатора, а также кислотность среды, приводящая к изменению дентантности РВК.

#### Библиографический список

1. Холмогорова А. С., Неудачина Л.К., Пузырев И.С и др. Обменная емкость ионитов на основе полисилоксанов, модифицированных дитиооксамидными группами, по отношению к серебру (I), платине (IV) и палладию (II) // Журнал физической химии. – 2018. – Т. 92, № 11. – С. 1779–1785.
2. Альбота Л. А., Сердюк Л. С., Заверач М. М. Фотометрическое определение меди и никеля в сталях // Журнал аналитической химии. – 1974. – Т. 29, № 3. – С. 590–591.
3. Тананаев И. В., Шатира Л.М. Физико-химический анализ системы хлористый кобальт – рубеановодородная кислота – вода // Журнал неорганической химии. – 1957. – Т. 2, № 6. – С. 1424–1427.
4. Комарь Н. П. Спектрофотометрия как метод анализа многокомпонентных смесей. // Журнал аналитической химии. – 1950. – Т.5, № 3. – С 139–144.
5. Глинина А.Г., Тулешкалиева А.К., Глинина Е.Г. Исследование комплексообразования ионов кобальта в водном растворе // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: естественные науки. – 2009. – № 4. – С. 16–17.
6. Antolini, L. Apparent formation constants of dithiooxamide and substituted dithiooxamide complexes of cobalt (II, III), nickel (II) and copper (II) in strongly acidic media // Analytica Chimica Acta. – 1976. – V. 83. – P. 337–342.

## STUDY OF THE CONDITIONS OF COMPLEXING DITHIOOXAMIDE COMPLEX OF COBALT (II) IN AQUEOUS SOLUTIONS

*Melnik Ekaterina A., Kholmogorova Anastasia S., Neydachina Lyudmila K.*

Ural Federal University, 19, Mira st. Ekaterinburg, 620002, Russia, ea-melnik@mail.ru

This work is devoted to the study of the complexing in the system cobalt (II) – dithiooxamide – alkylbenzene sulfonates using spectrophotometry. The wavelength of maximum absorption of the complex was determined, which amounted to 435 nm. The effect of the acidity of the medium on the complexation was studied, the range of pH values at which the most complete binding of metal ions determined. The kinetics dithiooxamide complex of cobalt (II) formation was studied at pH = 7.5. It was established that in the studied system a complex forms that is stable for 25 hours. Graphic dependencies were obtained using the methods of isomolar series and molar relations. The ratio of the components of dithiooxamide : cobalt (II) in the complex is determined by their mathematical processing in the software package of the OriginLab 8. In addition the values of the stability constant of dithiooxamide complex of cobalt (II) were calculated, on the basis of the obtained data,

Keywords: dithiooxamide, complexing, isomolar series, molar ratios, spectrophotometry

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ

*Мехоношин Виталий Константинович, Шуваев Николай Васильевич*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, fortress-europe@ya.ru

Обеспечение безопасности полетов является важнейшей задачей, которая решается в процессе проектирования авиационного двигателя и самолета. При определенной комбинации условий, совпадении собственных частот колебания воздушного объема и твердого тела, резонансные процессы в проточной части газотурбинного двигателя могут приводить к серьезным поломкам. В настоящее время не существует достаточно подробных математических моделей для прогнозирования акустического резонанса в проточной части газотурбинного двигателя. Анализ полученных результатов может послужить улучшению понимания основных механизмов возникновения акустических резонансов, что даст возможность учесть их при разработке новых двигателей и доработке существующих. Изготовлена экспериментальная установка по определению резонансных частот замкнутой прямоугольной полости. Зафиксированы акустические резонансные частоты в полости, соответствующие характерным линейным размерам установки. Проведено сравнение аналитических и экспериментальных результатов.

Ключевые слова: акустика, резонанс, газотурбинный двигатель

Актуальность данной работы заключается в том, что прогнозирование резонансных явлений в проточной части газотурбинного двигателя позволяет избежать повышенных пульсаций давления в проточной части и повышенных напряжений в деталях. В настоящей работе исследуется эксперимент по определению резонансных частот замкнутой полости. При проведении расчетов используется монополюсный источник акустических колебаний в виде пульсирующей сферы, расположенной в центре замкнутой полости [1]. На практике воссоздать такой источник проблематично, поэтому он заменяется трубкой, один конец которой прикрепляется к динамику, а второй – открытый конец располагается внутри замкнутой полости.

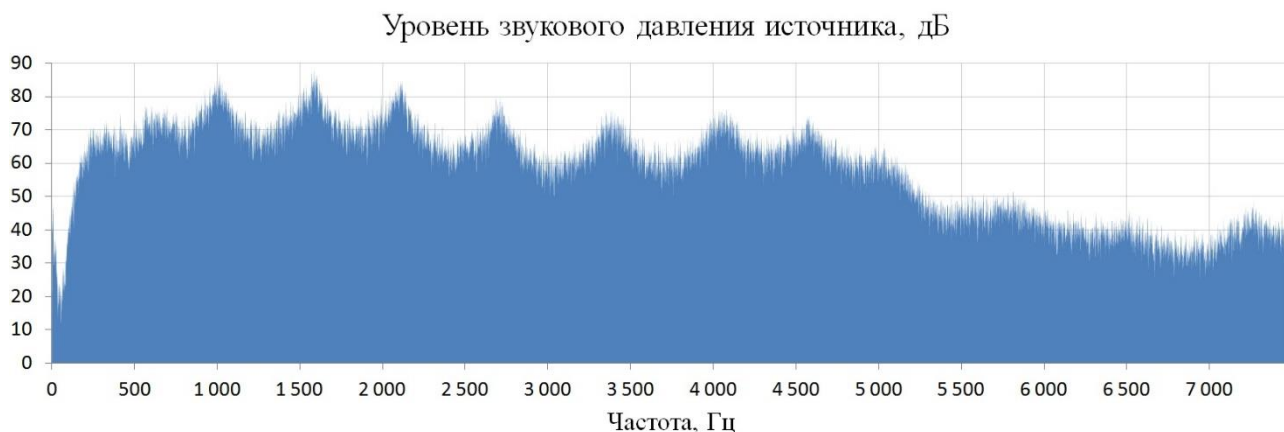
В работе Роны [2] подробно рассматриваются собственные частоты прямоугольной и цилиндрической полости. Колебания давления в камере сгорания рассматриваются в работе [3].

В качестве объекта исследования рассматривается замкнутая полость в форме прямоугольного параллелепипеда размером 25x15x15 сантиметров. Форма полости выбрана с целью простоты, поскольку для нее возможно аналитически оценить резонансные частоты. Для моделирования полости создается короб из фанеры толщиной 0.8 сантиметра. Высверливаются восемь отверстий для микрофона и одно для трубки. Недействующие во время эксперимента отверстия для микрофона закрываются резиновыми заглушками. Источником звуковых колебаний является высокочастотный динамик, на который накручивается стальная трубка длиной 22 см, толщиной стенки 0.25 см и радиусом 0.135 см. Сигнал генерируется, записывается и передается на компьютер с помощью анализатора спектра ZET 018-U8. Запись осуществляется с помощью микрофона МРА-201, подключенного к анализатору. Экспериментальная установка изображена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Экспериментальная установка**

Генерируется сигнал «полосовой шум», который имеет равномерный спектр в задаваемом диапазоне частот 100-5000 Гц. Диапазон частот выбран из условия поиска резонансов конструкции газотурбинного двигателя: частоты порядка 100-200 Гц – рабочие лопасти вентилятора, 3000-5000 Гц – первые рабочие лопасти КВД. Спектр выходящего из трубки сигнала изображен на рисунке 2.



**Рисунок 2. Спектр выходящего из трубки сигнала**

На рисунке 2. видны пики на частотах 1011, 1582, 2117, 2710, 3350, 4077, 4576 Гц, которые получаются из-за трубки, прикрепленной к динамику. Уровень звукового давления источника был измерен в заглушенной камере «ПГНИУ».

Эксперимент проводится для трех положений трубки и звуковое давление измеряется в трех контрольных точках. Резонансные частоты замкнутой полости в виде параллелепипеда могут быть найдены по формуле [4]:

$$f_{рез} = \frac{w}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{a}\right)^2 + \left(\frac{m}{b}\right)^2 + \left(\frac{n}{c}\right)^2},$$

где  $w$  – скорость звука,  $a, b, c$  – линейные размеры замкнутого объема,  $l, m, n$  – номера мод колебаний). В работе проводится сравнение аналитических и экспериментальных резонансных частот. Результаты представлены в таблице, располагающейся в конце статьи.

В результате работы показано, что резонансные частоты замкнутого объема могут быть определены экспериментально с помощью установки, описанной в настоящей статье. Найденные значения резонансных частот отличаются от аналитических значений не более чем на 3.31 %. Отличие связано с наличием трубки и микрофона внутри короба во время проведения эксперимента. Присутствие пиков на спектре выходящего из трубки сигнала, связано с наличием стоячей волны в трубке [5]. Наблюдаемые пики являются допустимыми и не оказывает существенного влияния на определение резонансных частот замкнутой полости.



Таблица. Зависимость резонансных частот от положения трубки

$l$	$m$	$n$	$f_{рез.аналит.}$	1 положение		2 положение		3 положение	
				$f_{рез.эксп}$	отличие	$f_{рез.эксп}$	отличие	$f_{рез.эксп}$	отличие
0	1	0	690	-	-	680	1.47%	674	2.37%
1	0	0	1150	1158	0.69%	1154	0.35%	1146	0.35%
1	1	0	1341	1387	3.31%	-	-	-	-
0	2	0	1380	1387	0.50%	1393	0.93%	1397	1.22%
1	0	1	1626	-	-	1623	0.21%	1628	0.10%
1	2	0	1796	1817	1.14%	1808	0.64%	1804	0.42%
2	0	0	2300	2314	0.61%	2304	0.17%	2302	0.09%
1	3	0	2368	2314	2.33%	2336	1.37%	-	-
2	2	0	2682	2683	0.03%	2673	0.35%	2681	0.05%
3	0	0	3450	3430	0.58%	3472	0.63%	3466	0.46%
3	1	0	3518	3495	0.67%	-	-	-	-
3	0	2	4146	4103	1.06%	4106	0.98%	4128	0.45%
1	3	3	4184	4195	0.25%	4181	0.08%	4185	0.01%
3	1	2	4203	4195	0.20%	4181	0.54%	4185	0.44%
3	3	2	4634	4612	0.49%	4624	0.22%	4618	0.35%

#### Библиографический список

1. Колегов Р.Н., Синер А.А., Большагин Н.Н., Шуваев Н.В. Численное определение акустических резонансных характеристик замкнутых полостей на примере расчета прямоугольной воздушной полости. В кн.: тез. докл. V всеросс. конф., Москва, 25-29 сент. 2017, С. 229.
2. Rona A. The acoustic resonance of rectangular and cylindrical cavities // Journal of Algorithms and Computational Technology, Vol. 1, №3, Vol. 1, №3, pp. 329-356, <https://doi.org/10.1260/174830107782424110>.
3. Hubbard S., Dowling A.P., Acoustic Resonances of an Industrial Gas Turbine Combustion System // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power Vol. 123, №4, 2001, pp. 766-773, DOI: 10.1115/1.1370975.
4. Heinrich K. Acoustics: An introduction/ Heinrich K. – L.: Taylor&Francis, 2007, pp. 169-173.
5. Мехоношин В.К., Шуваев Н.В. Численное моделирование распространения звуковых волн, выходящих из трубки малого сечения в бесконечное пространство // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика, № 4(43), 2018, с. 27-31, DOI: 10.17072/1993-0550-2018-4-27-31

## **EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RESONANT FREQUENCY OF CLOSED CAVITY**

*Mekhonoshin Vitaliy K., Shuvaev Nikolay V.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, fortress-europe@ya.ru

Ensuring flight safety is the most important task, which is solved in the process of designing an aircraft engine and aircraft. Under a certain combination of conditions, the coincidence of the natural frequencies of the oscillations of the air volume and the solid body, the resonance processes in the flow part of the gas turbine engine can lead to serious breakdowns. Currently, there are no sufficiently detailed mathematical models to predict the acoustic resonance in the flow of the gas turbine engine. The analysis of the obtained results can serve to improve the understanding of the main mechanisms of acoustic resonances, which will make it possible to take them into account in the development of new engines and refinement of existing ones. An experimental setup to determine the resonance frequencies of a closed rectangular cavity was made. The acoustic resonance frequencies in the cavity corresponding to the characteristic linear dimensions of the installation are fixed. Analytical and experimental results are compared.

Keywords: acoustics, resonance, gas turbine engine

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОМОЩНИКОВ-ИНФОРМАНТОВ О РИСКАХ ЗДОРОВЬЮ ПО ДАННЫМ МЕДИЦИНСКИХ АНАЛИЗОВ

*Минин Андрей Сергеевич, Чуприна Светлана Игоревна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, mandrey0501@gmail.com

В статье описывается концепция разработки интеллектуальных помощников, функционирующих на принципах дополненной реальности (*англ.*, Augmented Reality, AR), с целью выдачи контекстной информации о рисках здоровью человека в случае, если показатели, содержащихся в бланках анализов, выходят за границы референтных значений. Предлагается архитектура интеллектуальных помощников-информантов. В качестве системы хранения знаний используются онтологии в привязке к международному классификатору болезней (МКБ), представленному также в виде онтологии. Применение онтологий для управления работой интеллектуального помощника позволяет адаптировать встраиваемый в изображение дополнительный контент с учетом специфики предметной области, в нашем случае, структуры бланка конкретной медицинской лаборатории и специфики конкретного медицинского показателя. Для извлечения данных используется технология OCR (*англ.*, Optical Character Recognition). Благодаря применению AR пользователю для получения дополнительного контента достаточно привести камеру мобильного устройства на конкретный бланк с результатами медицинских анализов.

Ключевые слова: дополненная реальность, интеллектуальный помощник, мобильное устройство, онтология.

### **Введение**

В данной статье описывается концепция интеллектуального помощника (*англ.*, intelligent assistant), предназначенного для людей, не обладающих специальными знаниями в медицинской сфере, с целью определения необходимости срочного обращения к врачу по результатам медицинских анализов. Под интеллектуальным помощником подразумевается программное средство, которое адаптируется под потребности пользователя и решает какую-либо узконаправленную задачу для отдельного человека. Предлагается подход с использованием методов и средств AR и онтологического инжиниринга [1].

AR – это технология, дополняющая в реальном времени физический мир цифровыми данными, представляющими виртуальные 2D- и 3D-объекты, позволяя совмещать реальный и виртуальный миры посредством таких устройств как смартфоны и планшеты [2]. В нашем проекте человек после наведения камеры мобильного устройства на бланк с результатами медицинских анализов получает дополнительную информацию о рисках здоровью в связи с

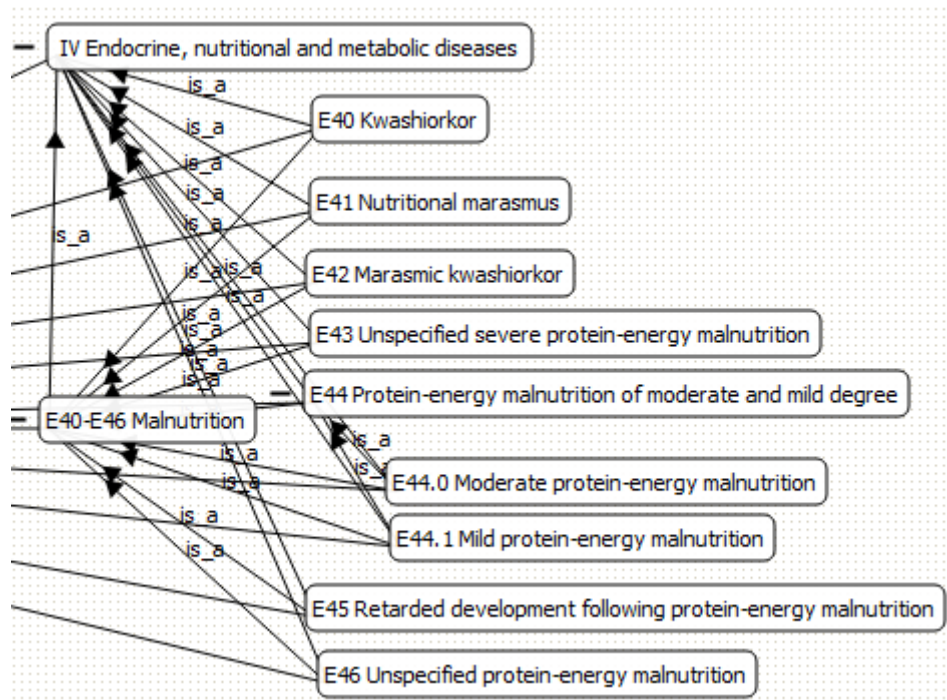
нарушением допустимых норм соответствующих показателей (если таковые имеются), либо справочную информацию о выделенном на экране мобильного устройства при помощи swipe-жеста показателе. Интеллектуальный помощник при помощи OCR распознает соответствующие данные и подгружает из своей базы знаний нужный контент с информацией поясняющего характера для визуализации поверх изображения реального бланка анализа. В связи с распространённостью мобильных устройств, обеспечивающих аппаратную поддержку технологии дополненной реальности, а также большим количеством людей, обращающихся в медицинские лаборатории, разработка интеллектуальных помощников для решения поставленной задачи является актуальной задачей.

### **Концепция предлагаемого подхода**

Печатные бланки разных медицинских лабораторий могут иметь различную структуру, причем некоторая часть или даже большая часть данных может быть представлена не в табличной форме. Даже в случае табличного представления данных следует учитывать, что значения одних и тех же показателей (например, эритроциты, лейкоциты) могут храниться в полях, имеющих в бланках разных лабораторий различное наименование, что создает дополнительную сложность при автоматическом извлечении необходимой информации.

Для адаптации интеллектуального помощника к специфике визуализируемого контента и разнообразию представления бланков мы предлагаем подход на базе методов и средств онтологического инжиниринга [1]. В отличие от технологии мгновенных переводчиков Word Lens, которые также реализованы на принципах AR, но не требуют настройки на структуру печатных документов, для унифицированного решения поставленной нами задачи на принципах адаптации к структуре и контенту бланков различных организаций мы разработали онтологическую базу знаний и онтологически управляемое программное обеспечение. Для создания онтологий используется ОНТОЛИС 2.0. – адаптируемый визуальный редактор онтологий, разработанный сотрудниками кафедры математического обеспечения вычислительных систем ПГНИУ [3].

Для систематизации медицинских знаний о рисках заболеваний необходимо иметь доступ к соответствующим русскоязычным базам данных и знаний. Однако в настоящее время в открытом доступе таких информационных ресурсов нет, поэтому нами были разработаны парсеры, которые автоматически строят необходимые базы на основе достоверных интернет-источников (МКБ-10, официальные сайты медицинских лабораторий) [4]. Пример фрагмента сгенерированной онтологии для раздела заболеваний «IV Endocrine, nutritional and metabolic diseases» приведен на рисунке 1.

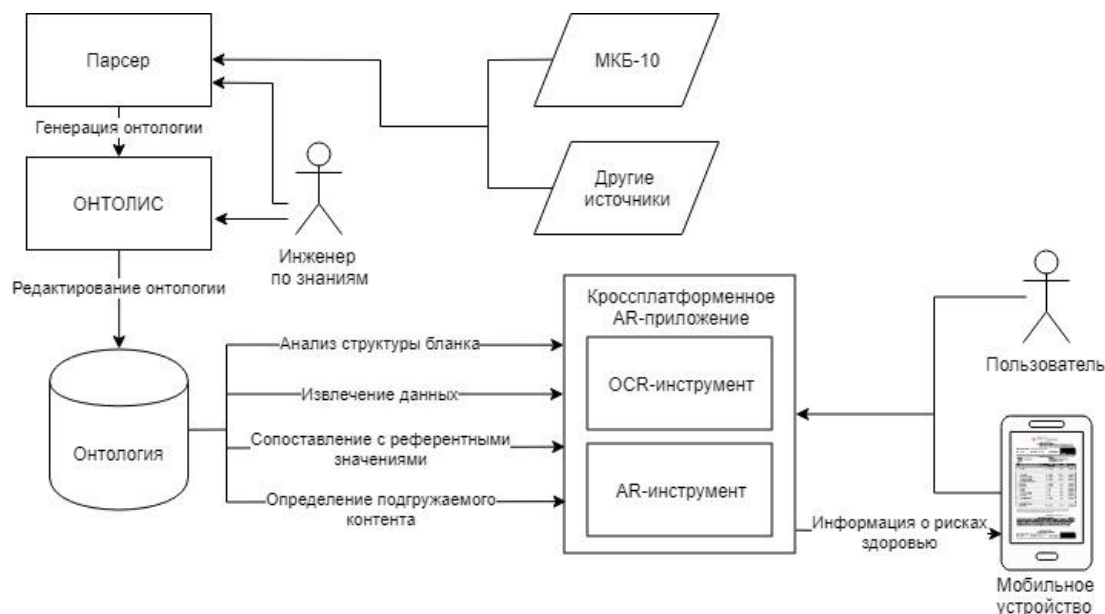


**Рисунок 1. Фрагмент онтологии МКБ «IV Endocrine, nutritional and metabolic diseases»**

Вывод о наличии того или иного риска здоровью делается на основе сопоставления извлеченных из изображения бланка с анализами текущих значений показателей с их референтными значениями. Для автоматической идентификации медицинской лаборатории (учитывается логотип организации), для поиска маркеров показателей, значения которых вышли за пределы норм, а также для наложения дополнительного контента на изображение бланка анализа применяются методы и средства дополненной реальности. Принадлежность бланка определенной организации устанавливается путем распознавания эталонных изображений-логотипов. Загрузка и встраивание дополнительного контента в нужное место изображения на экране осуществляется только в момент наведения камеры мобильного устройства на бланк с результатами анализа. Такой подход способствует дополнительной защите персональных данных пользователя.

В обобщенном виде архитектура интеллектуального помощника представлена на рисунке 2. Демо-прототип интеллектуального помощника разработан как кроссплатформенное мобильное приложение, функционирующее в режиме офлайн, поэтому устанавливать СУБД на мобильном устройстве клиента не требуется. Пользователь взаимодействует с интеллектуальным помощником через графический интерфейс. После наведения камеры мобильного устройства на бланк анализа происходит захват видеопотока с целью последующего OCR-распознавания данных. После распознавания и извлечения необходимых данных выполняется сопоставление показателей с соответствующими

референтными значениями и определение на основе знаний из онтологии дополнительного контента для встраивания в изображение на экране мобильного устройства на принципах AR.



**Рисунок 2. Архитектура интеллектуального помощника-информанта**

Для разработки демонстрационного прототипа использовались следующие программные платформы: Unity (среда для разработки кроссплатформенных приложений); Vuforia (инструментарий для разработчика приложений AR: в нашем проекте используется для распознавания логотипа медицинской организации, маркера выходящих за нормы значений, например, восклицательного знака, и др.); Tesseract (библиотека компьютерного зрения для извлечения текстовой информации из изображения, например, значений показателей, референтных значений). Тестирование разработанного приложения на бланках различных организаций подтвердило пригодность использованных методов и средств для качественной автоматической идентификации бланка по логотипу организаций.

Использование онтологий в структуре интеллектуального помощника позволяет сделать информационную систему адаптируемой к структуре бланков различных организаций без необходимости внесения изменений в исходный код. Для использования приложения с другими типами бланков, достаточно поменять или расширить саму онтологию. В перспективе для повышения интеллектуального уровня помощника-информанта планируется подключение к проекту практикующих врачей и создание действующего прототипа с адаптацией к более узким предметным областям, например, в области эндокринологии.

### Библиографический список

1. *Гаврилова Т.А.* Инженерия знаний. Модели и методы: учебник / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – СПб: Лань, 2016. – 324 с.
2. *Azuma R. T.* A survey of augmented reality // *Teleoperators and Virtual Environments.* – 1997. – Vol. 6, No. 4. P. 355-385.
3. *Чуприна С.И., Зиненко Д.В.* ОНТОЛИС: адаптируемый визуальный редактор онтологий // *Вестник пермского университета.* – 2013. – № 3. – С. 106-110.
4. *Галиева Ю.А., Чуприна С.И.* Автоматизированное извлечение знаний из табличных данных в задачах медицинской диагностики // *Математика и междисциплинарные исследования: Сборник докладов конференции – Пермь.* – 2018. – С. 244-248.

### INTELLIGENT ASSISTANTS' DEVELOPMENT TO AUGMENT VISUAL CONTENT WITH HEALTH RISK ASSESSMENT INFORMATION

*Andrey Minin S., Svetlana Chuprina I.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, mandrey0501@gmail.com

**Abstract.** The article presents how to develop intelligent assistants, which help a person getting the augmented content to describe health risk assessment information in the case if medical test results are out of the norm of reference values. A conception of suggested approach uses ontology engineering methods and augmented reality (AR) techniques. The architecture of the intelligent assistant based on suggested approach is considered. Ontology-driving solution makes it possible to adapt the augmented content to the specifics of application domain without source code modification.

**Keywords:** augmented reality, intelligent assistant, mobile device, ontology.

## **КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К ОБРАБОТКЕ АРХИВОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ**

*Мироненко Анастасия Олеговна, Чуприна Светлана Игоревна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, miss.mironenko@bk.ru

В статье представлена концепция подхода к автоматизации построения реляционных баз данных (БД) на основе автоматического извлечения данных и знаний из текстовых документов с использованием методов и средств онтологического инжиниринга и Table Mining. Концепция изложена на примере создания БД на основе текстов приказов о закреплении аудиторий в Пермском государственном национальном исследовательском университете. Исследуется возможность применения методов и средств онтологического инжиниринга для реализации унифицированного подхода к извлечению данных и знаний из распознанных текстов печатных документов, не имеющих четкой структуры, но составленных на основе некоторых общих принципов. Разработанный демо-прототип приложения доказывает жизнеспособность предложенного подхода для решения задач, связанных с автоматическим заполнением БД сведениями о документах и организацией запросов на естественном языке к электронным хранилищам таких документов.

Ключевые слова: Table Mining, базы данных, автоматизация ETL-процессов, онтологический инжиниринг, обработка текстов на естественном языке, регулярные выражения, семантический поиск.

### **Введение**

Общепризнано, что время является одним из самых ценных ресурсов в деятельности любого предприятия, поэтому необходимо сокращать временные затраты при выполнении любых операций, в том числе и рутинных, например, операций с документами. На многих предприятиях автоматизированная обработка архивов документов затруднена ввиду того, что либо не все печатные документы хранятся в электронном виде, либо эти документы оцифрованы не полностью (например, отсутствуют в электронном виде приложения к документам), либо имеющихся в электронном виде данных недостаточно для организации семантического поиска нужных документов. Поэтому актуальна задача извлечения данных и знаний из печатных текстовых документов, хранящихся в архивах предприятий, для автоматического пополнения реляционных баз данных (посредством автоматизации ETL-



процессов: от англ., Extract, Transform, Load, т.е. «извлечение, преобразование, загрузка») и организации семантического поиска.

Применение современных технологий позволяет простым наведением камеры мобильного устройства на бумажный документ, например, содержащий текст некоторого приказа, получить и сохранить в памяти устройства электронную копию этого документа. Однако для задач семантического поиска и обработки данных этого недостаточно. Для того чтобы у пользователя появилась возможность получать интересующую его информацию о содержании конкретных документов путем простого задания вопросов на естественном языке, требуется автоматическое извлечение из документов необходимых данных и знаний с их последующим сохранением в некотором электронном хранилище, что является весьма актуальной задачей для современной цифровой экономики. Но для качественного решения, казалось бы, такой простой с точки зрения пользователя задачи, необходимо интегрировать сразу несколько информационных технологий.

Для решения указанной задачи нами предлагается интегрировать методы дополненной реальности, Text Mining, Table Mining и онтологического инжиниринга. В данной работе основное внимание уделено описанию концепции применения для описанных выше целей методов извлечения данных и знаний из представленных в текстовом виде таблиц (Table Mining) с использованием средств онтологического инжиниринга. Онтологии применяются как для управления процессом автоматического извлечения знаний и данных из текстовых документов, так и для организации семантического поиска. Предлагаемый подход демонстрируется на примере решения задачи извлечения данных и знаний из текстов приказов по университету. Так как при составлении текстов приказов придерживаются определенных правил и норм, то эти правила и легли в основу расширяемой онтологической базы знаний системы. Несмотря на то, что тексты печатных приказов не имеют табличного представления, мы на практике доказали возможность унифицированного представления данных и знаний из приказов в виде таблиц методами и средствами Table Mining.

### **Концепция предлагаемого подхода**

В основе предлагаемого подхода лежит использование репозитория онтологий для целей извлечения данных и знаний из текстов документов (приказов), а также для управления процессом автоматической обработки текстовых документов и для ответов на вопросы по их содержанию. Место онтологий в нашем проекте представлено на рисунке 1. На данном этапе работы над проектом на вход системы подается электронная версия документа, но в дальнейшей перспективе планируется автоматическое распознавание

печатных текстовых документов с использованием технологии оптического распознавания (OCR).

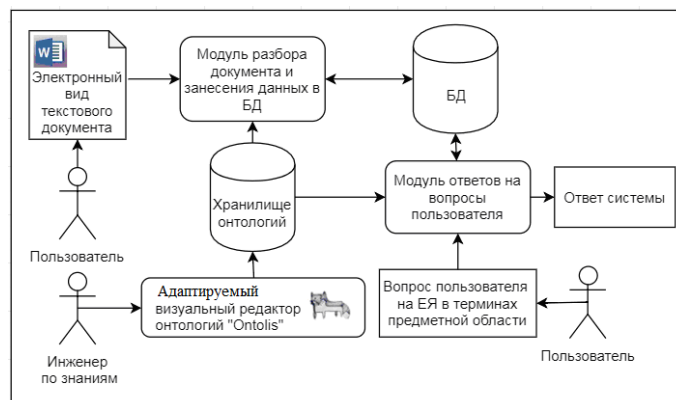


Рисунок 1. Архитектура интеллектуальной информационной системы

Управляемое онтологиями (англ., ontology-driven) решение предполагает первоначальное создание и отладку самих онтологий. В нашем случае это прикладная онтология, описывающая структуру и смысловое содержание приказов о закреплении аудиторий за соответствующими подразделениями университета. Данная онтология описывает как общие знания о структуре любого приказа (шапка, тема, подписанты и т.п.), так и специфические предметные знания о смысле приказов, связанных с закреплением аудиторий. Разработанное нами программное обеспечение выполняет обход графа онтологии, автоматически интерпретируя содержание вершин онтологии с учетом их взаимосвязей (дуг) и определяя, какие из хранящихся в онтологии шаблонов и регулярных выражений, когда и к какому фрагменту текста применить для того чтобы извлечь нужные данные и поместить их в соответствующие поля таблиц БД. На рисунке 2 представлен фрагмент онтологии, описывающий шапку приказа. Онтология создана в среде адаптируемого визуального редактора онтологий ОНТОЛИС, разработанного сотрудниками каф. математического обеспечения вычислительных систем ПГНИУ [1].

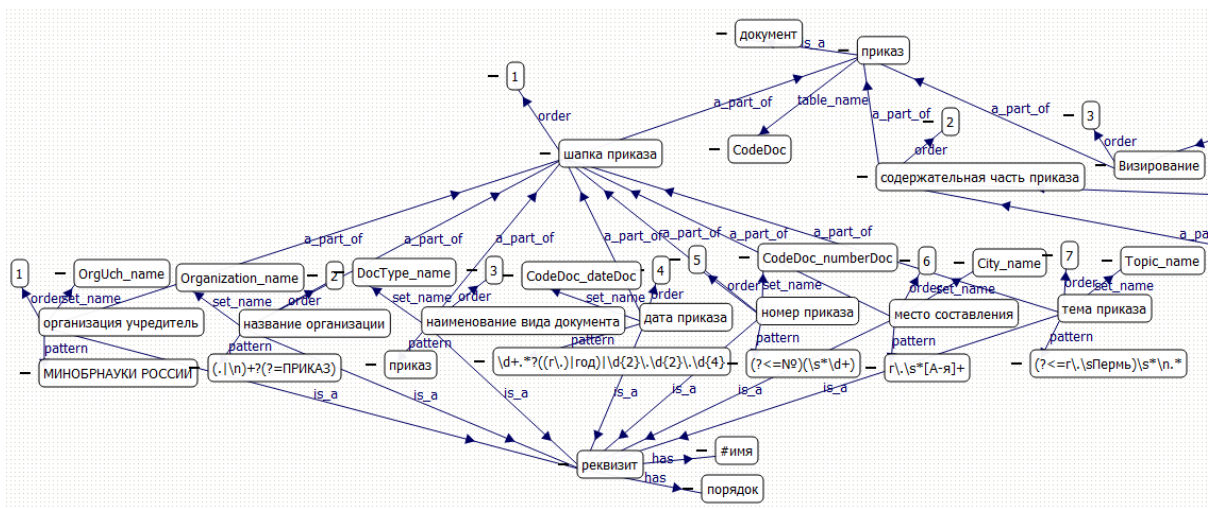


Рисунок 2. Фрагмент прикладной онтологии «Шапка приказа»

Граф прикладной онтологии упорядочен в соответствии со значениями вершин, доступных по дуге «order». Это позволяет интерпретатору автоматически выполнять обход онтологии и обработку соответствующих фрагментов текста приказа в нужном порядке. В том случае, когда у текущей вершины имеется исходящая дуга с именем «pattern», происходит применение соответствующего регулярного выражения к текущему фрагменту текста электронного документа (приказа). При наличии у текущей вершины исходящей дуги с именем «set\_name», происходит занесение в БД значения соответствующей вершины (понятия). Информация о том, в какую таблицу и поле БД заносить данное значение хранится в вершине, для которой данная дуга является входящей. Например, из онтологии, представленной на рис. 2, видно, что номер приказа, извлеченный при помощи паттерна «(?<=№)(\\s\*\\d+)», будет сохранен в поле numberDoc таблицы CodeDoc. Фактически разработанная нами прикладная онтология позволяет унифицированным образом обрабатывать текст приказа, как будто он имеет структуру ненормализованной таблицы, представленной в символьном виде, что соответствует концепциям Table Mining. Явное описание, в поля каких таблиц нормализованной реляционной БД заносить извлеченные из текста значения, позволяет автоматизировать процесс заполнения БД.

Предметное содержание приказа изложено в его констатирующей и распорядительной частях. В распорядительной части содержатся подпункты приказа, необходимые для выполнения исполнителем. Для того чтобы система могла отвечать на вопросы о содержании пунктов приказа (в тексте приказов они обычно сформулированы в виде краткой инструкции), мы храним онтологическое описание соответствующих действий в виде так называемых падежных рамок Ч. Филлмора [2]. На Рисунок представлен фрагмент такой онтологии, описывающий содержание следующего подпункта приказа: «Передать комнату

№239 кафедре математического обеспечения вычислительных систем механико-математического факультета».

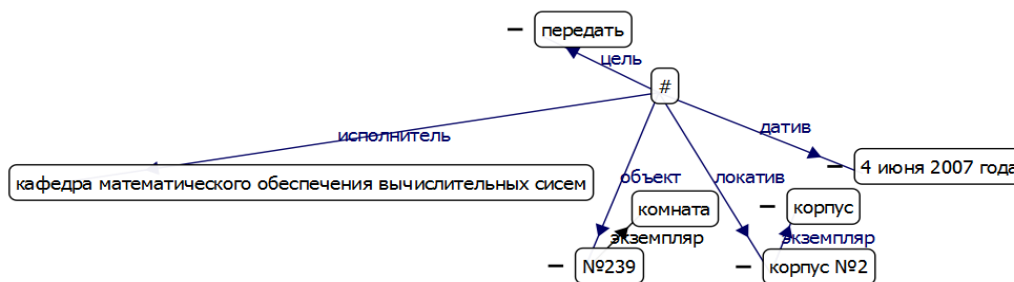


Рисунок 3. Пример падежной рамки Ч.Филлмора

Для дальнейшей унификации подхода с целью обобщения предлагаемого решения на другие типы приказов и другие типы документов вводится поддержка концепции ролей [3]. С помощью задания ролей строится так называемый корень таблицы. Например, если в онтологии описана роль «исполнитель», то в БД существует таблица «recipient», в которой хранятся знания о том, кто может выступать в роли исполнителя (подразделения какого уровня или сотрудники в какой должности). В настоящее время разработано приложение, демонстрирующее жизнеспособность предложенного подхода и широкие возможности по его адаптации к специфике различных типов приказов. Разработана также онтология различных типов запросов в соответствии с концепцией падежных рамок и ролей, которая легла в основу создания подсистемы семантического поиска.

Перспективным представляется дальнейшая интеллектуализация разработанных механизмов с сохранением унифицированных методов на базе онтологий. Для этих целей планируется включить в онтологию описание семантических ограничений, например, описание сферы действия приказов, что позволит автоматически настраиваться на допустимый список согласовантов приказов.

### Библиографический список

1. *Постаногов И.С., Чуприна С.И.* Программа для ЭВМ ОНТОЛИС 2.0. Свидетельство РОСПАТЕНТ № 2017610729 от 16.01.2017.
2. Дело о падеже / Ч. Филлмор // Зарубежная лингвистика: пер. с англ. / общ. ред.: В. А. Звегинцев, Н. С. Чемоданов. – М.: Прогресс, 1999. - Т. 3: Новое в лингвистике. Новое в зарубежной лингвистике: избранное: пер. с англ., нем., фр. – 1999. – С.127-258.
3. *Бабанов А.М.* Теория семантически значимых отображений // Вестник Томского государственного университета. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика». 2003. №280. С. 239-248.

## **TOWARDS TO AUTOMATE ETL DATABASE PROCESS USING ARCHIVES OF TEXT DOCUMENTS BY MEANS OF ARTIFICIAL INTELLIGENT TOOLS**

*Mironenko Anastasia O., Chuprina Svetlana I.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, miss.mironenko@bk.ru

The article presents a concept of an approach to automate the ETL database (DB) process that means the extraction data out of archives of text documents, its transformation and placement into the database. The suggested approach features are demonstrated using the texts of Perm State University orders. Using Table Mining methods and ontology engineering tools help us to implement a unified approach to the extraction of data and knowledge from the texts of different types of printed documents, which have no clear structure, but some general principles of construction. The demo-prototype of the application has been developed and successfully tested with real examples that proves the viability of the proposed approach.

Keywords: Table Mining, database, ETL process, ontology engineering, natural language processing, regular expressions, semantic search.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ И ЧАСТОТНО-РАНГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ РЯДОВ В ПАКЕТЕ WOLFRAM MATHEMATICA 11

*Митин Виктор Юрьевич*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, victormitin@ya.ru

В данной статье представлены результаты исследования частоты появления различных языковых элементов и повторяемости их свойств в текстах различного типа на разных языках. Установлен характерный вид аппроксимационной зависимости графика «ранг-частота» для частоты длин слов и предложений в текстах. Представлены значения индекса фрактальности для рядов частотности длин слов и предложений. В пределах исследованных примеров установлено, что юридические и художественные тексты могут отличаться по значениям фрактальной размерности рядов длин слов и предложений. Показано, что ряды частотности букв, длин слов, длин предложений являются антиперсистентными и обладают сравнительно высокой фрактальной размерностью. Описаны некоторые возможности пакета Wolfram Mathematica по математической обработке текстовых данных.

Ключевые слова: лингвистические ряды, частота, фрактальная размерность, метод минимального покрытия

Квантитативные методы анализа текста широко используются при решении задач определения авторства, различения содержательного и рекламного текста, в задачах криптоанализа и других исследованиях. Базовой характеристикой является частотность лингвистических единиц, их последовательностей или количественных параметров (символов, букв, слогов, слов, морфем, длин слов, длин предложений, частей речи и т.п.). Обычно графики частотности строятся в координатах «ранг - частота», ранг определяется в порядке убывания частотности. В ряде работ, например [1] установлено, что для естественного языка зависимость между рангом  $r$  и частотой слов  $f$  обычно близка к эмпирическому закону Ципфа  $r = A / f$ , либо к закону Мандельброта вида  $r = A / f^{\alpha}$  [2].

В настоящее время при изучении языка все чаще используется концепция фрактала. Фрактальность в лингвистике можно понимать в двух различных смыслах: 1) сходство статистических характеристик или структуры текста на различных языковых уровнях (слог, слово, предложение), проявление самоподобия; 2) независимость от масштабных преобразований меры изрезанности графика лингвистического ряда (например, временного или частотного) – фрактальной размерности.

Фрактальная размерность характеризует скорость расхождения некоторой величины по степенному закону при уменьшении масштаба [3]. Для ее оценки на практике используются многочисленные методы [4]. В лингвистических исследованиях встречается, например, метод клеточного покрытия [5], метод Херста [6]. В данной работе используется метод минимального покрытия [7], в котором оценивается индекс фрактальности  $\mu$ , связанный с фрактальной размерностью  $D$  соотношением  $\mu = D - 1$  из асимптотического равенства:  $V_f(\delta) \sim \delta^\mu$  при  $\delta \rightarrow +0$ , где  $V_f(\delta)$  – полная амплитудная вариация (сумма локальных размахов) ряда  $f$  для разбиения с масштабом  $\delta$ .

Пакет Wolfram Mathematica 11 предоставляет широкие возможности для получения, обработки и визуализации лингвистических данных (функции WordData, LanguageData), включая подробные данные о словах различных языков, подсчет частоты слов (WordCounts) и букв (LetterCounts) текста, данные частотности слов по годам, коллекцию образцов текстов ExampleData[“Text”]. Разнообразие математических функций позволяет эффективно применять различные методы математической обработки данных. Например, функцию для вычисления индекса фрактальности  $\mu$  ряда  $r$  можно определить следующим образом:

$\mu[r\_]:=a/.FindFit[Table[{Log[m],Log[Total[Max/@Partition[r,m,m-1,{1,2},{}]-Min/@Partition[r,m,m-1,{1,2},{}]]]},{m,2,10}],ax+b,{a,b},x]$ .

Для визуализации результатов удобно использовать функцию Manipulate.

Проведенный анализ частотно-ранговых характеристик текстов разного типа и на различных языках показывает, что график зависимости длин слов и длин предложений в ряде случаев хорошо аппроксимируется зависимостью вида  $r = A + \frac{B}{x^\gamma + c}$ , значения параметров  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $\gamma$  при этом могут различаться.

Рассчитаны значения индекса фрактальности для рядов длин слов и длин предложений различных текстов. Установлено, что эти ряды являются антиперсистентными, индексы фрактальности для длин слов лежат в диапазоне 0.75 – 0.9, а для длин предложений – в пределах 0.48 – 0.8, максимальные значения  $\mu$  получены для текстов на греческом языке.

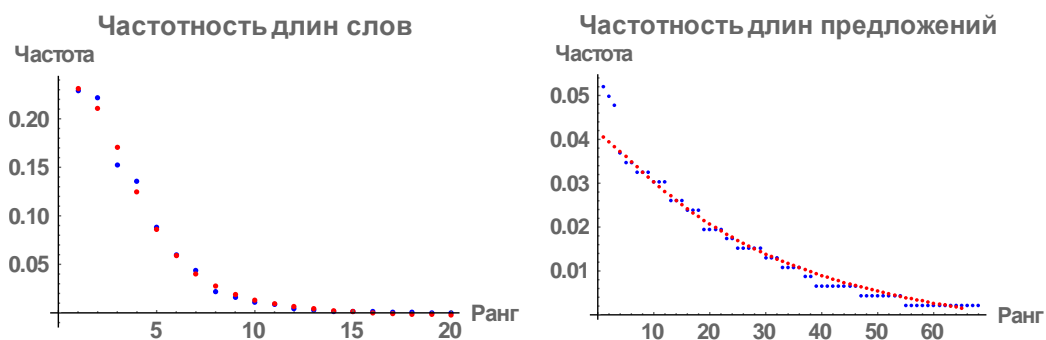
В таблице 1 приведены значения параметров индекса фрактальности  $\mu$  для рядов длин слов и длин предложений некоторых текстов из коллекции ExampleData[“Text”] (1, 2 – поэма «Энеида» Вергилия на английском и латинском языках; 3 – сказка «Алиса в стране чудес» на английском; 4, 5 – эпическая поэма «Беовульф» на современном и старом английском; 6, 7, 8, 9, 10 – тексты «Всеобщей декларации прав человека» (ДПЧ) на английском, эсперанто, французском, немецком и греческом соответственно).

**Таблица 1 – Значения параметров индекса фрактальности**

Индекс фрактальности	Длины слов	Длины предложений	Индекс фрактальности	Длины слов	Длины предложений
Художественные тексты			Юридические тексты		
1	0,807	0,698	6	0,855	0,538
2	0,756	0,688	7	0,837	0,511
3	0,761	0,676	8	0,871	0,489
4	0,766	0,704	9	0,803	0,538
5	0,730	0,676	10	0,905	0,785

Анализ полученных данных показывает, что значения  $\mu$  для последовательности длин слов в ДПЧ выше, чем в художественных текстах, а для длин предложений, напротив, ниже (за исключением текста на греческом языке). Величины индекса фрактальности для текста на современном английском языке выше, чем для аналогичного староанглийского текста.

На рисунке 1 приведены графики «ранг - частота» последовательностей длин слов (слева) и длин предложений (справа) и их аппроксимаций для текста №4 (графики обозначены синим цветом, аппроксимационные кривые - красным).



**Рисунок 1** Графики «ранг-частота» для длин слов и предложений (текст № 4).

На Рисунок2 изображены графики количества буквенных символов (слева) и наиболее частых слов (справа) для текста №3 (буквы с диакритическими знаками и разные формы слов не отождествлялись).



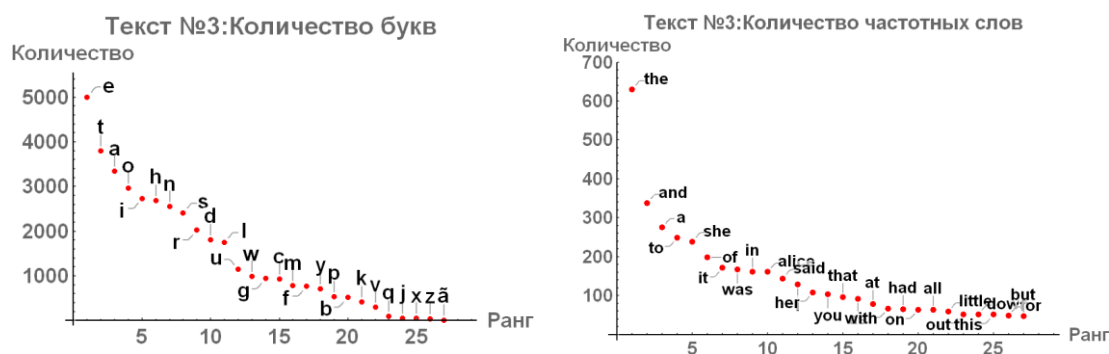


Рисунок 2 Количество использований буквенных символов и наиболее частотных слов в тексте №3

Графики на Рисунок 2, относящие к различным языковым уровням, особенно если отбросить самый частотный символ «е» и самое частое слово «the», имеют похожий вид, что подтверждает фрактальную структуру текста (самоподобие).

На основе исследования текстов различного жанра установлено, что ряды частотности букв тоже обладают высокими индексами фрактальности, причем они слабо зависят от типа текста, в английском языке эти значения несколько ниже, чем в русском.

### Библиографический список

1. Филиппович Ю.Н., Прохоров А.В. Семантика информационных технологий: опыты словарно-тезаурусного описания. М.: МГУП, 2002.
2. Латыпова Н.В. Компьютерная обработка данных. Фракталы. Ижевск.: Удмуртский гос. ун-т, 2012.
3. Федер Е. Фракталы. М: Мир, 1991.
4. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. Ижевск: РХД, 2001.
5. Najafi E., Darooneh Amir H. The Fractal Patterns of Words in a Text: A Method for Automatic Keyword Extraction (2015) // PLoS One. doi:10.1371/journal.pone.0130617.
6. Ausloos M. Generalized Hurst exponent and multifractal function of original and translated texts mapped into frequency and length time series. Phys. Rev. E, 86. 2012: 031108.
7. Дубовиков М.М., Крянев А.В., Старченко Н.В. Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов // Вестник РУДН. 2004. Т. 3. № 1. С. 30–44.

# **THE RESEARCH OF FRACTAL AND RANK-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF LINGUISTIC SERIES USING THE PACKAGE WOLFRAM MATHEMATICA 11**

*Mitin Victor Yu.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, victormitin@yandex.ru

This article presents the results of a study of the frequency of occurrence for different language elements and the values of their properties in different types of documents and in different languages. The approximation dependence of the "rank-frequency" graph for the frequencies of words lengths and sentences lengths in the texts is established. The values of fractal index for the series of frequencies for lengths of words and sentences are given. Within the considered examples, it is established that the fractal properties of frequency series for length of words and length of sentences juridical and literary texts may differ. It is shown that the frequency series of letters, word lengths, sentence lengths are antipersistent and have high values of fractal index. Some features of Wolfram Mathematica package for text data processing are described.

Keywords: linguistic series, frequency, fractal dimension, minimal covering method

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «СЕМОГРАФ» ДЛЯ АНАЛИЗА ИСТОРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ**

*Мукосеева Яна Юрьевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, mukoseeva71@mail.ru

В статье речь идет о применении возможностей семантического анализа на основе информационной системы «Семограф». В качестве исторического источника были использованы путевые записки участников, ученых второй половины XVIII в. П.С. Палласа, И.И. Лепехина, И.П. Фалька, руководителей Оренбургских отрядов, которые занимались исследованием Урала и Сибири. На Урале ученые описали уральские медеплавильные и железоделательные мануфактуры, при писании которых они обратили внимание на промышленное оборудование мануфактур. В «Семограф» для анализа и формирования полевых структур были введены контексты и лексика промышленного оборудования, которая была распределена по шести основным полям. При этом, «Семограф» позволил выйти на междисциплинарный уровень изучения лексики, связанный с объединением географической, исторического и лингвистической научных сфер.

Ключевые слова: путевые записки, информационная система «Семограф», исторический источник, лексика промышленного оборудования, полевой анализ, семантическая карта.

Для анализа различных видов источников в современных условиях может применяться различные методы, в том числе анализ осуществляется на основе компьютерных и информационных технологий и программ. Информационная система «Семограф» (semograph.com) используется для семантического анализа языковых единиц, создания семантических структур и позволяет проводить анализ текстовых материалов. На основе сформированных данных и анализа «Семограф» позволяет визуализировать полученные материалы и данные и построить граф, тем самым осуществить графо-семантическое моделирование с помощью программы «Gephi».

В статье рассматривается применение возможностей системы «Семограф» для анализа исторических источников, путевых записок ученых-путешественников второй половины XVIII в. Во второй половине XVIII в., благодаря инициативе М.В. Ломоносова и Академии науки, было предложено организовать научные экспедиции. Идея М.В. Ломоносова была поддержана и в Академии, и в правительстве, в результате чего было организовано пять академических отрядов, которые занимались исследованиями отдаленных и малоизученных

территорий. Участниками и руководителями академических отрядов и научных экспедиций второй половины XVIII в., были назначены П.С. Паллас, И.И. Лепехин, И.П. Фальк (руководители Оренбургских отрядов), С.Г.Г. Гмелин и И.А. Гюльденштедт (руководители Астраханских отрядов). Оренбургские отряды совершили путешествия по Уралу и Сибири, где они исследовали и описывали научные явления, объекты, проводили различные наблюдения. Путевые записки П.С. Палласа, И.И. Лепехина и И.П. Фалька стали объектом изучения лексики промышленного оборудования уральских мануфактур [Паллас, Лепехин, Фальк].

Путевые записки являются документальным источником, который отражает реальность и описывает события как срез действительности и как преломление личного опыта [Гуминский, 45]. Записки содержат описание событий и явлений с точки зрения научной картины мира определенного исторического времени, пространственно-временные элементы: маршрут, территориальные рамки, время (датировка событий), описание явлений и событий. С другой стороны, они могут относиться к дневникам, но не включают в себя источник личного происхождения, здесь они выступают как элемент маршрутного описания и хронологии событий и их смены. Система «Семограф» позволила занести данные по историческому источнику – путевым запискам – и выделить лексику промышленного оборудования.

Работа в системе включала в себя несколько основных этапов. На первом этапе была составлена таблица для определения мета-данных, были разделены на четыре группы: название, к которым относились: название заводов, географическое расположение, близость рудников; вторая группа: производство, медеплавильное или железодельное; третья группа: производственные операции, или этапы подготовительный, промежуточный этапы и этап конечного продукта; четвертая группа: автор, название источника, страницы. Расположение мета-данных позволило наметить основные виды полей.

На втором этапе мета-данные были дополнены контекстами из путевых записок, которые были занесены в систему для обработки. Например, контекст «одна медиплавильная фабрика с четырьмя печками и четырьмя горнами, из которых один для перечистки меди, другой для пережигания чугуна, третий для разлива меди, а четвертый для нагревания, когда бывает разковка меди» [Лепехин, 18] (из данного контекста были выделены лексические единицы – *горны*). В описании заводов И.П. Фальком была выделена лексическая номинация *герт*: «Висимо Уткинской молотовый завод при ручье Висиме, впадающем выше в 12 верстах в межевую Утку, был построен несколько лет тому назад

Тайным Советником Никитою Демидовым и имел в 1772 году 3 молота, 5 гертов и 94 человека собственных работников» [Фальк, 289]. У П.С. Палласа в описании Косотурского завода была упомянута *толчая* и *молот*, контекст «Подле медиплавильны находится еще толчая о пяти пестах для углей и о пяти других для разбития руды По новому расположению будут там в безпрестанном ходу две доменные, шесть медиплавильных печей и двадцать молотов» [Паллас, 115]. Контексты позволили выделить лексические номинации оборудования: печь, горн, молот, толчая.

Третий этап включал в себя работу по определению основных видов полей, в результате были определены следующие шесть видов семантических полей:

**Оборудование медеплавильное** (Печь; Горн; Герт; Молот; Толчая);

**Оборудование железоделательное** (Печь; Горн; Герт; Молот; Толчая);

**Производственные операции** (медь - подготовительный этап; промежуточный этап; этап конечного продукта);

**Производственные операции** (железо – подготовительный этап; промежуточный этап; этап конечного продукта);

**Оборудование** (количество);

**Территория Урал** (Средний Урал – медь; Средний Урал – железо; Южный Урал – медь, Южный Урал – железо).

Лексика промышленного оборудования была распределена по полям, что привело к следующим выводам: поле **Оборудование** позволило выделить основные лексические номинации и их разновидности внутри полей, сгруппировав их по функциональному признаку. Поле **Производственные операции** показало частность в использовании оборудования при производстве меди и железа, например, на конечном этапе медеплавильного производства исчезла номинация *печь*. Поле Территория послужило возможностью для географического распределения лексики оборудования по территориям Среднего и Южного Урала, где находились мануфактуры, и привело к выводу о том, что на территории Среднего Урала основной номинацией для медеплавильного производства были горны, для Южного Урала – печи.

Таким образом, информационная система «Семограф» выступила как инструмент не только для обработки текстовой информации, но и для моделирования семантических полей лексики промышленного оборудования, извлеченных из исторического источника, путевых записок второй половины XVIII в. Использование системы в конкретном исследовании привело к соединению разных научных сфер, истории, лексикологии, географии,

информационных наук, которые привели к выводам и способствовали постановке новых исследовательских задач.

### **Библиографический список**

1. Гуминский В.М. Русская литература путешествий в мировом историко-культурном контексте. Ин-т мировой литературы им. А.М. Горького РАН. – М.: ИМЛИ РАН, 2017. – 608 с.
2. Лепехин И.И. Продолжение Дневных записок путешествия академика и медицины доктора Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства в 1770 году. Т.2. - СПб, при Императорской Академии наук, 1772. – 353 с.
3. Паллас П.С. Путешествие по разным местам Российской империи. Физическое путешествие по разным провинциям Российской империи, бывшее в 1770 году. - СПб.: при Императорской Академии наук, 1786. –Ч. 1. Кн. 1. – 476 с.
4. Фальк И.П. Записки путешествия академика Фалька. Ч. 1. //Полное собрание ученых путешествий по России, издаваемое Императорскою Академиею наук, по предложению ея Президента. – СПб.: при Императорской Академии наук, 1824. – 560 с.

### **APPLICATION OF THE INFORMATION SYSTEM «SEMOGRAF» FOR THE ANALYSIS OF HISTORICAL SOURCES**

*Mukoseeva Ya.Yu.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, ivanov@email.ru

In the article, it is about application of opportunities of the semantic analysis based on the information system «Semograf». As a historical source traveling notes of participants, scientists of the second half of the XVIII accusative of P.S. Pallas, I.I. Lepyokhin, I.P. Falk, heads of the Orenburg groups were used which researched the Urals and Siberia. In the Urals, scientists described the Ural copper-smelting and ironworks manufactories at which writing they paid attention to the industrial equipment of manufactories. In «Semograf» for the analysis and the formation of field structures, contexts and lexicon of the industrial equipment, which was distributed on six main fields, were entered. At the same time, «Semograf» allowed to reach the cross-disciplinary level of studying of lexicon connected with association geographical, historical and linguistic scientific spheres.

**Keywords:** traveling notes, information system «Semograf», historical source, lexicon of the industrial equipment, pale-yellow analysis, semantic card

## ИЗ ИСТОРИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

*Назаренкова Екатерина Вадимовна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, ekaterina.nazarenkova@yandex.ru

В настоящее время основными элементами всего навигационного оборудования в кораблях, подводных лодках, самолетах, ракетах и многом другом являются гироскопические устройства. Гироскопические стабилизаторы устанавливаются в фотоаппараты, кинокамеры, смартфоны, бинокли и др. для обеспечения четкого изображения даже во время движения. Основное развитие эти устройства получили в конце XIX – начале XX века с развитием науки и машиностроения. Но быстровращающиеся тела, а точнее их свойство сохранять постоянной ось своего вращения в пространстве, волновали людей с давних времен. Именно этот интерес и послужил мощным толчком для создания теории гироскопии. В данной работе говорится об истоках создания именно механических гироскопов, которые были предшественниками современных гироскопических приборов.

Ключевые слова: твердое тело, гироскоп, гироскопический эффект, уравнения Эйлера.

Что же такое гироскоп? Гироскоп – это устройство, имеющее способность измерения изменения углов ориентации связанного с ним тела относительно инерциальной системы координат. При вращении его положение остается неизменным. Впервые термин «гироскоп» прозвучал в 1852 г в докладе о вращении земли Жана Фуко.

Фактически, гироскоп – это вращающееся твердое тело. Самый очевидный пример гироскопа это – волчок или юла. О загадочных свойствах волчка люди задумывались с давних времен. При раскручивании волчка некоторое время он находится строго вертикально (устойчивость волчка), после ось отклоняется в сторону и начинает описывать коническую поверхность (прецессия волчка). Многие ученые пытались описать поведение волчка. Все законы механики, на которых базируется движение волчка, открыты еще И. Ньютоном. Но проблема состоит в том, как применить их к описанию поведения волчка.

Колоссальный вклад в развитие этой науки внес Леонард Эйлер. При создании механики абсолютно твердого тела он решал задачу о вращении тела вокруг неподвижной точки и рассмотрел движение свободного твердого тела. Это движение он разделил на 2 более простых: поступательное движение тела как точки, совпадающей с центром масс, и вращательное движение тела вокруг центра масс. Описывая вращательное движение, Эйлер рассмотрел его как вращение вокруг своей оси, проходящей через центр инерции и

непрерывно меняющей свою ориентацию, и используя ньютоновскую систему координат, ввел подвижную систему координат, углы рассогласования между ними и вывел дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки:

$$\begin{aligned} P &= A \frac{dp}{dt} + (C - B)qr, \\ Q &= B \frac{dq}{dt} + (A - C)rp, \\ R &= C \frac{dr}{dt} + (B - A)pq \end{aligned} \quad (1)$$

где  $r, p, q$  - проекции угловой скорости на главные центральные оси, связанной с телом системы координат,  $A, B, C$  - осевые моменты инерции,  $P, Q, R$  - проекции главного момента сил.

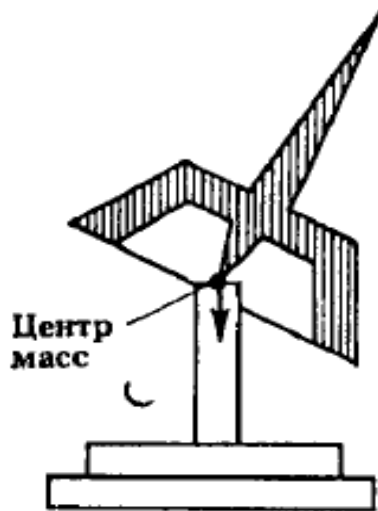


Рисунок 1 Иллюстрация решения уравнений Эйлера

Эти общие уравнения очень сложные и решить их очень тяжело. В 1758 г Эйлер нашел решение этих уравнений только для частного случая, в котором центр масс тела совпадает с неподвижной точкой, и момент всех сил, приложенных к телу, равен нулю (Рисунок1). Динамические уравнения Эйлера, для случая Эйлера:

$$\begin{aligned} A \frac{dp}{dt} + (C - B)qr &= 0, \\ B \frac{dq}{dt} + (A - C)rp &= 0, \\ C \frac{dr}{dt} + (B - A)pq &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$



В ходе решения выяснилось хорошее свойство: ось, по которой направлен вектор момента количества движения сохраняет свое направление неизменным относительно абсолютного пространства.

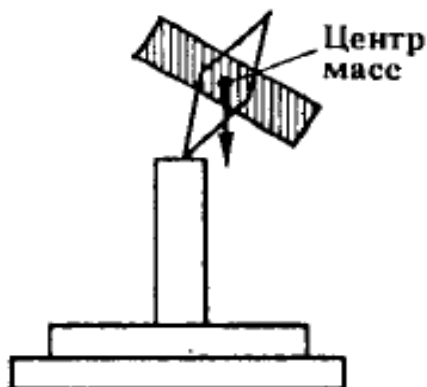


Рисунок 2 – Иллюстрация решения Лагранжа для уравнения Эйлера

Только через 30 лет Ж. Лагранж нашел решение уравнений Эйлера для еще одного частного случая движения тела вокруг неподвижной точки. Лагранж, по сравнению с Эйлером, рассмотрел менее жесткие условия, которые накладывались на вращающееся тело. Симметричное относительно оси собственного вращения тело, центр масс которого лежал на этой оси, но он не совпадал с неподвижной точкой, и движение этого тела Лагранж рассматривал в поле сил равномерного тяготения (Рисунок 2). Эллипсоид инерции тела для неподвижной точки является эллипсоидом вращения ( $A = B, a = b = 0$ .) (Рисунок 3). Тогда уравнения Эйлера примут вид:

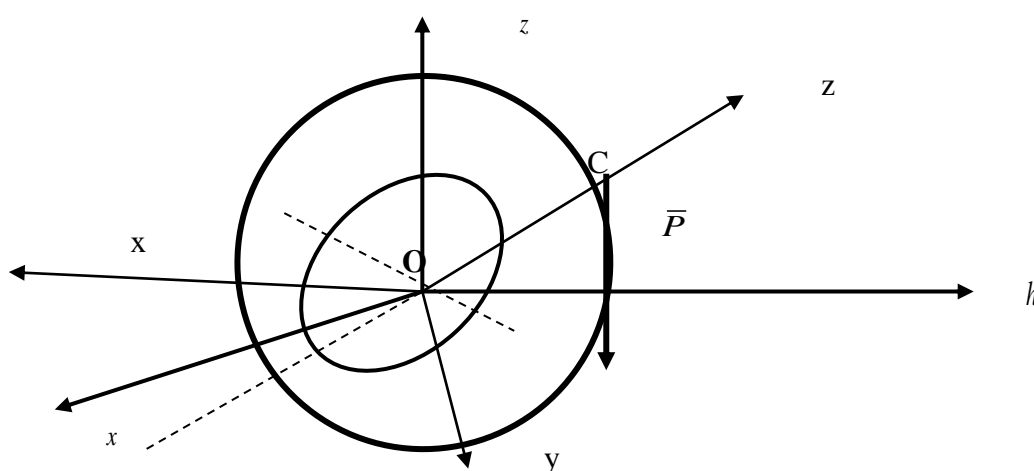


Рисунок 3 – Эллипсоид инерции тела

$$\begin{aligned}
A \frac{dp}{dt} + (C - A)qr &= Pcg_2, \\
B \frac{dq}{dt} + (A - C)rp &= -Pcg_1, \\
C \frac{dr}{dt} &= 0
\end{aligned}
\tag{3}$$

В таком случае замечательное свойство, присутствующее в случае Эйлера не выполнялось и ось собственного вращения тела совершала сложное движение.

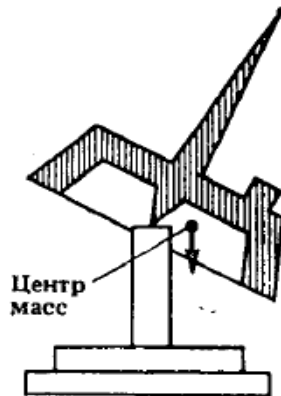


Рисунок 4 Иллюстрация решения Софии Ковалевской

И только спустя век в 1888 г Софья Ковалевская доказала третий случай движения тело вокруг неподвижной точки (Рисунок 4). В ее случае центр масс, как и в большинстве практических задач, не лежит на оси собственного вращения и на тело действует сила тяжести. Тогда эллипсоид инерции для точки  $O$  является эллипсоидом вращения, например, вокруг оси  $Oz$ , моменты инерции удовлетворяют соотношению  $A = B = 2C$ , а центр тяжести тела лежит в экваториальной плоскости, т.е.  $c = 0$ , и уравнения Эйлера будут выглядеть:

$$\begin{aligned}
A \frac{dp}{dt} + (C - B)qr &= P(c\gamma_2 - b\gamma_3), \\
B \frac{dq}{dt} + (A - C)rp &= P(a\gamma_3 - c\gamma_1), \\
C \frac{dr}{dt} + (B - A)pq &= P(b\gamma_1 - a\gamma_2).
\end{aligned}
\tag{4}$$

Вернемся к гироскопу. Приступая к созданию этого прибора, ученые сталкиваются с тремя важными проблемами, связанными между собой, которые позже стали основными в гироскопии, а именно:

1) как спроектировать и реализовать тело, имеющее одну неподвижную точку и, как следствие, свободу вращения вокруг трех взаимно перпендикулярных осей;

2) как заставить вращаться это тело вокруг одной из его осей, и при этом поддерживать высокое значение угловой скорости;

3) как оградить вращающееся тело от действия внешних возмущающих факторов.

В 1817 г Иоганн Боненберг опубликовал устройство, которое можно назвать гироскопом. Основной частью этого гироскопа является массивный шар в кардановом подвесе.

Кардánов подвѣс — универсальная шарнирная опора, позволяющая закреплѣнному в ней объекту вращаться одновременно в нескольких плоскостях.

Немного позже Жан Фуко модернизировал данное устройство. Он взял за основу идею Л. Эйлера о том, что быстровращающееся тело, которое имеет одну неподвижную точку, не подвержено действию моментов внешних сил и сохраняет неизменным положение оси своего вращения в абсолютном пространстве. Рассуждения Л. Фуко были таковы: так как Земля вращается в абсолютном пространстве, то должно наблюдаться движение предметов, расположенных на ее поверхности, по отношению к оси такого быстровращающегося тела.

В качестве тела, предназначенного для быстрого вращения, Л. Фуко выбрал маховик, который был установлен, как и у Боненбергера в кардановом подвесе.

Принцип работы гироскопа: на Рисунок 5 обозначены: Z – ось вращения ротора, Mв – ось приложения момента внешних сил, П – ось прецессии гироскопа. Когда действует момент внешней силы вокруг оси, гироскоп поворачивается вокруг оси прецессии, которая, в свою очередь, перпендикулярна моменты внешних сил.

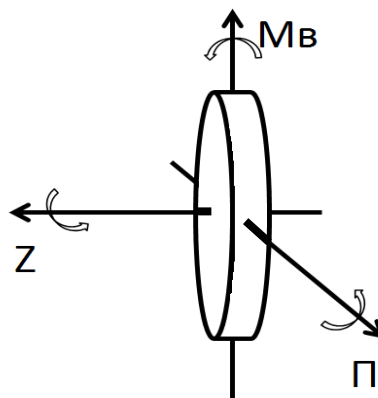


Рисунок 5 Иллюстрация принципа работы гироскопа

Как ведет себя гироскоп можно описать уравнением

$$\overline{M} = \frac{d\overline{L}}{dt}, \text{ где } \overline{M} - \text{ момент силы, действующей на гироскоп, } \overline{L} - \text{ момент импульса. Вектор}$$

момента импульса  $\overline{L}$  может изменяться не только по величине, но и по направлению.

Моментом импульса гироскопа и моментом приложенной силы можно вычислить угловую скорость прецессии  $\overline{\Omega}_p : \overline{M} = \overline{\Omega}_p \times \overline{L}$ .

Для изменения направления в пространстве оси гироскопа нужно, чтобы момент внешних сил был отличен от нуля. В таком случае наблюдается гироскопический эффект: если на гироскоп действуют две пары сил, которые намереваются повернуть вращающийся гироскоп вокруг своей оси, перпендикулярной к его оси вращения, гироскоп начнет поворачиваться около третьей оси, перпендикулярной первым двум.

Открытие гироскопа стало очень важным изобретением как того времени, так и в настоящие дни. Преимуществом гироскопа перед более древними приборами являлось то, что он правильно работал в сложных условиях (плохая видимость, тряска, электромагнитные помехи). Далее на основе гироскопа создаются гироскопы, успокоители качки корабля, гироскопические тахометры, авиационные гироскопические компасы и многое-многое другое. Позднее на смену механическим пришли гироскопы новых поколений, которые используются и сейчас практически во всех сферах нашей жизни.

#### **Библиографический список**

1. Павлов В.А. Э.П. Гироскопический эффект, его проявления и использование. 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Яковлев В.А. Начала механики – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005, – 352с.

#### **FROM THE HISTORY OF MECHANICAL GYROSCOPE**

*Nazarenkova Ekaterina V*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, ekaterina.nazarenkova@yandex.ru

Currently, the main elements of all navigation equipment in ships, submarines, aircraft, missiles and much more are gyroscopic devices. Gyroscopic stabilizers installed in the cameras, cine-cameras, smartphones, binoculars, etc. to ensure sharp images even during motion. The main development of these devices were in the late XIX-early XX century with the development of science and engineering. But rapidly rotating bodies, or rather their property to maintain a constant axis of rotation in space, worried people for a long time. It was this interest that served as a powerful impetus for the creation of the theory of gyroscopy. In this paper we talk about the origins of the creation of mechanical gyroscopes, which were the predecessors of modern gyroscopic devices.

Keywords: solid body, gyroscope, gyroscopic effect, Euler equations.

## СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КУРСА АКЦИЙ

*Неприна Анастасия Дмитриевна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, Nastush99@yandex.ru

При торговле ценными бумагами в зависимости от объема и срока инвестирования применяются два основных метода торговли: фундаментальный и технический анализ. Оба метода являются индикаторами состояния рынка и дополняют друг друга. В статье рассматриваются основные модели технического и фундаментального анализа для построения прогнозных значений курса акций на примере ПАО «Сбербанк». Анализ проводился с использованием моделей ARIMA, ARCH и многофакторной модели. Статистические результаты моделей прогнозирования показали следующее: худший прогнозный результат показала модель ARCH, что полностью соответствует исследованиям зарубежных ученых. Результаты модели ARIMA почти совпадают с результатами многофакторной модели, что можно связать с грамотным подбором факторов. Лучший результат среди всех моделей прогнозирования показала многофакторная модель.

Ключевые слова: модель прогнозирования, фундаментальный анализ, технический анализ, рынок акций, статистические показатели.

Одна из основных задач при торговле на бирже – нахождение финансовых инструментов, которые помогут увеличить вложения или хотя бы сохранить их. Игроки пытаются разнообразными способами предвидеть будущее и спрогнозировать дальнейшую динамику рынков. В зависимости от объема и срока инвестирования применяются два основных метода торговли: фундаментальный и технический анализ. Оба метода являются индикаторами состояния рынка и дополняют друг друга. Зачастую эти два метода анализа вступают в противоречие друг с другом, так как разные поведения рынка не могут быть одновременно описаны ими [7].

Актуальность проведенного исследования обоснована необходимостью построения более качественного прогноза курса акций посредством моделирования.

Цель работы: проведение сравнительного анализа алгоритмов фундаментального и технического анализа для прогнозирования курса акций на основе статистических показателей.

Основные данные для анализа алгоритмов моделей прогнозирования представляют собой акции компании ПАО «Сбербанк». Выбор компании обоснован тем, что на сегодняшний день ПАО «Сбербанк» является крупнейшим банком России и таким образом является системно-значимым для финансовой системы страны и экономики страны в целом. Данные о цене акции были собраны с открытого сайта провайдера финансовой информации «Yahoo! Finance» за период июнь 2011 – настоящее время. Исходные данные для моделей включают в себя: дату (год, месяц, день) и цену закрытия (ежедневная цена).

При построении модели ARIMA была использована модель с параметрами 1,1,8. Оценка параметра  $d$  с помощью теста KPSS показала, что исследуемый ряд стационарен и таким образом параметр  $d$  равен 1. Выбросы на определенных лагах различной серии необходимы для определения параметра  $q$ . Для этого строим график PACF для дифференцированных данных, в которых видно, что существенные всплески наблюдаются в лаге 3, 8. Следовательно, параметр  $q$  будет равен 8. Для определения параметра  $p$  используется тест Дики-Фуллера, который показал что значение параметра равно 1. Значение информационного критерия Акаике (AIC) у полученной модели было наименьшим по сравнению с остальными – 393,2433. Проверка прогнозных значений показала следующее: стандартная ошибка равна 10,1; коэффициент детерминации – 0,9431; скорректированный R-квадрат – 0,9142; значение  $p$ -value меньше 0,05; тест значимости  $p$ -значение от 0 до 0.001; значение  $F$ -статистики меньше 0,05. Следовательно, модель значима. Таким образом, можно сделать вывод, что прогнозные значения модели ARIMA достоверны на 90%, что соответствует допустимой норме [1, 2, 3, 6].

Следующей рассматриваемой моделью является модель ARCH. Сезонность в исходном ряду была устранена с помощью декомпозиции ряда. Выбросы на определенных лагах различной серии необходимы для определения параметра  $q$ . Графики ACF показали, что существенный всплеск наблюдается в лаге 1. Следовательно, параметр  $q$  равен 1. Используемая прогнозная модель с установленными параметрами 1,1 оказалась лучше по сравнению с другими. Значение критерия AIC – 398,5868. Проверка прогнозных значений показала следующее: стандартная ошибка равна 18,15; коэффициент детерминации – 0,5279; скорректированный R-квадрат – 0,5107;  $p$ -value меньше 0,05; тест значимости  $p$ -значение от 0,001 до 0.01; значение  $F$ -статистики: значение меньше 0,05. Следовательно, модель значима. Таким образом, можно сделать вывод, что прогнозные значения модели ARCH достоверны на 80%. Это означает, что прогнозные значения могут быть ложными [1, 2, 3, 6].

Для построения многофакторной модели были отобраны два макроэкономических показателя: динамика официального курса рубля по отношению к доллару США; нефть марки Brent (цена за 1 баррель в долларах США). При оценке связи между факторами и ценой акции ПАО «Сбербанк» было установлено, что между показателями наблюдается сильная связь: коэффициент корреляции Пирсона выше 50%, а 95% доверительный интервал для полученного коэффициента корреляции в обоих случаях оказался равен примерно 0,4564, 0,5317 [5]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что подобранные факторы для двухфакторной модели прогнозирования курса акций подобраны верно и на основе их можно строить прогнозную модель.

Проверка прогнозных значений показала следующее: стандартная ошибка равна 9,86; коэффициент детерминации – 0,9871; скорректированный  $R$ -квадрат – 0,9915;  $p$ -value меньше 0,05; тест значимости  $p$ -значение – от 0 до 0.001; значение  $F$ -статистики меньше 0,05. Следовательно, модель значима. Таким образом, можно сделать вывод, что прогнозные значения многофакторной модели достоверны более чем на 90% [1, 2, 3, 6].

В ходе выполнения практической реализации прогнозных моделей фундаментального и технического анализа были протестированы модели ARIMA, ARCH, многофакторная модель. Проверка прогнозных значений была произведена по ряду статистических параметров и представлена в таблице 1.

**Таблица 1. Сравнением статистических показателей результатов прогнозных моделей**

Показатель	Модель		
	ARIMA	ARCH	Многофакторная модель
Стандартная ошибка	10,1	18,15	9,86
Коэффициент детерминации	0,9431	0,5279	0,9871
Скорректированный $R$ -квадрат	0,9142	0,5107	0,9915
$P$ -значение	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Тест значимости	$0 < p\text{-значение} < 0,001$	$0 < p\text{-значение} < 0,01$	$0 < p\text{-значение} < 0,001$
Значение $F$ -статистики	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Как видно из представленной таблицы худший прогнозный результат показала модель ARCH (стандартная ошибка 18,15), что полностью соответствует исследованиям зарубежных ученых [4]. Результаты модели ARIMA почти совпадают с результатами многофакторной модели. Стандартная ошибка модели составила меньше 10%, что соответствует допустимой норме.

Проведенное исследование показало, что статистические показатели многофакторной модели, которая относится к фундаментальному анализу, показали лучший результат в отличие от остальных рассмотренных моделей. Следует обратить внимание на то, что, хоть

объем выбранных для примера данных, был существенным и разнообразным, возможно также изучение дополнительных мер (например, ежемесячные данные), чтобы определить, являются ли эти результаты обобщенными вне специфики проведенного исследования.

### Библиографический список

1. *Бахрушин В. Е.* Методы оценивания характеристик нелинейных статистических связей / В.Е. Бахрушин // Системные технологии. – 2011. – № 2(73). – С. 9-14.
2. *Классические методы* статистики: F-критерий Фишера [Электронный ресурс] // R: Анализ и визуализация данных. – URL: <https://ranalytics.blogspot.com/2012/03/f.html> (дата обращения: 17.12.2018)
3. *Goodman. S. N.* Aligning statistical and scientific reasoning: Misunderstanding and misuse of statistical significance impede science / S.N. Goodman // Science. – 2016. – Vol. 352. No. 6290. pp. 1180—1181.
4. *Hyndman R. J.* Forecasting using ARCH, GARCH [Электронный ресурс] / R. J. Hyndman // Inside-R. – URL: <http://www.insider.org/packages/cran/forecast/docs/stlf> (дата обращения: 5.12.2018)
5. *Pearson K.* Notes on regression and inheritance in the case of two parents / K. Pearson // Proceedings of the Royal Society of London. – 1990. pp. 240–242.
6. *Regression analysis: how do I interpret R-squared and assess the Goodness-of-Fit* [Электронный ресурс] // The Minitab Blog. – URL: <http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/regression-analysis-how-do-i-interpret-r-squared-and-assess-the-goodness-of-fit> (дата обращение 17.12.2018)
7. *Rosenberg M.R.* The Deutsche Bank Guide to Exchange-rate Determination: A Survey of Exchange Rate Forecasting Models and Strategies / *M.R. Rosenberg, D. Folkerts-Landau.* – 2002.



# COMPARISON OF FUNDAMENTAL AND TECHNICAL ALGORITHM ANALYSIS FOR STOCK PRICES PREDICTION

*Neprina Anastasiia D.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, Nastush99@yandex.ru

There are two main methods of trading securities depending on the volume of trade and the period of investment: fundamental analysis and technical analysis. Both methods are indicators of market conditions and complement each other. This paper discusses the main models of technical and fundamental analysis to build predicted values of the stock price on the example of Sberbank. The analysis was carried out using ARIMA and ARCH models and a multifactor model. The results of forecasting models showed the following: the worst predicted result was shown by ARCH model, which is fully consistent with the research of foreign scientists. The results of ARIMA model almost coincide with the results of the multi-factor model, which can be associated with a competent selection of factors. The best result among all forecasting models was shown by multi-factor model.

Keywords: forecasting model, fundamental analysis, technical analysis, stock market, statistical indicators.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

*Никитин Илья Владимирович, Бузмакова Мария Михайловна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, nikitin.w.95@gmail.com

Авторами настоящей работы предложена математическая модель структуры полимера, модифицированного углеродными нанотрубками. Нанотрубки – цилиндры с радиусом  $r$  и разными длинами (распределение длин цилиндров удовлетворяет нормальному распределению), случайным образом равномерно распределённые в кубе с линейным размером  $L$ . Цилиндры не пересекаются между собой. Координаты центра, длина и углы ориентации цилиндра являются случайно сгенерированными числами. При моделировании использовались периодические граничные условия. Для модели разработан эффективный алгоритм равномерного распределения цилиндров в пространстве. Проведена оценка равномерности полученных в процессе работы алгоритма распределений цилиндров с помощью критерия согласия Пирсона. Предложенная модель может быть использована для исследования процесса структурообразования нанокompозита – полимер/углеродные нанотрубки и прогнозирования изменения свойств наноматериала.

Ключевые слова: математическое и компьютерное моделирование, полимер, углеродные нанотрубки, равномерное распределение, критерий согласия Пирсона.

### Введение

В условиях развития современной промышленности и экономики крайне важны и актуальны задачи разработки и изготовления материалов со свойствами, улучшенными по сравнению с имеющимися материалами. Особенно перспективны композиционные наноматериалы, такие как полимеры, модифицированные углеродными наночастицами, в частности нанотрубками. Нанокompозитам полимер/углеродные нанотрубки можно задать необходимые свойства путем введения различных концентраций нанонаполнителей и использования некоторых управляющих факторов. Существующие исследования в данном направлении содержат только малую, недостаточную для построения единой теории структуры и свойств наноматериалов, часть теоретических знаний о наноматериалах. Актуальной задачей является построение моделей процесса структурообразования полимерного нанокompозита и прогнозирования свойств.

---

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26/793 и гранта РФФИ (№ 17-41-590649).

© Никитин И.В., Бузмакова М.М., 2019

В настоящей работе предложена континуальная перколяционная модель структуры полимера, модифицированного углеродными нанотрубками. Для модели разработан алгоритм равномерного диспергирования углеродных нанотрубок в полимере.

### Постановка задачи и методы моделирования

Математическая модель структуры полимера, модифицированного углеродными нанотрубками, представлена в виде

$$M = \langle L, \mu, \sigma, r, p, P_n, A_n, k \rangle,$$

где  $L$  – линейный размер куба,  $\mu, \sigma$  – параметры нормального распределения длин цилиндров,  $r$  – радиус цилиндров,  $p$  – концентрация цилиндров,  $P_n = \{(x_i, y_i, z_i), i = \overline{1, n}\}$ , – множество координат центров цилиндров,  $A_n = \{(\varphi_i, \psi_i), i = \overline{1, n}\}$ , – множество углов наклонов и поворотов цилиндров,  $k$  – количество испытаний.

Нанотрубки – цилиндры с радиусом  $r$  и разными длинами (распределение длин цилиндров удовлетворяет нормальному распределению) случайным образом равномерно распределены в кубе с линейным размером  $L$ . Положение цилиндра в кубе задается положением его центра, а ориентация задается с помощью углов поворота и наклона. Цилиндры не пересекаются между собой. При моделировании использовались периодические граничные условия.

Для модели разработан эффективный алгоритм равномерного распределения цилиндров в пространстве, который работает следующим образом: генерируются координаты середины цилиндра  $(x_i, y_i, z_i)$ , длина цилиндра  $l_i$ , угол поворота  $\varphi_i \in (0, 2\pi)$  и угол наклона  $\psi_i \in (0, \pi)$ . Происходит проверка пересечения сгенерированного цилиндра с ранее упакованными. Если возникает ситуация пересечения, то эти параметры отклоняются и происходит их регенерация. Если цилиндр не пересекается с ранее упакованными, он принимается, и совершается переход к генерации следующего цилиндра. Алгоритм продолжает работу, пока не будет достигнуто необходимое значение концентрации или пока не будет совершено  $L \times L \times L$  подряд неудачных попыток разместить цилиндра (в этом случае, считаем, что для размещения очередного цилиндра нет достаточного места и заданная концентрация не может быть достигнута).

Для доказательства эффективности предложенного алгоритма была проведена оценка равномерности получаемых алгоритмом распределений цилиндров с помощью критерия согласия Пирсона [1-4].

## Результаты

Оценка равномерности получаемых алгоритмом распределений цилиндров была проведена для следующих входных параметров модели:  $L = 1000$ ,  $\mu = 50$ ,  $\sigma = 0$ ,  $r = 1$ ,  $p = 0.01, 0.02, \dots, 0.1$ ,  $k = 100, 500, 1000$ . Результаты оценки представлены в таблице 1.

**Таблица 2. Результаты оценки равномерности с помощью критерия согласия Пирсона**

Концентрация	Критерий Пирсона			$\chi^2_{крит}$
	Количество испытаний			
	100	500	1000	
0,01	0,365	0,058	0,032	92,01002
0,02	0,323	0,060	0,039	92,01002
0,03	0,335	0,080	0,041	92,01002
0,04	0,306	0,064	0,025	92,01002
0,05	0,423	0,076	0,032	92,01002
0,06	0,375	0,057	0,020	92,01002
0,07	0,284	0,043	0,028	92,01002
0,08	0,309	0,051	0,030	92,01002
0,09	0,261	0,071	0,033	92,01002
0,10	0,380	0,077	0,039	92,01002

В таблице показано, что для различного количества испытаний с различной концентрацией цилиндров  $\chi^2$  много меньше  $\chi^2_{крит}$  (уровень значимости 99 %). Можно утверждать, что предложенный алгоритм позволяет получать равномерное распределение цилиндров равной длины. Предполагается, что равномерность распределения не нарушится при рассмотрении цилиндров разных длин.

На рисунке 1 представлены значения  $\chi^2$  для 100, 500 и 1000 испытаний с различной концентрацией цилиндров. Ожидаемый результат – при большем количестве испытаний, алгоритм дает лучшие равномерные распределения, что подтверждает адекватность предложенного алгоритма (при увеличении количества испытаний на порядок, значение критерия также улучшается на порядок). Однако, исходя из полученных значений критерия Пирсона, можно утверждать, что для дальнейшего определения характеристик перколяционной модели (в частности порога перколяции) достаточно проводить 100 испытаний.

Авторами предполагается дальнейшее исследование модели, в частности определение порога перколяции для цилиндров равной и разной длины. Порог перколяции соответствует значению концентрации углеродных нанотрубок в полимере, при которой предполагается значительное изменение свойств наноматериала. Также предполагается рассмотрение в

модели наличия межфазных областей, межчастичного и межфазного взаимодействия и различных управляющих свойствами факторов.



Рисунок 2.  $\chi^2$  для 100, 500 и 1000 испытаний с различной концентрацией нанотрубок

### Библиографический список

1. Орлов А.И. Прикладная статистика: учебник. – М.: Экзамен, 2004. – 656 с.
2. Бузмакова М.М. Методика определения оптимального числа интервалов гистограммы при оценке равномерности распределения частиц в неупорядоченной среде с помощью критерия Пирсона // Фундаментальные и прикладные проблемы механики, математики, информатики: сборник докладов всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2015. – С. 178–182.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука. Главная редакция физико-математическом литературы, 1983.
4. Бузмакова М.М., Русаков С.В. Алгоритмы диспергирования частиц в неупорядоченной среде // Технические науки. – 2016. – № 7. – С. 213-217.

## THE MODELING OF POLYMER STRUCTURE MODIFIED BY CARBON NANOTUBES

*Nikitin Ilya V., Buzmakova Maria M.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, [nikitin.w.95@gmail.com](mailto:nikitin.w.95@gmail.com)

The mathematical model of the polymer structure, modified by the carbon nanotubes is proposed. Nanotubes – cylinders with radius  $r$  and different lengths (the distribution of the cylinder lengths satisfies the normal distribution) are randomly evenly distributed in the cube with linear size  $L$ . Cylinders do not intersect with each other. The center coordinates, length, and orientation angles of the cylinder are randomly generated numbers. Periodic boundary conditions are used in the simulation. The efficient algorithm of the uniform distribution of cylinders in space is developed for the model. The assessment of the uniformity distributions of the cylinders, obtained by the algorithm, is carried out with using the Pearson compliance criterion. The proposed model can be used to study the process of structure formation of nanocomposites – polymer/carbon nanotubes and predict changes in the properties of nanomaterial.

Keywords: the mathematical and computer modeling, the polymer, the carbon nanotubes, the uniform distribution, the Pearson compliance criterion.

## **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПЛОСКОГО СЛОЯ СКОЛЬЖЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ЛУНКАМИ ДЛЯ СМАЗКИ**

*Носов Юрий Олегович, Каменских Анна Александровна*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, anna\_kamenskih@mail.ru

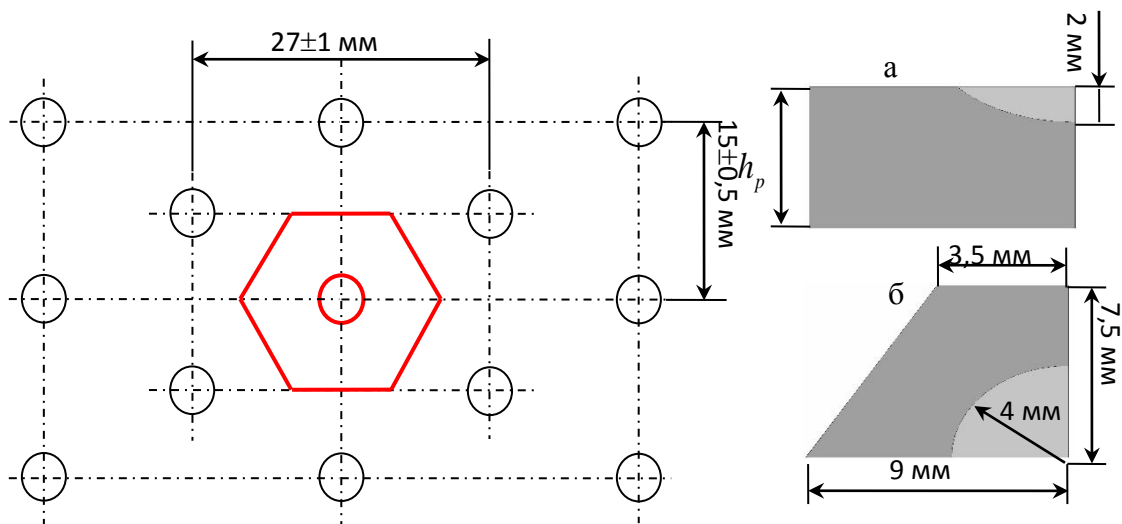
*Адамов Анатолий Арсангалеевич*

Институт механики сплошных сред УрО РАН, 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика  
Королёва, д. 1

В рамках исследования поведения тонкого плоского слоя антифрикционного полимерного материала с лунками для смазки, рассмотрено численное моделирование деформирования ячейки периодичности жесткой стальной плитой постоянным давлением от 5 до 90 МПа с учетом фрикционных свойств материала. Рассмотрен не благоприятный случай отсутствия смазки в лунке для двух вариантов фрикционного контакта с учетом и без учета смазки для 3 вариантов толщины слоя скольжения. Выполнен анализ влияния толщины слоя скольжения на деформационное поведение лунки для смазки. Проанализировано влияние фрикционных свойств полимерного материала на параметры зоны контакта.

Ключевые слова: ячейка периодичности, контакт, трение, смазка, антифрикционный материал.

В рамках работы выполнен анализ деформированного поведение относительно тонкого плоского слоя скольжения антифрикционного полимерного материала с лунками для смазки как элемента сферической опорной части. В объеме материала выделена ячейка периодичности, которая включает одну лунку для смазочного материала. Рассматривается четверть ячейки периодичности (Рисунок 1), исключенный из модели объем материала заменяется условиями симметрии. Рассматривается не благоприятный для элементов транспортно-логистических систем случай отсутствия смазки в лунке. Особый интерес представляет исследование влияния толщины слоя антифрикционного материала на деформационное поведение полимера в рамках контактного взаимодействия и интегральную жесткость плоского слоя скольжения сферической опорной части. Рассматривается три варианта толщины слоя скольжения  $h_p = 4, 6, 8$  мм.



**Рисунок 1. Фрагмент плоского слоя скольжения антифрикционного материала с лунками для смазки: а, б – геометрические характеристики ячейки периодичности**

В работе рассматривается задача о деформировании ячейки периодичности (Рисунок 1) жесткой стальной плитой с учетом всех типов фрикционного контактного взаимодействия в объемной подстановке, при этом в качестве модели поведения антифрикционного полимерного слоя (модифицированной фторопласт) выбрана деформационная теория упругопластичности.

Ранее в рамках исследования научным коллективом ООО «Альфа-Тех», ИМСС УрО РАН проведено крупномасштабное исследование фрикционных свойств материалов пригодных в той или иной мере к использованию в качестве материалов слоев скольжения сферических опорных частей. Натурные эксперименты проводились на современных испытательных машинах и позволили получить зависимости коэффициента трения материалов в диапазоне от 1,2 до 54 МПа. После обработки экспериментальных данных для модифицированного фторопласта были получены аппроксимирующие функции, которые позволили с максимальной погрешностью 8 % в случае контакта без учета смазки и 5% при контакте с учетом смазки получить коэффициенты трения для более высоких уровней давления.

В работе выполнена серия численных экспериментов о деформировании жесткой стальной плитой ячейки периодичности давлением от 5 до 90 МПа, что соответствует диапазону номинальных рабочих нагрузок сферических опорных частей. Получены и проанализированы деформационные и контактные характеристики слоя скольжения: интенсивность напряжений, интенсивность пластических деформаций, контактное давление, контактное касательное напряжение, статусы контакта и др.



На рисунках 2-3 на примере слоя скольжения толщиной 4 мм представлен характер распределения и уровень интенсивностей напряжения и пластических деформаций на примере 3 нагрузок 30, 60, 90 МПа, коэффициенты трения без учета смазки в зоне контакта.

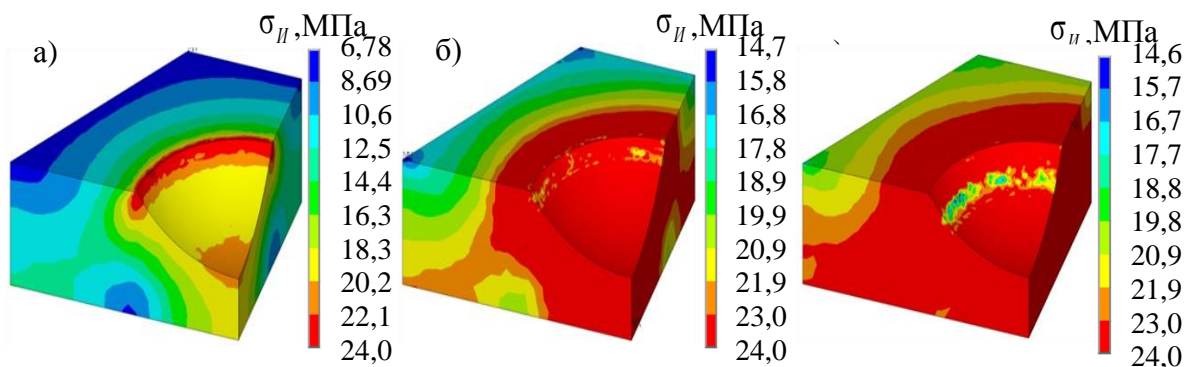


Рисунок 2. Интенсивность напряжений слоя антифрикционного материала толщиной 4 мм: а) – 30 МПа, б) – 60 МПа, в) - 90 МПа.

Зона максимальной интенсивности напряжений вблизи сферической лунки, при увеличении давления объем материала с максимальным уровнем интенсивности напряжений увеличивается не линейно.

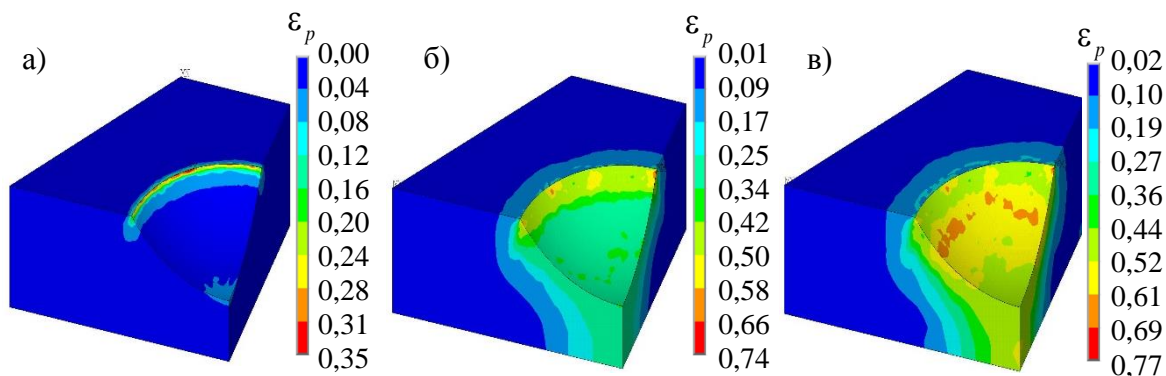
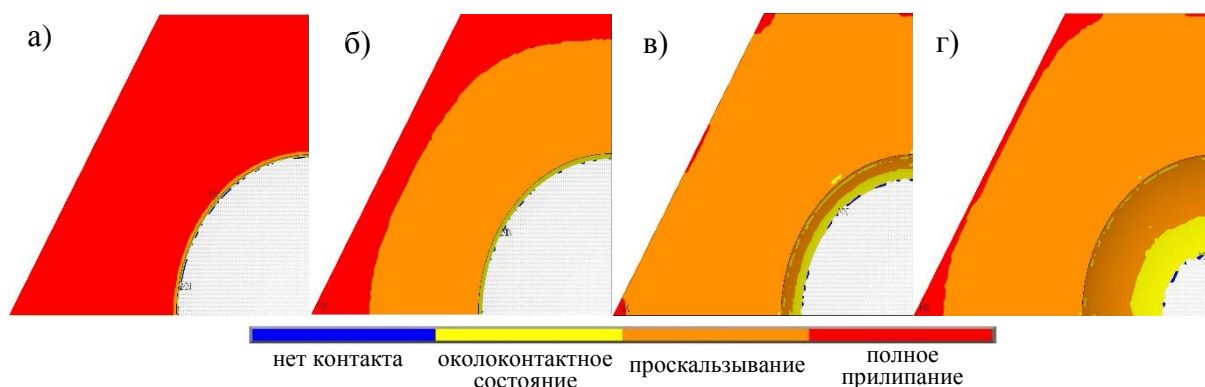


Рисунок 3. Интенсивность пластических деформаций слоя антифрикционного материала толщиной 4 мм: а) – 30 МПа, б) – 60 МПа, в) – 90 МПа.

Пластические деформации зарождаются вблизи лунки для смазки, по мере увеличения давления на стальную плиту геометрия лунки изменяется, при давлении 90 МПа углубления под смазочный материал практически не остается при всех вариантах фрикционных свойств.

Особый интерес представляют параметры зоны контакта: характер распределения состояний контакта, контактное давление и контактное касательное напряжения в зоне сопряжения жесткой стальной плиты с ячейкой периодичности. При деформировании ячейки периодичности происходит постепенное увеличение зоны контакта с поверхностью лунки,

что приводит к перераспределению контактных параметров. На Рисунок 4 показано изменение зон контактных состояний при увеличении нагрузки.



**Рисунок 4. Характер распределения зон контактных состояний слоя антифрикционного материала толщиной 4 мм: а) – 5 МПа, б) – 30 МПа, в) – 60 МПа, г) – 90 МПа.**

Выполненный аналогичный анализ для назначенных толщин слоя антифрикционного материала 6 и 8 мм дает основу для подбора более оптимальных деформационных характеристик рассмотренной ячейки периодичности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00147).

## **NUMERICAL ANALYSIS OF THE DEFORMED BEHAVIOR OF PLANE SLIDING LAYER OF ANTIFRICTION MATERIAL WITH THE HOLES FOR LUBRICAT**

*Nosov Yuriy O., Kamenskikh Anna A.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
anna\_kamenskikh@email.ru

*Adamov Anatoly A.*

Institute of Continuous Media Mechanics of the UB of RAS, 614013, Russia, Perm, Academician  
Korolev Street, 1

Numerical simulation of the periodicity cell deformation by a rigid steel plate with a constant pressure from 5 to 90 MPa, taking into account the frictional properties of the material, is considered as part of the study of the thin flat layer behavior of anti-friction polymeric material with holes for lubrication. The unfavorable case of the lubrication absence in the hole for two variants of frictional contact with and without lubrication for 3 variants of the sliding layer thickness is considered. The influence analysis of the sliding layer thickness on the deformation behavior of the hole for lubrication is performed. The frictional properties of polymer material influence on the contact zone parameters are analyzed.

Keywords: periodicity cell, contact, friction, lubricant, anti-friction material.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО ПОГРУЖНОГО НАСОСА НА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

*Павлов Данил Андреевич, Пещеренко Сергей Николаевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, pavlov\_danil\_94@mail.ru

В настоящее время начинаются разработки морских месторождений вязкой нефти. Их особенностью является высокий дебит скважин ( $\sim 10^4$  бар/сут) при вязкости  $\sim 10^2 - 10^3$  сП. Пока не разработаны специальные насосы для этих условий, добычу ведут имеющимися центробежными, применявшимися при добыче традиционной маловязкой нефти. Проведенные нами испытания этих насосов на мало и высоковязкой нефти показали, что насосы имеющие лучшие рабочие характеристики на маловязкой нефти, на высоковязкой нефти имели относительно худшие характеристики. Это означает, что для новых месторождений потребуется разработка новой линейки нефтяных насосов. В частности это означает, что потребуется методика гидродинамических расчетов насосов на высоковязких нефтях. Проведенные нами расчеты, в рамках RANS подхода, даже для моделей не использующих пристеночные функции, показали, что существующие методики согласуются с экспериментальными данными лишь до вязкостей  $\sim 10^2$  сП. При дальнейшем увеличении вязкости точность уменьшается, даже для ньютоновских жидкостей. Решение проблемы предлагается искать путем переопределения констант моделей турбулентности, применяемых в настоящее время.

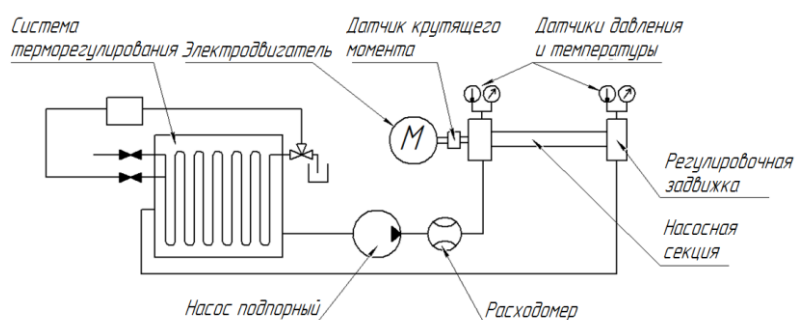
Ключевые слова: вязкая нефть, эмульсия, центробежный насос, ньютоновская жидкость.

В настоящее время доля добычи традиционной легкой маловязкой нефти (до 20-30 сП) уменьшается и растет доля высоковязкой нефти (выше 200 сП) [1-3]. С повышением вязкости характеристики насоса ухудшаются, поэтому появляется потребность в создании новых ступеней, предназначенных для добычи высоковязкой нефти [4]. Эту задачу можно решить методами вычислительной гидродинамики. Необходимо разработать методику расчета течения жидкости в ступени погружного насоса и произвести верификацию с результатами эксперимента.

Подобную методику уже предлагали [5], в ней проводился расчет семи ступенчатого насоса на вязкости от 10 до 100 сП. В данной статье для расчета использовались RANS подход и SST модель турбулентности. В результате были получены зависимости напора от подачи при разных вязкостях в рабочей зоне исследуемого насоса, которые сравнивались с

экспериментом. В качестве недостатков данной статьи можно отметить небольшой диапазон исследованных вязкостей.

Для верификации нашей методики, были проведены экспериментальные стендовые исследования двух ступеней ЭЦН7А-1000Э и ЭЦН7А-1600Э. Схема испытательного стенда представлена на Рисунок 1. В качестве модельной жидкости использовали синтетическое масло ИТД-680. Его вязкость варьировали путем изменения температуры в интервале 40-80 °С. В процессе испытаний температура рабочей жидкости поддерживалась постоянной при помощи системы терморегулирования. На входе насоса поддерживали избыточное давление 0.3–0.7 МПа. Расход жидкости регулировали задвижкой установленной на выходе из насоса.



**Рисунок 1. Схема испытательного стенда**

Давление и температуру жидкости измеряли на входе и выходе из насоса, момент сил – датчиком момента, установленным между электродвигателем и насосом. Испытания насоса проводили на частотах вращения вала 3000, 4000, 5000, 6000 об/мин в диапазоне подач от 0 до 2500 м<sup>3</sup>/сут. Частота вращения вала поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 3$  %. На каждой частоте испытания проводили не менее трех раз, изменяя подачу жидкости от нулевой до максимального значения и в обратную сторону от максимальной подачи до подачи равной нулю. Во всех испытаниях число ступеней насоса было не менее 6.

В качестве результатов были получены зависимости напора, потребляемой ступеню мощности, КПД от подачи во всем диапазоне исследованных вязкостей. Максимальные значения КПД, для сравнения ступеней ЭЦН7А-1000Э и ЭЦН7А-1600Э, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение максимальных КПД ступеней на разных вязкостях

Вязкость, сП	Значение КПД, %	
	ЭЦН7А-1000Э	ЭЦН7А-1600Э
1	74,1	71,0
75	47,9	65,4
175	34,6	47,7
265	26,2	36,1
370	23,5	32,3

Как видно из таблицы 1, значение КПД на воде (1 сП) для ступени ЭЦН7А-1600Э меньше, чем у ступени ЭЦН7А-1000Э, однако на остальных вязкостях КПД значительно выше. Чтобы определить, какая конструкционная особенность сравниваемых ступеней приводит к такому результату, необходима разработка методики расчета течения вязкой жидкости. На первом этапе верификацию методики проводили путем сравнения вычисленных и измеренных значений напора, поскольку на величину КПД влияют трение в подшипниках и утечки жидкости через уплотнения ступеней, которые в эксперименте не измерялись.

Верификацию расчетов проводили по зависимостям напора от подачи на разных вязкостях для ступени ЭЦН7А-1000Э при частоте 2916 об/мин.

Главной нашей идеей является отказ от стандартных пристеночных функций. Использовали гексагональную сетку с  $y^+ \sim 1$  в погранслое. Математическая постановка для несжимаемой вязкой жидкости ( $\rho = const$ ) состоит из уравнения неразрывности и уравнение движения Навье-Стокса в форме Рейнольдса для вращающейся системы координат. В качестве модели турбулентности использовали SST модель [6].

В качестве граничных условий на входе задавался массовый расход жидкости (кг/с), на выходе давление равно нулю и вращение домена рабочего колеса со скоростью 305 рад/сек (2916 об/мин).

В результате при вязкостях до 200 сП расчеты совпадали с экспериментом. Однако при попытках посчитать жидкость с вязкостью выше 200 сП без пристеночных функций, получились спорные результаты. Можно сделать вывод, что отказа от пристеночных функций недостаточно, необходимо менять стандартные коэффициенты SST модели турбулентности для жидкостей с вязкостью  $>200$  сП.

### Библиографический список

1. Яценко И.Г., Нестерова Г.В. Нефтегазовые ресурсы арктического сектора// Интерэкспо Гео-Сибирь.- 2015. - № 1. –т. 2. С. 222-226
2. *Oldrich Joel Romero, Anderson Hupp.* Subsea Electrical Submersible Pump Significance in Petroleum Offshore Production // Journal of Energy Resources Technology. March 2013
3. *Черепашников А.В., Соколов В.Б., Широких В.Л.* Опыт исследования скважин, оборудованных ЭЦН // Нефтяное хозяйство, № 10, 1981. С. 51-54.
4. *Мищенко И.Т.* Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. – М: М71 ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 816 с
5. *Jianjun Zhu, Hattan Banjar, Zhenyan Xia, Hong-Quan Zhang.* CFD simulation and experimental study of oil viscosity effect on multi- stage electrical submersible pump (ESP) performance // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2016. №146. 735-745.
6. *Лойцянский Л.Г.,* Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

### METHOD OF CALCULATING THE CHARACTERISTICS OF OIL-PRODUCING SUBMERSHIP PUMP ON A VISCOUS LIQUID

*Pavlov Danil A., Pescherenko Sergey N.*

State National Research Politechnical University of Perm, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia,  
614000, pavlov\_danil\_94@mail.ru

Now start the development of offshore fields and highly viscous oil. Their feature is a high well flow rate ( $\sim 10^4$  bar/day) at the viscosity of  $\sim 10^2 - 10^3$  cP. Until special pumps are developed for these conditions, the production is carried out by the existing centrifugal pumps used in the production of traditional low-viscosity oil. Our tests of these pumps on low and high-viscosity oil showed that the pumps having the best performance on low-viscosity oil, on high-viscosity oil had relatively worse characteristics. This means that new fields will require the development of a new line of oil pumps. In particular, this means that a method of hydrodynamic calculations of pumps on high-viscosity oils will be required. Our calculations within the RANS approach, even for models that do not use wall functions, showed that the existing methods are consistent with the experimental data only up to the viscosity  $\sim 10^2$  cP. As viscosity increases further, accuracy decreases, even for Newtonian fluids. The solution to the problem is proposed to be sought by redefining the constants of the turbulence models currently used.

Keywords: viscous oil, emulsion, centrifugal pump, Newtonian liquid.

## НЕСТАЦИОНАРНАЯ МОДЕЛЬ ПЛАСТ–СКВАЖИНА–УЭЦН

*Пенкин Никита Константинович, Пещеренко Сергей Николаевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, penkin15051993@gmail.com

Многие месторождения нефти в РФ находятся на поздней стадии эксплуатации, для которой характерно наличие густой сетки скважин и быстрое изменение условий добычи из-за взаимного влияния соседних, как добывающих, так и водонапорных скважин. В настоящее время основные усилия нефтяных компаний направлены на создание математической модели месторождения как основы для последующей оптимизации его работы. Однако, из-за большого числа переменных и сложности модели, пока были получены лишь частичные решения. Альтернативный подход состоит в построении нестационарной модели отдельной скважины с целью оптимизации добычи в каждый момент времени и из каждой скважины по отдельности. В данной работе предложена такая модель для случая, когда скважинная жидкость гомогенная или эффективно однофазная. Пласт считаем упруго деформируемым. Течение в скважине описываем осредненными по ее поперечному сечению уравнениями Навье-Стокса и непрерывности. Модель ЭЦН задается как зависимость создаваемого давления от подачи и частоты вращения вала. Решение системы уравнений ищем при двух ограничениях: на предельную температуру изоляции электродвигателя (которую определяет уравнение теплопроводности и электромагнитный расчет потерь в двигателе) и предельный изгиб УЭЦН, как решение уравнений упругости при варьировании глубины спуска при заданной инклинометрии скважины.

Ключевые слова: модель нефтяной скважины, осреднение уравнений гидродинамики, нефтяной насос, тепловой расчет электродвигателя, инклинометрия скважины.

Течение жидкости в пласте описывали законом сохранения массы и законом Дарси:

$$\frac{\partial mp}{\partial t} + \nabla p u_r = 0, u_r = -\frac{k}{\mu} \nabla p \quad (1)$$

Считали, что из-за изменения давления в пласте, при добыче из него жидкости, пласт деформируется упруго, т.е. коэффициенты уравнений (1) линейно зависят от давления. Это приводит к следующему уравнению:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \xi \nabla p = \xi \left( \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) \quad (2)$$

где  $\xi$  - коэффициент пьезопроводности,  $\xi \in (0, 1, 1,5) \text{ м}^2/\text{с}$ .

Уравнение движения жидкости внутри обсадной колонны и внутри НКТ получили осреднением уравнений непрерывности и Навье-Стокса по поперечному сечению потока [1].

Поскольку скорость жидкости обычно много меньше скорости звука, жидкость считали несжимаемой. Осредненное уравнение имеет следующий вид:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \tau \quad (3)$$

где  $v$  - продольная (вдоль пласта) компонента скорости,  $\tau$  - плотность сил трения (сила трения жидкости о стенки канала, деленная на объем канала), а градиент давления  $\partial p/\partial x$  не зависит от  $x$ , например, для течения в НКТ:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{p(Q) + pgh(t) - P_{устье}}{L} \quad (4)$$

$p(Q)$  - напор развиваемый насосом при подаче  $Q$ ,  $h$  - динамический уровень, или высота скважинной жидкости над насосом,  $P_{устье}$  - давление в НКТ на устье скважины,  $L$  - длина НКТ. При ламинарном течении  $\tau = C_1 v$ ,  $C_1 = \text{const}$  при турбулентном  $\tau = C_2 v^2$ ,  $C_2 = f(\text{Re})$ ,  $\text{Re}$  - число Рейнольдса. Поскольку  $Q = vS_0$ , где  $S_0$  - площадь поперечного сечения НКТ, то из (3), (4) следует:

$$\frac{1}{S_0} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{p(Q) + pgh(t) - P_{устье}}{L} - \tau(Q, L) \quad (5)$$

Нефтедобывающий насос имеет две характеристики: развиваемое давление как функция подачи  $P(Q)$  и КПД  $\eta(Q)$ , которые задавали в виде эмпирических функций, определяемых в ходе стендовых испытаний или расчетов методами вычислительной гидродинамики.

Для замыкания системы уравнений (1) - (3) использовали условие баланса притока жидкости из пласта в скважину  $q(t)$ , подачи насоса  $Q(t)$  и изменение объема жидкости внутри скважины [2]:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = q(t) - Q(t) \quad (6)$$

$S$  - площадь поперечного сечения кольцевого зазора между обсадной колонной и стенками НКТ, заполненного жидкостью  $q(t) = 2\pi R h_{\text{перф}} \mu|_{r=R}$  и находится как решение уравнений (1)- (2), здесь  $R$  - радиус скважины,  $h_{\text{перф}}$  - длина зоны ее перфорации. Функции  $Q(t)$ ,  $h(t)$ , т.е. подача насоса и уровень жидкости в скважине, полностью описывают процесс извлечения нефти из пласта.

Однако, прежде чем рекомендовать полученные решения для практической реализации, нужно убедиться, что для их реализации система пласт-скважина-УЭЦН обладает необходимой надежностью, т.е. способностью эксплуатации на данном режиме длительное



время. Возможны следующие отказы: перегрев изоляции погружного электродвигателя и разрушение подшипников УЭЦН, если для достижения требуемых  $Q$  и  $h$  ее придется разместить на участке скважины с неприемлемой кривизной (выбор глубины спуска определяется параметром  $L$ ).

Температура изоляции электродвигателя определяется тепловыделением, т.е. КПД электродвигателя и потребляемой им мощностью  $N = P(Q)Q / \eta(Q)$ . Для теплового расчета нужно знать какая часть тепла выделяется в обмотках статора и ротора (омические потери), ферромагнитных сердечниках (потери на вихревые токи и перемагничивание), зазоре ротор-статор (внутреннее трение в масле, заполняющем двигатель) и в подшипниках. Эти данные получали из анализа результатов стендовых испытаний и расчета электродвигателя средствами вычислительной электродинамики.

Теплоотвод от двигателя к скважинной жидкости описывали уравнением, осредненным по поперечному сечению потока жидкости:

$$\rho c_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} \right) = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q \quad (7)$$

а распределение температуры внутри статора – уравнением теплопроводности осредненным по азимутальному углу:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \xi \nabla p = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + q \quad (8)$$

При следующих граничных условиях: на внутренней поверхности статора задавали тепловой поток от ротора, на внешней – теплоотвод в скважинную жидкость (коэффициент теплопередачи определяли через число Нуссельта по эмпирическим зависимостям. Статор был разделен на несколько кольцевых зон с разным тепловыделением и разными теплофизическими свойствами. Модель тестировали, сравнивая с результатами расчетов, полученными средствами вычислительной гидродинамики.

Выбор глубины спуска УЭЦН определяет набор допустимых решений  $h(t)$  и  $Q(t)$ . В реальных скважинах выбор глубины спуска существенно ограничен кривизной ствола скважины. Согласно промысловым данным максимальное время безотказной работы имеют УЭЦН эксплуатируемые на прямолинейных участках скважин (имеются рекомендации по минимально допустимой кривизне, не приводящей к снижению наработок на отказ). Следует также учитывать, что УЭЦН может быть повреждена при спуске, в процессе прохождения криволинейных участков скважины. Поэтому нами была разработана методика расчета прогибов УЭЦН по известной инклинометрии скважины. УЭЦН разбивали на участки

постоянной изгибной жесткости  $EI$  ( $E$  – модуль Юнга,  $I$  – момент инерции корпуса). Изгиб каждого из таких участков описывается уравнением  $\zeta^{IV}(x) = 0$ , т.е. кубической параболой. На местах стыков задавали следующие граничные условия: равенство смещений  $\zeta(x)$ , первых производных  $\zeta'(x)$  и моментов сил  $EI\zeta''(x)$ . Верхний конец УЭЦН считали закрепленным, нижний – свободным. Вычисленные изгибы сравнивали с рекомендуемыми предельно допустимыми. Отметим, что мы рассмотрели упрощенную модель, поскольку считали жидкость однофазной. Ограничений на вязкость не накладывали.

### Библиографический список

1. Попов Д.Н., Панаиотти С.С., Рябинин М.В. Гидромеханика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002.
2. Конопля Д.В. Возможность планирования работ по выводу скважины на режим// Нефтяное хозяйство. 2008. №7. Стр. 114-116.

### NONSTATIONARY MODEL OF GEOLOGICAL HORIZON –WELL–ESP

*Penkin, Peshcherenko S.N.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
penkin@list.ru

Many oil fields in the Russian Federation are at a late stage of operation, which is characterized by the presence of a dense grid of wells and a rapid change in production conditions due to the mutual influence of neighboring, both producing and water wells. Currently, the main efforts of oil companies are aimed at creating a mathematical model of the field as a basis for further optimization of its work. However, due to the large number of variables and complexity of the model, only partial solutions have been obtained so far. An alternative approach is to construct a non-stationary model of a single well in order to optimize production at each time and from each well separately. In this paper we propose a model for the case when the borehole fluid is homogeneous or effectively single-phase. The formation is considered elastically deformable. The flow in the well is described by Navier-Stokes and continuity equations averaged over its cross section. The ESP model is defined as the dependence of the generated pressure on the supply and the speed of the shaft. We are looking for a solution to the system of equations under two restrictions: the limiting temperature of the motor insulation (which is determined by the equation of thermal conductivity and electromagnetic calculation of losses in the motor) and the limiting bending of the ESP, as a solution of the elasticity equations for varying the depth of descent at a given well inclinometry.

Keywords: model, oil wells, averaging of the equations of fluid dynamics, oil pump, thermal calculation of the motor, a directional survey of the well.

## БИОМЕХАНИКА БРУКСИЗМА

*Пешин Савелий Евгеньевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, sapeshin@yandex.ru

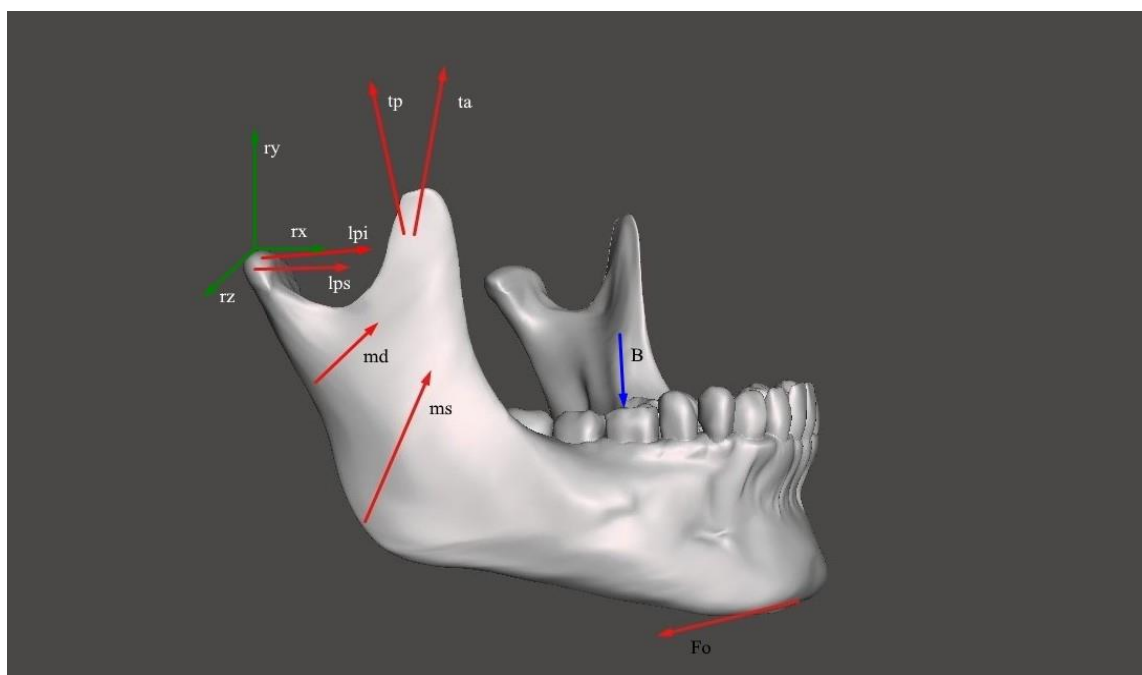
Концепция «Виртуальный физиологический человек» начала развиваться в США и Западной Европе с конца XX века. Согласно этой концепции (Virtual Physiological Human, VPH) организм человека рассматривается как сложная многоблочная система. В состав этой системы входят все подсистемы организма (сердечно-сосудистая система, система дыхания, нервная система, зубочелюстная система и др.). Каждая из указанных подсистем состоит из ряда других подсистем различного уровня (от макроуровня до наноуровня). Цель развития концепции состоит в детальном исследовании подсистем и установлении связей между ними на основе компьютерных моделей. Мысль о том, что человек – это единое целое и рассматривать его необходимо целиком появилась и была описана в начале 19го известным биологом Эрвином Бауэром. Развитие данной концепции позволит значительно ускорить и улучшить диагностику, а также найти оптимальный метод лечения каждого индивидуального пациента, включая проведение виртуальной операции. В работе рассматривается зубочелюстная система, как один из блоков VPH. Используется математическая модель зубочелюстной системы. Определяются усилия в жевательных мышцах при жевательных нагрузках бруксизма. Показаны подходы к использованию модели зубочелюстной системы при бруксизме.

Ключевые слова: усилия в жевательных мышцах, реакция в височно-нижнечелюстном суставе, жевательная нагрузка.

Термин бруксизм (от греч. «бругмос» – скрежетать) означает произвольные или полупроизвольные движение нижней челюсти относительно верхней, сопровождающиеся скрежетанием зубов, вызванное действием жевательных мышц. Бруксизм не рассматривается как отдельное заболевание, а является симптомом, вызванным другими заболеваниями (нарушение работы центральной нервной системы, беспокойный сон, проблемы со слуховым аппаратом, нарушения в зубочелюстной системе и т.п.). Вследствие перенапряжения жевательных мышц в зубочелюстной системе увеличивается реакция в височно-нижнечелюстном суставе, что, в свою очередь, может нарушить проводимость сонной артерии.

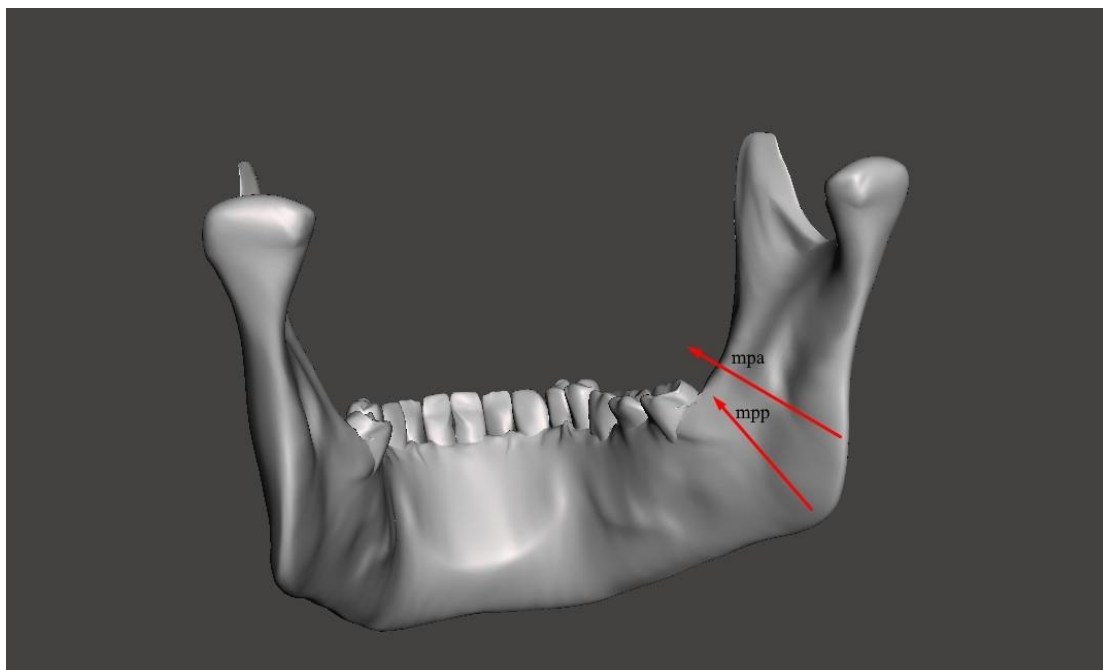
Задача определения усилий в жевательных мышцах является биомеханической проблемой. Нижняя челюсть представляет собой статически неопределимую систему. Целью данной работы является разработка общего метода решения статически неопределимых

задач. Существует 6 уравнений равновесия для пространственной системы сил [1]. Имея 6 уравнений можно найти 6 неизвестных сил (зная при этом геометрию системы). Зубочелюстная система имеет 8 пар неизвестных жевательных усилий, вызванных мышцами закрывателями. Группа открывателей представлена шестью неизвестными усилиями. В височно-нижнечелюстном суставе 3 пары неизвестных реакций. Итого имеем 6 уравнений и 34 неизвестных усилия, которые удерживают нижнюю челюсть в равновесии. На Рисунке 1 показано действие жевательных сил только с одной стороны нижней челюсти. Группа мышцы открывателей заменена результирующей силой  $F_0$ . Названия и обозначения жевательных мышц взяты из литературы [2]. Модуль и направление реакции в височно-нижнечелюстном суставе неизвестны, таким образом имеем 3 взаимно перпендикулярных вектора:  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $r_z$ . Внешняя нагрузка представлена жевательным усилием  $B$ . Нормальная физиологическая жевательная нагрузка человека  $B=160$  Н [3]. Люди, страдающие бруксизмом, испытывают повышенную жевательную нагрузку, отличную от нормальной физиологической  $B=260$  Н [4].



**Рисунок 1 Модель нижней челюсти и вектора сил, вызванные жевательными мышцами**

Одним из главных вопросов является неопределённость влияния различных заболеваний на спазм в жевательных мышцах пациента, страдающего бруксизмом. При проблемах в центральной нервной системе величины усилий в жевательных мышцах отличаются от патологий сна. Таким образом, лечить разные уровни спазма в жевательных мышцах необходимо по-разному. Знание распределения жевательной нагрузки по всем жевательным мышцам поможет определить стратегию лечения бруксизма.



**Рисунок 2** Модель нижней челюсти и вектора сил, вызванные жевательными мышцами, вид изнутри

Классическим подходом к раскрытию статической неопределённости является принцип Кастельяно. Применим этот принцип к решению задачи об определении усилий в жевательных мышцах при бруксизме. В данной работе рассматривается методика определения усилий в жевательных мышцах при различных патологиях.

#### **Библиографический список**

1. *Тарг С.М.* Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2010. – 416 с.
2. *Koolstra J.H., van Eijden T.M.G.J., Weijs W.A., Naeije M.* A three-dimensional mathematical model of the human masticatory system predicting maximum possible bite forces // *Journal of Biomechanics.* -1988. - Vol. 21, № 7. - P. 563-576.
3. *Бетельман А.И., Бынин Б.Н.* Ортопедическая стоматология. – М.:Медгиз, 1951. – 388 с.
4. *Кузьмин Д.В., Беглов М.В., Антонова И.Н., Кузьмина Е.Г.* Ночной бруксизм как маркер нарушения психологической адаптации спортсменов // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2018 (5):368-372.

## **BIOMECHANICS OF BRUXISM**

*Peshin Savelii E.*

State National Research Politechnical University of Perm, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia,  
614000, sapeshin@yandex.ru

The concept "Virtual Physiological Human" began to develop in the United States and Western Europe since the end of the 20th century. According to this concept (Virtual Physiological Human, VPH), the human body is considered as a complex multiblock system. The structure of this system includes all subsystems of the body (cardiovascular system, respiratory system, nervous system, dental system, etc.). Each of these subsystems consists of a number of other subsystems of different levels (from the macrolevel to the nanolevel). The purpose of the development of the concept is a detailed study of subsystems and the establishment of links between them based on computer models. The idea that a person is a single whole and it is necessary to fully consider it and was described in the beginning of the 19th century by the known Erwin Bauer. The development of this concept will significantly speed up and improve diagnostics, as well as find the optimal method for treating each individual patient, including performing a virtual operation. In this work, the dentition is considered as one of the VPH blocks. A mathematical model of the dental system is used. The efforts in the masticatory muscles during the chewing loads of bruxism are determined. The approaches to the use of the dentition model in bruxism are shown.

Keywords: efforts in masticatory muscles, temporomandibular joint reaction, chewing load.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИТОМЕГАЛОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА

*Поспелова Наталья Сергеевна, Пермякова Анна Владимировна*

Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,  
614000, Пермь, ул. Петропавловская 26, derucheva@mail.ru

Представлены результаты лабораторного обследования 520 детей в возрасте 1-3 лет. Определяли ДНК цитомегаловируса в различных биологических средах, методом полимеразной цепной реакции у детей, с острой цитомегаловирусной инфекцией в форме инфекционного мононуклеоза. Установили различия вирусывыделения в кровь и слюну: медиана вирусной нагрузки для слюны составляет 4,9 lg копий ДНК/мл, крови - 3,4 lg копий ДНК/мл. С помощью математического моделирования установили «пороговые» значения вирусной нагрузки, определяющие клиническую вероятность развития острой ЦМВИ, что дает возможность более точного и своевременного назначения этиотропной терапии.

Ключевые слова: цитомегаловирус, дети, вирусывыделение, полимеразная цепная реакция, вирусная нагрузка.

**Введение.** Развитие современной науки привело к лавинообразному росту собираемой и анализируемой информации. Объемы данных настолько внушительны, что человеку просто не по силам проанализировать их самостоятельно, хотя необходимость проведения такого анализа вполне очевидна, ведь в этих данных заключены знания, которые могут быть использованы при принятии решений. Для того чтобы провести автоматический анализ данных, используется технология искусственного интеллекта Data Mining [1]. Data Mining – это процесс обнаружения в "сырых" данных ранее неизвестных нетривиальных практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах деятельности человека, и в медицине, в частности. Задачи, решаемые методами Data Mining, принято разделять на описательные, и предсказательные. Описательные задачи наглядно представляют имеющиеся скрытые закономерности, в предсказательных задачах на первом месте стоит вопрос о предсказании для тех случаев, для которых данных ещё нет, для решения этих задач применяют регрессионный анализ.

Одним из направлений исследовательской работы кафедры детских инфекций ПГМУ является построение прогностических моделей патологических состояний (инфекционных заболеваний) у детей. Особенностью современной патологии детей раннего возраста

является широкая распространённость инфекций герпесвирусной группы. Одним из значимых патогенов в семействе герпесвирусов является цитомегаловирус (ЦМВ).

**Цель исследования.** Оптимизировать лабораторную диагностику острой формы цитомегаловирусной инфекции у детей, путем определения количества ДНК цитомегаловируса в различных биологических средах

**Материалы и методы.** Основную группу исследования составили 65 детей 1-3 лет с острой формой ЦМВИ, группу сравнения составили 43 ребенка с острой респираторной инфекцией, у которых маркеры острой ЦМВИ отсутствовали. Согласно классификации отечественных авторов маркерами острой формы ЦМВИ считали обнаружение ДНК ЦМВ в крови, наличие анти-ЦМВ IgM, причем при отсутствии анти-ЦМВ IgG, определяли первичную инфекцию, при наличии анти-ЦМВ IgG – реактивацию [2]. Критерии включения в группы исследования: возраст 1-3 года; наличие маркеров острой ЦМВИ (ДНК ЦМВ в крови) – для основной группы и отсутствие ДНК ЦМВ в крови – для группы сравнения, информированное согласие родителей (законных представителей) на участие в исследовании. Использовали полимеразную цепную реакцию (ПЦР) в режиме реального времени (Real-time) с использованием набора реагентов «АмплиСенс<sup>®</sup> CMV-скрин/монитор-FL». Количество ДНК цитомегаловируса в исследуемых образцах (вирусную нагрузку, ВН) измеряли числом копий ДНК на миллилитр среды, заменив интегральную шкалу (коп/мл), на логарифмическую (lg/ml).

Для построения математической модели использовали регрессионный анализ, применяли логистическую регрессию. Проверку значимости модели осуществляли при помощи критерия  $\chi^2$ , отвергающего нулевую гипотезу, что все оцениваемые коэффициенты равны нулю, и коэффициента  $R^2$ , характеризующего долю вариации результативного признака  $y$ , объясняемую регрессией, в общей вариации (дисперсии). Качество созданной математической модели оценивали при помощи построения ROC-кривой и определения площади под ней AUC (Area under ROC). Обработку полученных результатов исследования проводили на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010, STATISTICA 10, Deductor Studio.

### **Результаты исследования и обсуждение**

В крови ДНК цитомегаловируса обнаружена у всех пациентов основной группы, что являлось условием включения в исследование. В слюне детей основной группы ДНК ЦМВ определялась у 99,0% (64/65) детей, против 69,7% (30/43) в группе сравнения. При сравнительном анализе медиан вирусной нагрузки в биологических средах детей основной



группы, установлены достоверные отличия: кровь –  $3,4 \lg \pm 0,2$  копий ДНК/мл (ДИ 3,3;3,7), слюна -  $4,9 \lg \pm 0,1$  копий ДНК/мл (ДИ 4,8;5,4),  $p=0,0001$ . В крови детей группы сравнения вирусная ДНК не обнаружена, в слюне медиана вирусной нагрузки составила  $2,9 \pm 0,1 \lg$  копий ДНК/мл (ДИ 2,6;3,1). Для повышения точности идентификации больных острой ЦМВИ методом ПЦР необходимо применить количественную методику, а именно рассчитать количество вируса соответствующее острой стадии инфекции, что и было осуществлено при помощи математического моделирования.

Математическое моделирование осуществляли посредством регрессионного анализа. Независимой переменной модели в нашем случае являлось значение вирусной нагрузки, выраженное десятичным логарифмом; зависимая переменная – наличие острой формы ЦМВИ у пациента (да/нет, 1/0). Поскольку зависимая переменная бинарна, применяя логит-преобразование в уравнении регрессии, вычислена вероятность того, что пациент классифицируется в ближайшую категорию зависимой переменной. Для построения математической модели классифицирующей распределение вирусной нагрузки в слюне учитывались 108 результатов ПЦР-анализа слюны (основная группа и группа сравнения). Получено линейное уравнение регрессии:  $y = -6,68 + 1,75x$ , где  $x$  – значение десятичного логарифма вирусной нагрузки. Далее, подставив любое значение вирусной нагрузки, в уравнение регрессии, представленное в формуле 1, получили значение вероятности наличия острой ЦМВИ при данной вирусной нагрузке.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(-6,68 + 1,75x)}} \quad (1)$$

Если рассчитанное значение вероятности «у» равно или больше 0,5, то данного больного следует отнести в группу больных, у которых острая ЦМВИ высоковероятна. Чувствительность модели оказалась равной 88,0%, а специфичность 87,5%. Пороговое значение (cut-off value) вычислялось для заданных  $Se \approx Sp$ :  $\text{cut-off} = \min |Se - Sp|$ , это то значение вирусной нагрузки, при котором чувствительность приблизительно равна специфичности, и которая показывает, после какого значения вероятности один класс сменяется другим, в нашем случае оптимальный порог для значений вирусной нагрузки ДНК ЦМВ в слюне,  $\text{cut-off} = 4,1 \lg$  ( $Se = 0,85$ ,  $Sp = 0,83$ ). Точка отсечения в  $4,1 \lg$  значит, что все значения  $VH \geq 4,1 \lg$ , могут трактоваться, как острая ЦМВИ. Вероятность острой ЦМВИ при значении  $VH = 4,1 \lg$  составляет 65,0%. Максимальная специфичность теста (определение подлинно больного пациента) будет соответствовать значениям  $VH \geq 5,0 \lg$  и выше.

### **Выводы:**

При острой цитомегаловирусной инфекции в форме инфекционного мононуклеоза происходит выделение вируса в биологические среды организма, такие как кровь и слюна. При этом максимальное количество вируса определяется в слюне, превышая значения 6 lg копий/мл (медиана - 4,9 lg копий ДНК/мл), в крови количество вируса находится в области низких и средних значений вирусной нагрузки (медиана - 3,4 lg копий ДНК/мл).

Математическая модель определяет, что значения вирусной нагрузки ДНК ЦМВ в слюне выше 4,1 lg копий ДНК/мл, с вероятностью более 65,0% соответствуют острым формам ЦМВИ, что дает возможность более точного и своевременного назначения этиотропной терапии.

### **Библиографический список:**

1. Deductor. Руководство аналитика Версия 5.2 © 1995-2009. Компания Base Group™ Labs. /Available at: <http://www.basegroup.ru/deductor/manual/guide-analyst-520>.
2. *Каражас Н.В., Малышев Н.А., Рыбалкина Т.Н., Калугина М.Ю., Бошьян Р.Е. Кистенева Л.Б., Чешик С.Г., Мозанкова Л.Н.* Герпесвирусная инфекция (эпидемиология, клиника, диагностика, профилактика и лечение) // Методические рекомендации. М. Спецкнига. 2007. 28 с.

## **IMPROVEMENT OF DIAGNOSIS OF ACQUIRED CYTOMEGALOVIRUS INFECTION IN YOUNG CHILDREN**

*N.S. Pospelova, A.V. Permyakova,*

Perm Medical State University named after E.A. Wagner, 614000, Perm, Petropavlovskaya st. 26,  
derucheva@mail.ru

Summary. The results of a laboratory examination of 520 children aged 1-3 years are presented. The examination was conducted to determine the DNA of cytomegalovirus in children with acute cytomegalovirus infection in various biological media by polymerase chain reaction. The differences in the virus shedding into the blood and saliva are established: the median of the viral load for saliva is 4.9 lg copies of DNA / ml, the blood 3.4 lg copies of DNA / ml. The cut of values of the viral load are determined with the help of mathematical modeling which determine the clinical probability of developing acute CMV infection which allows for more accurate and timely assignment of etiotropic therapy.

Keywords: cytomegalovirus, children, virus excretion, polymerase chain reaction, viral load.

## ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

*Потапова Наталья Викторовна*

Кубанский государственный университет, 350059, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, potapova50@gmail.com

На сегодняшний день цифровая экономика занимает основную позицию во всех сферах жизни человека, оказывая значительное влияние на рынок труда. Цифровая экономика – прорывная технология в системе устойчивого развития общества и общественных отношений, а цифровизация экономической системы является основным направлением развития государства, экономики и общественных отношений. Данный процесс оказывает влияние на систему обучения, мотивации и организации труда человека. На нынешний период времени необходимо ввести новые технологии в систему образования, как того требуют потребности общества. Сегодня, как никогда актуальна фраза: "Учить сегодня тому, что необходимо будет завтра". Статья посвящена модернизации образования на этапе формирования цифрового общества, рассмотрена трансформация образовательного процесса, методов обучения и компетенций.

Ключевые слова: Образование, цифровая экономика, онлайн курсы.

Эпохой цифровизации принято называть новую фазу развития общества и общественных отношений на нынешнем этапе их формирования. На новом этапе развития цивилизации деятельность человека связана с созданием, переработкой и использованием информации и определенных знаний, представленные в цифровом виде. Цифровая экономика – прорывная технология в системе устойчивого развития общества и общественных отношений, а цифровизация экономической системы является основным направлением развития государства, экономики и общественных отношений [1].

Программа "Цифровая экономика Российской Федерации", утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р ставит одной из задач, разработать и апробировать модели компетенций, обеспечивающие эффективное взаимодействие общества, бизнеса, рынка труда и образования в условиях цифровой экономики.

К современному специалисту предъявляется ряд основных требований:

1. ИТ - грамотность. В современном обществе необходимо формирование у специалистов цифровых компетенций и использование информационно - коммуникативных технологий в профессиональной деятельности;

2. Языковая мобильность. Специалист способен овладевать разными иностранными языками, как того, требует профессиональная пригодность;

3. Желание учиться. Мотивационная составляющая в современном мире выражает способность и готовность к обучению. Оно играет ведущую роль в развитии личности, в том числе и самообразовании;

4. Трудовая миграция. Человек способен овладеть разными профессиями и переучиваться в течение всей жизни.

5. Работа в междисциплинарных средах и знание, возникающего «всеобщего языка понятий» (в том числе системной инженерии и экономики).

6. Способность учиться, разучиваться и переучиваться в течение жизни [2].

Вышеуказанные компетенции будущего определяют формирование современного человека, как «человека новой формации», который будет обладать способностью в своей работе использовать исследовательские и проектные методы.

Чтобы стать конкурентоспособным специалистом в информационном пространстве необходимо получать взаимодействие между различными дисциплинами, отраслями знания, в процессе развития которого происходит обмен, интеграция идей и взглядов, понятийного аппарата и исследовательской практики. Система высшего образования должна работать в интересах подготовки граждан в условиях цифровой экономики. Математическое образование должно давать возможность получать не только фундаментальные знания о науке, но и актуальные, те, которые диктует рынок труда.

В настоящее время образование будущего переживает цифровую трансформацию, выходит за временные рамки жизни, за рамки учебных учреждений с использованием уникальных возможностей сетевых и цифровых технологий, с вовлечением в образовательный процесс всех прямых и косвенных участников. Меняется роль педагога в эпоху цифровой экономики, возникают новые формы взаимодействия между педагогом и обучающимся, так называемое сетевое взаимодействие [3].

В последнее время в условиях цифровых общественных отношений ведущая роль в педагогическом процессе принадлежит электронным образовательным технологиям. Одним из наиболее востребованным педагогическим трендом является формирование массовых открытых онлайн - курсов для систем уровня и дополнительного образования (massive open online courses- MOOC)[4].

Сейчас на рынке электронных образовательных услуг сформированы и работают крупнейшие платформы массовых открытых онлайн - курсов, объединившие ряд крупных

мировых университетов, в их числе платформа Coursera, KHAN, edX, Udacity и другие. Это свидетельствует о том, что информационная образовательная среда доступна, а обучение и познание становится процессом. По своей структуре массовые открытые онлайн - курсы включает в себя видео – лекции, обучающие упражнения (задания для закрепления материала), домашние и контрольные задания.

В Кубанском государственном университете функционирует среда модульного динамического обучения КубГУ, работающая на платформе moodle. На базе этой среды реализуются курсы по различным учебным дисциплинам, которые студенты осваивают в процессе получения высшего образования. Так для студентов 3 курса направления обучения 44.03.05 «Педагогическое образование с двумя профилями (Математика, Информатика)» разработан курс по дисциплине «Теория и методика обучения математике» [5].

В рамках курса студенты имеют доступ к лекциям в электронном виде, выполняют лабораторные работы и индивидуальные задания. Удобство курса заключается в том, что в любое время и независимо от местонахождения, имея доступ к сети интернет, студент может воспользоваться личным кабинетом и найти всю интересующую его информацию. Так же особую роль играет возможность чата, где участники курса могут обсудить вопросы и получить консультацию преподавателя.

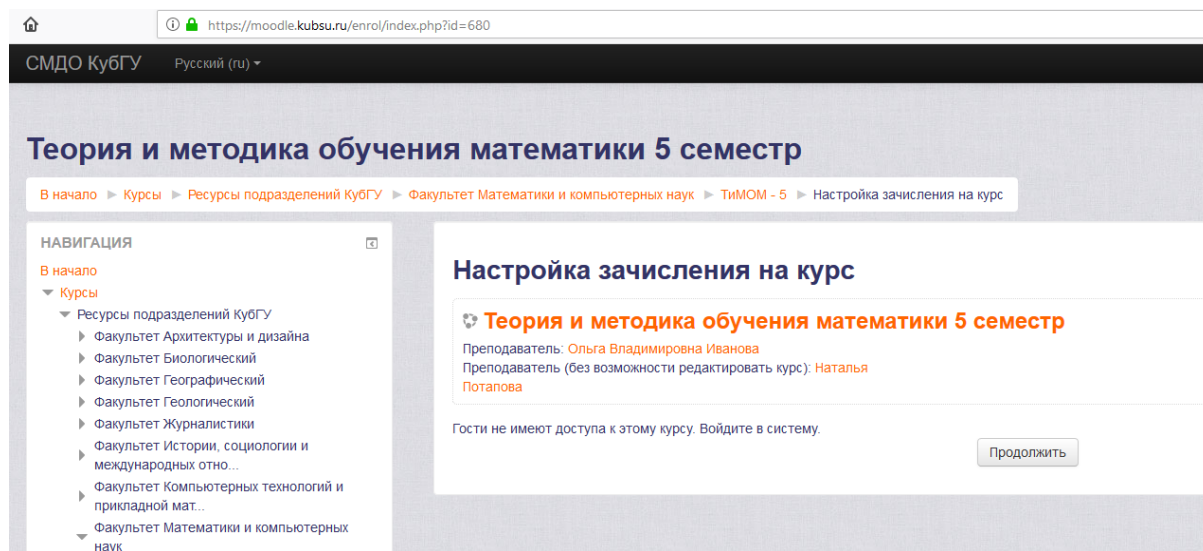


Рисунок 1 курс «Теория и методика обучения математики»

Использование дополнительных систем обучения в образовательной деятельности дает не только отличный результат качества образования, но и помогает реализовать цифровое общество как можно скорее.

### Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации № 16-32-р от 28 июля 2017 г. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата запроса: 01.10.2018).
2. Лукша П. Образовательные инновации или зачем нам нужно менять образование. Режим доступа: <http://www.vneshtorg.biz/index>. (дата запроса: 01.10.2018).
3. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 203 от 9 мая 2017 г. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата запроса: 01.10.2018).
4. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23 августа 2017 г. N 816 "Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ" Режим доступа: <https://minjust.consultant.ru/documents/> (дата запроса: 01.10.2018).
5. Среда Модульного Динамического Обучения КубГУ URL: <https://moodle.kubsu.ru/login/index.php> (дата запроса: 05.11.2018).

### HIGHER EDUCATION IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ECONOMY

*Potapova Natalia V.*

Kuban State University, 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350059, Russia,  
potapova50@gmail.com

Today, the digital economy occupies a major position in all spheres of human life, having a significant impact on the labor market. Digital economy is a breakthrough technology in the system of sustainable development of society and social relations, and digitalization of the economic system is the main direction of development of the state, economy and social relations. This process has an impact on the system of training, motivation and organization of human labor. For the current period of time, it is necessary to introduce new technologies into the education system, as required by the needs of society. Today more than ever the phrase "To Teach today what will be necessary tomorrow" is relevant. The article is devoted to the modernization of education at the stage of formation of digital society, the transformation of the educational process, teaching methods and competencies.

Key words: Education, digital economy, online courses.

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ СТУДЕНТАМИ НЕМАТЕМАТИЧЕСКИХ ФАКУЛЬТЕТОВ В ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Потапова Наталья Викторовна, Макаровская Татьяна Григорьевна*

Кубанский государственный университет, 350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская,  
149, potapova50@gmail.com

Прикладная направленность обучения математике является хорошей мотивацией к изучению этой дисциплины. Чем лучше в курсе математики будут усвоены методы решения прикладных задач, тем успешнее студенты будут усваивать специальные дисциплины. Одним из наилучших методов получения эмпирических формул, составленных на основании опыта и наблюдений, является метод наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов это один из методов ошибок теории для оценки неизвестных величин по результатам измерений, содержащим случайные ошибки.

Этот метод относится к методам приближенного восстановления функции по известным ее значениям в ряде точек. На практике часто возникает задача о наилучшем подборе эмпирических формул. Статья посвящена практическому приложению этого метода к задачам химического анализа.

**Ключевые слова:** инновационные технологии, эмпирические формулы, метод наименьших квадратов, прямолинейные градуированные графики.

На современном этапе российское образование переживает процесс модернизации, направленный на внедрение в педагогическую деятельность инновационных технологий обучения, эффективных методик преподавания. Прикладная направленность обучения математике помогает этому. Чем лучше в курсе математики будут усвоены методы решения прикладных задач, тем успешнее будут студенты в освоении специальных дисциплин [2, с. 119].

В естествознании приходится пользоваться эмпирическими формулами, составленными на основе опыта и наблюдений. Один из наилучших методов получения таких формул – это способ наименьших квадратов. Он относится к методам аппроксимации, или приближенного восстановления функции по известным ее значениям в ряде точек. На практике часто возникает задача о наилучшем подборе эмпирических формул, позволяющим представить в аналитической форме данные статистических наблюдений, измерений и т.д.

В химическом анализе чаще всего используют прямолинейные градуированные графики, построенные для определенного диапазона определяемых содержаний, т.е. в

области значений определяемых содержаний, предусмотренных данной методикой. Уравнение прямой можно записать в виде  $y = a + bx$ . Если мы имеем  $m$  экспериментальных точек  $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_m, y_m)$ , то, используя нормальную систему метода наименьших квадратов можем найти параметры прямой  $a$  и  $b$ , наилучшим образом удовлетворяющие экспериментальным данным (суммирование ведется по  $i$  от 1 до  $m$ ):

$$\begin{cases} a = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \\ b = \frac{m \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}. \end{cases} \quad (1)$$

Система из формулы 1 носит название нормальной системы метода наименьших квадратов.

Задача. Для спектрофотометрического определения меди построена экспериментальная градуировочная зависимость:

Таблица 1 – Градуировочная зависимость

$x_{Cu}$ , мкг/мл	0,51	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
$y=A$	0,081	0,154	0,233	0,320	0,474	0,788

Рассчитайте параметры  $a$  и  $b$  линейной градуированной зависимости  $Y=a+bx$ , укажите их доверительные интервалы [1, с.22].

*Решение.* Параметры градуированной зависимости рассчитаем по формулам, данным в методе наименьших квадратов:

$$a = \frac{2,05 \cdot 4,15 - 13,0 \cdot 6,546}{6 \cdot 41,5 - (13,0)^2} = -0,00028$$

$$b = \frac{6 \cdot 6,546 - 13,0 \cdot 2,05}{6 \cdot 41,5 - (13,0)^2} = 0,158.$$

Для расчета доверительных интервалов найденных параметров необходимо, прежде всего, рассчитать дисперсию по формуле 2:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - Y_i)^2}{m - 2}, \quad (2)$$

где  $m$  – число образцов сравнения, использованных для построения градуировочного графика, где значения  $Y_i$  (теоретические) вычисляются как  $Y_i = a + bx_i$  :



Таблица 2 – Значения  $Y_i$ 

$x_i$ , МКГ/МЛ	$y_i$	$Y_i$	$(y_i - Y_i)^2$
0,5	0,081	0,078625	$5,64 \cdot 10^{-6}$
1,0	0,154	0,157538	$1,25 \cdot 10^{-5}$
1,5	0,233	0,236450	$1,19 \cdot 10^{-5}$
2,0	0,320	0,315363	$2,15 \cdot 10^{-5}$
3,0	0,474	0,473188	$6,60 \cdot 10^{-7}$
5,0	0,788	0,788838	$7,01 \cdot 10^{-7}$

$$\sum_{i=1}^m (y_i - Y_i)^2 = 5,29 \cdot 10^{-5};$$

$$D_0 = 1,32 \cdot 10^{-5}; s_0 = 3,64 \cdot 10^{-3}.$$

Из полученного значения  $D_0$  находим дисперсии параметров  $a$  и  $b$  по формулам 3 и 4:

$$D_a = D_0 \frac{\sum x_i^2}{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = D_0 \frac{\sum x_i^2}{m \sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{1,32 \cdot 10^{-5} \cdot 4,15}{6 \cdot 41,5 - (13,0)^2} = 6,85 \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

$$D_b = D_0 \frac{m}{m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = D_0 \frac{1}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{6 \cdot 1,32 \cdot 10^{-5}}{6 \cdot 41,5 - (13,0)^2} = 9,90 \cdot 10^{-7}. \quad (4)$$

и стандартные отклонения:

$$s_a = 2,62 \cdot 10^{-3},$$

$$s_b = 9,95 \cdot 10^{-4}.$$

Доверительные интервалы величин  $a$  и  $b$  рассчитываем по формуле 5

$$s_a = a \pm s_a t_{pf};$$

$$s_b = b \pm s_b t_{pf}, \quad (5)$$

где  $p$  – обычно принимают равным 0,95, а  $f = m - 2$ .

Соответственно,  $a = (-0,3 \pm 7) \cdot 10^{-3}$  и  $b = 0,158 \pm 0,003$ . Таким образом, величина свободного члена  $a$  незначительно отличается от нуля.

### Библиографический список

1. *Фадеева В.И., Барбалат Ю.А.* Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: Пособие для вузов/ Под ред. Ю.А.Золотова. – М.: Высш. шк. 2002, 416 с.
2. *Макаровская Т.Г.* К вопросу о формировании профессионально-прикладной направленности изучения курса математики на нематематических факультетах / ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ В РОССИИ И МИРЕ: сборник статей Международной научно-практической конференции (15 февраля 2017 г., г. Екатеринбург). В 4 ч. Ч.2/ - Уфа: АЭТЕРНА, 2017 г. – 224 с.

### TO THE QUESTION OF USING THE LOW SQUARE METHOD BY THE STUDENTS OF NON-MATHEMATICAL FACULTIES IN THE TASKS WITH CHEMICAL ANALYSIS

*Potapova Natalia V., Makarovskaya Tatyana G.*

Kuban State University, 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia,  
potapova50@gmail.com

The applied orientation of teaching mathematics is a good motivation to study this discipline. The better in the course of mathematics will be learned using methods of solving applied problems when the more successful students will learn such special disciplines. One of the best methods of obtaining empirical formulas is based on experience and observations of the low square method. The low square method is one of the theory error methods for estimating unknown quantities from measurements containing random errors. This method refers to the methods of approximate recovery of the function by its known values in a number of points. In practice, this is often a problem of the best selection of empirical formulas. The article is devoted to the practical usage of the low square method in the tasks with chemical analysis. This method is used for estimation of unknown quantities by measurement results containing random error.

Keywords: innovation technologies, empirical formulas, low square method, straight-line graded graphs.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАТЕЖАМИ ЖКХ**

*Пьянков Денис Витальевич*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, denispiankov@gmail.com

В исследовании рассматриваются бизнес-процессы, связанные с платежами в сфере жилищно-коммунальных услуг. Исследуются существующие проблемы бизнес-процессов, связанные с разрозненностью данных в области другими факторами, а также и актуальность разрешения этих проблем. Рассматриваются возможности по применению технологии блокчейн для оптимизации процессов управления платежами, основываясь на основных факторах и преимуществах данной технологии. Приводятся ограничения в применении блокчейн, которые основаны на текущей правовой политике в области, а также на необходимости привлечения инвестиций для реализации подобного проекта. Представлены рекомендации по внедрению технологии блокчейн, а также по внесению корректировок в нормативно-правовой сфере рассматриваемой области. Приводятся дальнейшие перспективы исследования, связанные с углублением в возможности развития блокчейн.

Ключевые слова: информационные технологии, платежи в сфере жилищно-коммунального хозяйства, информационная система управления платежами, технология блокчейн.

Сегодня в России фиксируется кризисное состояние жилищно-коммунального хозяйства, что требует немедленного решения со стороны государства и муниципальных органов власти [1]. Такое состояние обусловлено высокой степенью изношенности фондов отрасли, отсутствием прозрачности в процессах формирования тарифов за услуги, а также нарушениями со стороны управляющих компаний в отношении граждан. Кроме того, в сфере ЖКХ остро стоит проблема разрозненности данных, что в свою очередь приводит к низкой эффективности управления процессами ЖКХ в целом. Особенно эта проблема касается бизнес-процессов, связанных с осуществлением платежей между потребителями, управляющими компаниями, расчетными центрами и ресурсоснабжающими организациями.

Основные проблемы ЖКХ в России были отражены в отчете Национального центра контроля «НП ЖКХ Контроль», который сформирован на основе данных, предоставленных региональными центрами общественного контроля в сфере ЖКХ [2], согласно которым неизменно уже несколько лет возглавляет рейтинг обеспокоенность граждан начислением платы за жилищно-коммунальные услуги, что доказывает тот факт, что степень недоверия граждан в большинстве случаев заключается именно в области учета и контроля платежей.

Исследователи McKinsey & company показали [3], что наиболее высокий потенциал повышения эффективности на основе цифровизации наблюдается в ЖКХ и коммунальной инфраструктуре. Так, снижение потерь в ЖКХ за счет внедрения цифровых технологий составит не менее 300 миллиардов рублей в год, а в тепловых и электрических сетях – 400 миллиардов рублей ежегодно [4]. Для сферы жилищно-коммунального хозяйства программа цифровой экономики [5] имеет первоочередное значение, поскольку автоматизация сбора данных и учета коммунальных платежей в состоянии сэкономить бюджету значительные суммы и обеспечить достоверный учет потребления коммунальных ресурсов [6].

В последнее годы наибольшее распространение и популярность получила технология блокчейн, в основе которой лежат математические алгоритмы [7], и которая представляет собой цепочку блоков данных. Это хронологическая база данных, в которой время записи неразрывно связано с самими данными, что делает ее некоммутативной [8]. Также, блокчейн определяют, как технологию хранения данных, прав и обязательств, защищенную математическими правилами так, что никто посторонний не сможет завладеть ими. Права на собственность при этом защищены от кражи, подделки или удаления.

Основное преимущество данной технологии в сравнении с другими – возможность совершать электронные транзакции между участниками данной системы, минуя финансовые институты посредников. Такая задача могла частично решаться с помощью использования цифровой подписи, но это было осуществимо только при наличии доверенного лица, контролирующего двойные траты, что лишало преимуществ данный подход.

Таким образом, можно выделить следующие основные характеристики технологии блокчейн: децентрализация, открытость внесенных данных; математико-криптографическая защита информации, невозможность изменить единожды внесенные в систему данные. Совокупность этих свойств открывает путь к снижению издержек в ряде областей, а также перспективы создания совершенно новых продуктов, которые ранее были нереализуемы.

Также можно отметить возможность хранения как платежной информации, так и сведений относительно транзакций в сфере ЖКХ: показатели приборов учета газа, тепла, воды и электричества, данных, поступающих от систем «умного жилья», показатели оказания телекоммуникационных услуг и другие.

Однако, при внедрении решений на базе блокчейна выделяют следующие проблемы: необходимость реинжиниринга бизнес-процессов либо всей бизнес-модели, возможные сложности с сертификацией со стороны регуляторов, интеграция с ранее созданными

системами, необходимость применения отечественной криптографии, проблемы при трансграничном сотрудничестве, трудность выбора из множества платформ.

Свойства и возможности технологии блокчейн, примененные к инструментам контроля и управления в сфере ЖКХ, смогут способствовать сбалансированности интересов сторон, снижению уровня недоверия между ними и открытости взаимодействия. Блокчейн можно использовать в качестве смарт-контракта, при котором принцип открытости реализуется в большей степени. Житель сам оплачивает услуги через онлайн-сервис и видит, сколько и в какую ресурсоснабжающую организацию поступило денег. Таким образом, в связи с тем, что смарт-контракт нельзя подделать или скрыть какие-либо его части, исполнение обязательств будет осуществляться автоматически.

При внедрении блокчейн и внесении соответствующих поправок в законодательство можно отказаться от печати квитанций, физической защиты персональных данных и других действий, регламентированных в текущих нормативно-правовых актах. Таким образом, снизятся расходы жителей на осуществление платежей, а также снизятся издержки на операции, требующие государственного контроля.

Кроме того, при использовании технологии блокчейн возможно будет хранить информацию о тарифах, сделать тарифные планы более гибкими, автоматизировать учет коммунальных ресурсов и внедрить дисконтные программы. Также, данная система позволит сделать более эффективным мониторинг качества и объемов потребления коммунальных ресурсов, а также оперативно отслеживать и учитывать платежи.

На настоящий момент для реализации и полномасштабного тестирования данного проекта существует ряд правовых преград. Несмотря на то, что криптовалюты и соответствующие им технологии на данный момент являются очень популярными, в России эти инструменты пока что находятся вне правового поля. Правовая и нормативная база для использования подобных механизмов на территории РФ еще только находится в разработке.

Также, для внедрения системы необходимы определенные правки в существующих нормативно-правовых актах, таких как Жилищный кодекс РФ и постановления Правительства РФ, в части регламентирования процессов совершения платежей гражданами. Кроме того, для реализации данного проекта необходимо привлечь инвестиции как государственные, так и сторонних акционеров.

Дальнейшее исследование подразумевает углубление в нормативно-правовую область регулирования жилищно-коммунального хозяйства для дальнейшего внедрения системы в сферу ЖКХ. Также, перевод других бизнес-процессов в ЖКХ на систему, основанную на

технологии блокчейн для создания единой системы управления в сфере ЖКХ. Другим важным этапом дальнейшего исследования применения технологии блокчейн в данной сфере является применение компонент «Интернета вещей» для автоматизации процесса сбора показаний счетчиков, а также создание отдельной криптовалюты, которую можно будет использовать в качестве основы для программ лояльности для пользователей.

### Библиографический список

1. *Кириллова Д. И.* Проблемы в сфере жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения // Молодой ученый. 2014. №.14. С. 162-163.
2. Национальный рейтинг проблем ЖКХ по России за 2017 год. Национальный центр общественного контроля в сфере ЖКХ «НП ЖКХ Контроль». [Электронный ресурс] URL: <http://gkhkontrol.ru/2018/03/43860> (дата обращения: 18.03.2019).
3. Цифровая Россия. Новая реальность. A report from McKinsey & company. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mckinsey.com/russia/our-insights/ru-ru> (дата обращения: 18.03.2019).
4. *Соловьева О.* От кибератак отмахиваются шапками. Независимая газета. [Электронный ресурс] URL: [http://www.ng.ru/economics/2017-11-10/4\\_7112\\_cyberatack.html](http://www.ng.ru/economics/2017-11-10/4_7112_cyberatack.html) (дата обращения: 18.03.2019).
5. Центрально-азиатская презентация «Доклада о мировом развитии 2016: Цифровые дивиденды» [Электронный ресурс] URL: <http://www.worldbank.org/ru/events/2016/02/01/central-asia-launch-wdr-2016> (дата обращения: 18.03.2019).
6. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632 – Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/docs/28653> (дата обращения: 18.03.2019).
7. *Tapscott D, Tapscott A.* Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World [M]. New York, Penguin. 2016. 368 p.
8. *Пряников М. М., Чугунов А. В.* Блокчейн как коммуникационная основа формирования цифровой экономики: преимущества и проблемы // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т.5. №.6.

# **BLOCKCHAIN-BASED HOUSING AND COMMUNAL SERVICES PAYMENT INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM**

*Piankov Denis V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, denispiankov@gmail.com

Abstract. Business-processes related to payments in the field of housing and communal services are researched. It is also researched, that the existing problems of the business-processes associated with the fragmentation of data in the field and other factors. The possibilities of applying the blockchain technology to optimize payment management processes, based on the main factors and advantages of this technology, are considered. The restrictions in the use of blockchain for the business-processes, which are based on the current legal policy in the area, as well as on the need to attract investments for the implementation of such a project are given. Recommendations on the use of blockchain technology, as well as on making adjustments in the regulatory and legislation of the considered area are presented. Further research prospects related to deepening the development possibilities of blockchain are given.

Keywords: information technologies, housing and communal services payments, payment information management system, blockchain technology.

## АЛГОРИТМ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $k$ -МЕРОВ В ПРОСТРАНСТВЕ

*Решетникова Елизавета Алексеевна, Бузмакова Мария Михайловна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, lizica1995@mail.ru

В настоящей работе авторами предложена математическая модель континуальной перколяции  $k$ -меров в пространстве.  $k$ -мер представляет собой отрезок от начальной точки  $(x_i, y_i, z_i)$  до точки, расположенной на расстоянии  $l$  от неё в направлении, заданном углами наклона и поворота  $(\varphi_i, \psi_i)$ .  $k$ -меры не пересекаются между собой. При моделировании использовались периодические граничные условия. Координаты начала  $k$ -мера, углы наклона и поворота  $k$ -мера – случайно сгенерированные числа. В рамках предложенной модели разработан алгоритм равномерного распределения  $k$ -меров в пространстве. При оценке равномерности полученного распределения  $k$ -меров использованы критерии Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Выбор оптимального числа интервалов для оценки был сделан с помощью формулы Стерджесса. Моделирование континуальной перколяции  $k$ -меров в пространстве проведено для объектов различной длины и для различного количества объектов.

Ключевые слова: математическое и компьютерное моделирование, перколяция,  $k$ -мер, равномерное распределение, критерий Колмогорова-Смирнова, критерий Пирсона.

### Введение

Теория перколяции изучает образование связанных объектов – кластеров. Если кластер соединяет начало и конец системы, то его называют перколяционным. По наличию перколяционного кластера в системе можно судить о наличии процесса перколяции, будь то протекание жидкости в пористой среде или же возникновение проводимости в полупроводниках под внешним воздействием [1, 2]. Теория перколяции активно развивается и актуальным является исследование новых перколяционных моделей. В настоящей работе предложена континуальная модель перколяции  $k$ -меров в пространстве. При исследовании характеристик перколяционных систем крайне важно достигать равномерного распределения объектов для получения достоверных результатов. В рамках настоящей модели разработан алгоритм равномерного распределения  $k$ -меров в пространстве.



### Постановка задачи

Математическая модель континуальной перколяции  $k$ -меров в пространстве имеет следующий вид

$$M = \langle L, l, P_n, A_n, n, K \rangle,$$

где  $L$  – линейный размер куба,  $l$  – длина  $k$ -мера,  $P_n = \{x_i, y_i, z_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  – множество троек координат начала  $k$ -мера,  $A_n = \{\varphi_i, \psi_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  – множество углов наклона и углов поворота  $k$ -мера,  $n$  – заданное количество  $k$ -меров,  $K$  – количество испытаний.

$k$ -меры упаковываются в куб с линейным размером  $L$ .  $k$ -мер представляет собой отрезок от начальной точки  $(x_i, y_i, z_i)$  до точки, расположенной на расстоянии  $l$  от неё в направлении, заданном углами наклона и поворота  $(\varphi_i, \psi_i)$ .  $k$ -меры не пересекаются между собой. При моделировании использовались периодические граничные условия.

### Метод моделирования

В рамках предложенной модели был разработан алгоритм равномерного распределения  $k$ -меров в пространстве, описанный ниже:

1. Пользователем задаётся длина объектов  $l$  и необходимое количество  $k$ -меров –  $n$ . Координаты точек начала всех объектов  $(x_i, y_i, z_i)$ , углы поворота  $\varphi_i \in (0, 2\pi)$  и углы наклона  $\psi_i \in (0, \pi)$  генерируются поочередно и записываются в массивы  $(x_i, y_i, z_i)$  и  $(\varphi_i, \psi_i)$ , где  $i = \overline{1, n}$ .
2. По координатам из созданных ранее массивов  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $(\varphi_i, \psi_i)$  размещается первый объект. Ему присваивается номер  $i=1$ .
3. Происходит переход к следующему элементу в каждом из массивов  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $(\varphi_i, \psi_i)$ . Проводится проверка, будет ли пересекаться текущий объект с ранее размещёнными.
4. Если возникает ситуация пересечения, то есть расстояние между точками текущего  $k$ -мера и точками ранее упакованных  $k$ -меров меньше допустимого  $\sqrt{(x_{old} - x_{new})^2 + (y_{old} - y_{new})^2 + (z_{old} - z_{new})^2} < crossDis$ , то отвергается одна координата и генерируется новая. Если с вновь сгенерированной координатой  $k$ -мер опять не может быть размещён, генерируется вторая, потом третья и так далее, начиная с  $x$ , пока

объект не будет размещен. После размещения объекта, ему присваивается номер  $i = \overline{2, n}$ .

- Пока не будет достигнуто необходимое значение количества  $k$ -меров –  $n$ , переходим к пункту 3.

Оценка равномерности проводилась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова [3-5] по следующей методике:

- Определяется оптимальное число интервалов  $splitNumber = 2$ . Куб с размерами  $L \times L \times L$  делится на  $2^3$  областей (малых кубов).
- В каждой из областей подсчитывается количество принадлежащих ей  $k$ -меров (эмпирическая выборка). Для этого считаются координаты центра каждого  $k$ -мера и, если центр  $k$ -мера принадлежит области, то весь  $k$ -мер считается принадлежащим этой области.
- Кроме того, генерируется контрольная выборка  $k$ -меров – распределение, полученное с помощью описанного выше алгоритма без отклонения координат (то есть минимальная дистанция, которая должна быть между всеми точками  $k$ -меров, чтобы они не пересеклись, задаётся равной  $crossDist = 0$ ).
- Элементы каждой выборки упорядочиваются по возрастанию и считается модуль разности между парами элементов этих двух выборок  $d_j = |f_{\vartheta_j} - f_{\kappa_j}|$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $s = splitNumber^3 = 2^3$ .
- Выбирается максимальное значение из полученных модулей разности  $d_{max}$ . По формуле  $\lambda = d_{max} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$ ,  $n_1 = n_2$  – количество элементов выборок, считается коэффициент  $\lambda$ .
- Полученный коэффициент сравнивается с критическим  $\lambda_{крит} = 1,62762 \cdot \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$  для уровня значимости 0,9999. Если  $\lambda \leq \lambda_{крит}$ , то выборки получены с помощью одного закона распределения.

Оптимальное число интервалов для оценки равномерности распределения было вычислено авторами настоящей работы с помощью формулы Стерджесса [6]

$$m = 1 + \log_2 n \quad (1)$$

где  $n$  – объем выборки.

### Результаты

Получены предварительные результаты моделирования с параметрами:  $L=1000$ ,  $l=10, 50, 100$ ,  $n=50, 100, 500$ ,  $K=1000$ . Оценка равномерности для данных входных параметров модели, проведенная с использованием критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова, позволяет утверждать, что полученные распределения  $k$ -меров в пространстве с помощью предложенного авторами алгоритмом удовлетворяют равномерному распределению. При оценке по критерию Колмогорова-Смирнова было обнаружено, что при увеличении длины  $k$ -мера, равномерность незначительно ухудшается. Следует вывод, что чем длиннее отрезки, тем труднее их равномерно распределить. Авторами планируется дальнейшее исследование поведения модели для большего значения длины  $k$ -мера и количества упакованных объектов, а также определение основных характеристик предложенной модели – оценка порога перколяции, поведения распределения кластеров, среднего размера кластера и мощности перколяционного кластера.

### Библиографический список

1. Бузмакова М.М. Компьютерное моделирование континуальной перколяции сфер и эллипсоидов с проницаемыми оболочками: дис. канд. ф.-м. наук. Астраханский гос. университет, Астрахань, 2013.
2. Бузмакова М.М. Моделирование континуальной перколяции сфер и эллипсоидов // Естественные науки. – 2012. – Т. 41, 4. – С. 123-133.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука. Главная редакция физико-математическом литературы, 1983.
4. Бузмакова М.М., Русаков С.В. Алгоритмы диспергирования частиц в неупорядоченной среде // Технические науки. – 2016. – № 7. – С. 213-217.
5. Лемешко Б.Ю., Лемешко С.Б., Веретельникова И.В. О применении критериев проверки однородности законов распределения // Вестник томского государственного университета. – 2017. – № 41. – С. 24-31.
6. Sturges H. The choice of a class-interval // J. Amer. Statist. Assoc., V. 21, 1926. – P.65-66.

## THE ALGORITHM OF THE K-MERES UNIFORM PACKING IN THE SPACE

*Reshetnikova Elizaveta A., Buzmakova Maria M.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, lizica1995@mail.ru

The mathematical model of the continual percolation of  $k$ -meres in the space is proposed in the work.  $k$ -mer is the segment from the starting point  $(x_i, y_i, z_i)$  to the point located at the distance  $l$  from it in the direction given by the angles of inclination and rotation  $(\varphi_i, \psi_i)$ .  $k$ -meres do not intersect each other. In the simulation, periodic boundary conditions are used. The  $k$ -mer's coordinates of the beginning and the angles of inclination and rotation are randomly generated numbers. For the model, the algorithm of the  $k$ -meres uniform packing in the space is developed. The assessment of the packing uniformity is carried out with using the Kolmogorov-Smirnov and the Pearson criterions. The choice of the optimal number of intervals for the estimation is made using the Sturges formula. The simulation of the continual percolation of  $k$ -meres in space is performed for objects of the different lengths and numbers of objects.

Keywords: the mathematical and computer modeling, the percolation, the  $k$ -mer, the uniform packing, the Kolmogorov-Smirnov criterion, the Pearson criterion.

## КОНТИНУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

*Романова Марина Павловна, Бузмакова Мария Михайловна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, romanovamp@yandex.ru

Предложена и исследована континуальная перколяционная модель структуры тонкой пленки полимера, модифицированной углеродными нанотрубками с наличием межфазных областей. Полимерная матрица представлена квадратной двумерной плоскостью с периодическими граничными условиями, углеродные нанотрубки – отрезки ( $k$ -меры) различной длины. Значения длин отрезков подчиняются нормальному закону распределения с математическим ожиданием  $a$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma^2$ . Учитывается наличие межфазного слоя – слоя, образующегося на поверхности углеродных нанотрубок, не принадлежащего ни полимеру, ни углеродным нанотрубкам. Порог перколяции соответствует значению критической концентрации углеродных нанотрубок, при которой полимерная матрица приобретает улучшенные свойства. Выявлена зависимость порога перколяции от толщины межфазного слоя.

Ключевые слова: математическое и компьютерное моделирование, полимер, углеродные нанотрубки, теория перколяции.

### Введение

В последнее время полимерные материалы находят широкое применение в промышленности и становятся всё более востребованными, так как их свойства могут быть улучшены путем добавления в полимерную матрицу наночастиц, которые имеют свои уникальные характеристики. Одним из наиболее привлекающих внимание наноуполнителей для полимеров являются углеродные нанотрубки (УНТ), которые имеют уникальные механические, электрические, магнитные и другие свойства. Отсюда появляется возможность создания полимерных материалов с добавлением УНТ, которые будут придавать им новые улучшенные свойства. Поведение таких полимеров при различной концентрации наноуполнителя мало исследовано. Возникает потребность в создании математической и компьютерной модели полимеров для теоретического исследования их структуры и свойств.

### Постановка задачи

---

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26/793 и гранта РФФИ (№ 17-41-590649).

© Романова М.П., Бузмакова М.М., 2019

Предложена и исследована континуальная перколяционная модель структуры тонкой пленки полимера, модифицированного углеродными нанотрубками, с учетом наличия межфазного слоя. В рамках модели полимерная матрица представлена конечной двумерной системой, случайно заполненной частицами линейными  $k$ -мерами различной длины ( $k$  – среднее значение длины, отсюда название  $k$ -мер) с заданной шириной  $2r$  – углеродными нанотрубками. Межфазные области представлены наличием проницаемого слоя у  $k$ -меров, где минимальная толщина этого слоя характеризуется простой химической связью  $C-N$ .

Основным результатом является определение порога перколяции – концентрации упакованных  $k$ -меров, при которой вероятность возникновения перколяционного кластера равна 0.5. Перколяционный кластер – кластер, соединяющий две противоположные стороны системы. Порог перколяции соответствует критической концентрации углеродных нанотрубок в полимере, при которой наноматериал меняет свои свойства.

Предложенная модель может быть описана следующим математическим соотношением  $M = \langle L, r, p, R\{x_i, y_i, k_i, a_i\}, K, mF \rangle$ ,

где  $L$  – линейный размер квадрата,  $r$  – половина ширины  $k$ -мера,  $p$  – доля площади квадрата, занимаемая  $k$ -мерами,  $R\{x_i, y_i, k_i, a_i\}$  – множество координат начал отрезков и углов их ориентации,  $k_i = a \pm \sigma^2$  – длина  $k$ -меров, задаваемая математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением,  $K$  – количество испытаний,  $mF$  – величина проницаемого слоя  $k$ -мера.

#### Методы моделирования

Моделирование структуры тонкой пленки полимера проводилось методами Монте-Карло [1]. Для генерации псевдослучайных чисел использован алгоритм «Вихрь Мерсенна», который обеспечивает быструю генерацию высококачественных по критерию случайности чисел [2]. Углы и координаты начала  $k$ -меров подчиняются равномерному закону распределения, а длины  $k$ -меров – нормальному закону распределения. Для достижения нормального распределения значений длин  $k$ -меров используется преобразование Бокса-Мюллера [3].

Разработана программа на языке программирования C++, в которой реализован следующий алгоритм распределения  $k$ -меров:

В программе задается доля заполнения  $p$ , подсчитывается среднее количество  $k$ -меров  $n$ , необходимых для упаковки и  $n$  раз выполняется следующий алгоритм:

Генерация длины  $k_i$ -мера, которая изменяется от  $a - \sigma^2$  до  $a + \sigma^2$ .

Генерация угла наклона  $\alpha_i$  в пределах от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

Генерация координат начала  $(x_i; y_i)$ , от 0 до  $L$ .

Проверка пересечения  $k_i$ -мера с каждым из ранее упакованных  $k$ -меров, попадающих в окрестность  $k_i$ -мера. Если найдено хоть одно пересечение, то количество попыток упаковать очередной  $k_i$ -мер увеличивается на единицу и если оно меньше  $L*L$ , то переход к пункту 3, иначе заданное количество  $k_i$ -меров принимается за полученное и переход к пункту 6; иначе переход к пункту 5.

Текущий  $k_i$ -мер принимается и его данные записываются в массив. Переход к пункту 6.

Конец алгоритма.

За максимальное число попыток упаковать очередной отрезок, берется число  $L*L$ . Экспериментальным путем выявлено, что при увеличении числа попыток, разница в количестве упакованных частиц не значительна, что несравнимо с временными затратами выполнения алгоритма.

При упаковке  $k$ -меров создается квадратная матрица смежности  $m$  размерности  $n \times n$ , где  $n$  – количество всех упакованных  $k$ -меров. Элемент матрицы  $m[i,j]$  равен 1, если  $k_i$ -мер расположен на расстоянии меньшем или равном  $mF$  от  $k_j$ -мера, и равен 0 иначе.  $mF$  – величина, задаваемая пользователем.

Распределение  $k_i$ -меров по кластерам реализовано методом поиска в глубину [4]:

Создание нового кластера  $K_i$ .

Если  $k_i$ -мер не имеет кластерной метки, запуск процедуры  $DFS$  от  $k_i$ -мера, переход к пункту 3, иначе переход к пункту 5.

Отнесение  $k_i$ -мера к  $K_i$  кластеру.

Если  $k_j$ -мер является смежным с  $k_i$ -мером, согласно матрице  $m$ , переход к пункту 2, иначе переход к пункту 1.

Конец алгоритма.

Для поиска перколяционных кластеров создаются два массива по двум направлениям (оси  $x$  и оси  $y$ ), в которые записываются  $k$ -меры, где координаты хотя бы одной крайней точки меньше или равны значения  $mF$ , т.е.  $k$ -меры, лежащие на границе квадрата, подозрительные на попадание в перколяционный кластер. Поиск осуществлялся по следующему алгоритму:

Если не конец массива  $k$ -меров, переход к пункту 2, иначе переход к пункту 5.

Запуск процедуры  $DFS$  от  $k_i$ -мера.

Если координаты хотя бы одной крайней точки  $k_i$ -мера больше или равны значения  $L - mF$ , количество перколяционных кластеров увеличивается на единицу, переход к пункту 1, иначе переход к пункту 4.

Если  $k_j$ -мер является смежным с  $k_i$ -мером, согласно матрице  $m$ , переход к пункту 2, иначе переход к пункту 1.

Конец алгоритма.

Пример перколяционной структуры линейных  $k$ -меров с учетом пронизаемого слоя представлен на Рисунок1.

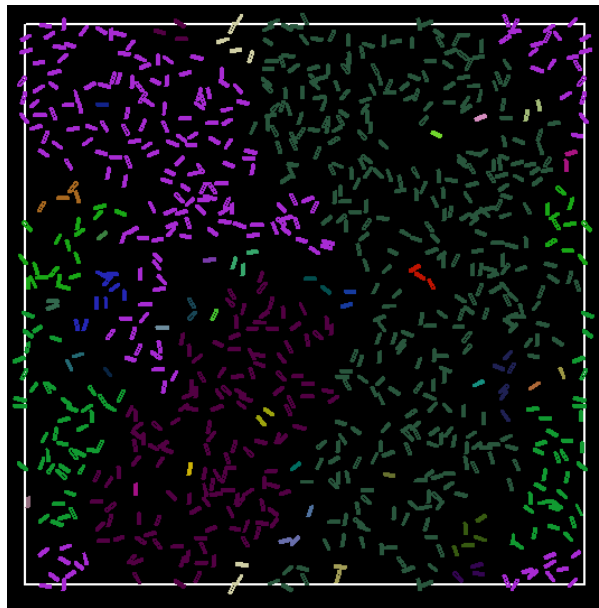


Рисунок1. Распределение  $k$ -меров на квадрате с  $L = 500$ ,  $a = 10$ ,  $\sigma^2 = 1$ ,  $p = 0,065$

Данные вычислительного эксперимента аппроксимируются функцией, представленной в формуле 1

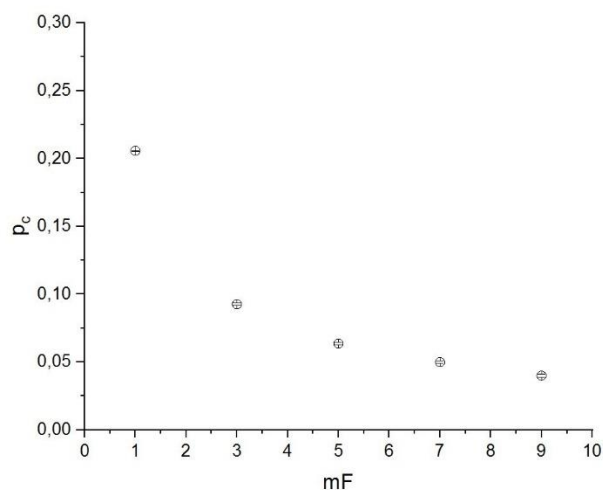
$$P(p) = (1 + \exp(-(p - p_c(L))a))^{-1} \quad (1)$$

При аппроксимации экспериментальных данных определяется порог перколяции для квадратной плоскости конечного размера  $L$ . Методика определения порога перколяции подробно описана в [5].

Результаты и обсуждение

Получены предварительные результаты моделирования для следующих входных данных:  $L = 1000$ ;  $a = 100$ ;  $\sigma^2 = 10$ ;  $r = 1$ ;  $p$  изменяется от 0 до 0,26 с шагом 0,01; количество испытаний  $K = 100$ , представленные на Рисунок 2. Соотношения размера  $k$ -меров и квадрата достаточно для получения достоверных результатов, применимых для бесконечных систем. Наблюдается следующее поведение: при рассматриваемых долях  $k$ -меров при увеличении пронизаемого слоя порог перколяции уменьшается.





**Рисунок2. Значения порога перколяции при различных значениях толщины межфазного слоя**

Авторами настоящей работы была предложена и исследована континуальная перколяционная модель структуры тонкой пленки полимера, модифицированной углеродными нанотрубками с наличием межфазного слоя – слоя, образующегося на поверхности углеродных нанотрубок, не принадлежащего ни полимеру, ни углеродным нанотрубкам. Выявлена зависимость порога перколяции от толщины межфазного слоя, при его увеличении порог перколяции снижается. В дальнейшем планируется получение значений порогов перколяции для бесконечных систем в зависимости от ориентационного упорядочения углеродных нанотрубок.

### Библиографический список

1. *Metropolis, N., Ulam, S.* The Monte Carlo Method // Journal of the American Statistical Association. 1949. V.44, №247. P. 335-341.
2. *Matsumoto M., Nishimura T.* Mersenne twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator» // ACM Trans. on Modeling and Computer Simulations. 1998. V.8, №1. P. 3-30.
3. *Гельгор А. Л.* Методы моделирования случайных величин и случайных процессов. СПб.: Издательство политехнического университета. 2012. С. 217.
4. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.* Глава 22. Элементарные алгоритмы для работы с графами // Алгоритмы: построение и анализ(второе издание). М.: «Вильямс», 2005. С. 622-632.
5. *Бузмакова М. М.* Компьютерное моделирование континуальной перколяции сфер и эллипсоидов с проницаемыми оболочками // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Астрахань, 2013. С.168.

### THE CONTINUUM MODEL OF THE THE STRUCTURE OF A THIN POLYMER FILM, MODIFIED BY CARBON NANOTUBES

*Romanova Marina P., Buzmakova Mariya M.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, romanovamp@yandex.ru

The continuum percolation model of the structure of the thin polymer film, modified by the carbon nanotubes with interfacial regions was proposed and investigated. The polymer matrix is represented by the square two-dimensional plane with periodic boundary conditions, carbon nanotubes are segments ( $k$ -meres) of various lengths. The lengths of the segments obey the normal distribution law with the expectation  $a$  and the standard deviation  $\sigma^2$ . The presence of the interfacial layer — the layer, formed on the surface of carbon nanotubes that does not belong to either the polymer or the carbon nanotubes — is taken into account. The percolation threshold corresponds to the value of the critical concentration of carbon nanotubes at which the polymer matrix acquires improved properties. The dependence of the percolation threshold on the interfacial layer thickness was revealed.

Keywords: mathematical and computer modeling, polymer, carbon nanotubes, percolation theory.

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ SMART-РЕПОЗИТОРИЯ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ ЗАДАЧ NATURAL LANGUAGE PROCESSING

*Романовская Светлана Валерьевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, romanovskaya\_sv@bk.ru

В данной статье рассматриваются преимущества и ограничения лексико-синтаксических шаблонов для решения задач автоматической обработки текста. Обосновывается необходимость использования репозитория лексико-синтаксических шаблонов при разработке приложений NLP. Приведен краткий сравнительный анализ существующих репозитория паттернов. В процессе анализа хранилищ с точки зрения удобства использования при разработке приложений NLP была выявлена необходимость создания интеллектуальных средств для хранения паттернов. Рассматривается подход к реализации SMART-репозитория паттернов, предложена архитектура интеллектуального хранилища. Также приведена классификация лексико-синтаксических шаблонов и сформированные на ее основе метаданные для описания лексико-синтаксических шаблонов. Использование метадаанных шаблонов в репозитории также рассмотрено в данной статье.

Ключевые слова: лексико-синтаксические шаблоны, интеллектуальные репозитории, Natural language processing (NLP), онтологии.

В настоящее время в сети Интернет накоплено большое количество текстовых данных. Информация, которая содержится в этих данных, представляет интерес для самых разных категорий пользователей. Извлечение информации из текстов (англ. *Information Extraction*) вручную затруднено, требуются программные средства, автоматизирующие данный процесс. На сегодняшний день одним из подходов в *Information Extraction* является использование лексико-синтаксических шаблонов.

Понятию лексико-синтаксического шаблона можно дать следующее определение. Лексико-синтаксический шаблон – структурный образец языковой конструкции, который отображает ее лексические и поверхностно-синтаксические свойства [1]. Обычно в NLP лексико-синтаксические шаблоны используются для извлечения семантических отношений (англ. *Relation Extraction*), например, отношения гипонимии [2]. В [2] приведены примеры лексико-синтаксических шаблонов, с помощью которых возможно извлекать понятия из текстов на английском языке, связанных отношением гипонимии. Как следствие, лексико-синтаксические шаблоны могут быть использованы в *Ontology Learning*.

Лексико-синтаксические шаблоны имеют следующие преимущества:

1. *Относительная простота использования в приложениях NLP.* Для работы шаблоны не требуют построения баз знаний [2] и сложной предобработки текста.
2. *Наглядность и понятность.* Концепция лексико-синтаксического шаблона достаточно проста и понятна даже для пользователей, не являющихся IT-специалистами и экспертами в лингвистике.
3. *Приложение, использующее шаблоны, адаптируемо к извлекаемым отношениям.* Достаточно поменять шаблоны, переписывание кода приложения не требуется.
4. *Лексико-синтаксические шаблоны могут быть использованы для решения обратной задачи генерации текстов по онтологиям, которые по своей сути являются связанными семантическими отношениями понятиями.*

К ограничениям лексико-синтаксических шаблонов можно отнести:

1. *Лексико-синтаксические шаблоны зависимы от языка и чувствительны к орфографии.* Как следствие, имеются сложности при использовании шаблонов для анализа текстов из социальных сетей.
2. *Сложности при построении шаблонов для флективных языков.*
3. *Для получения удовлетворительных результатов требуется большой корпус текстов.* Не все содержащиеся в тексте семантические отношения могут быть извлечены с помощью ограниченного по числу набора лексико-синтаксических шаблонов. Чем больше обрабатываемый текст, тем больше вероятность «срабатывания» шаблона.
4. *Количество шаблонов для английского языка значительно превосходит количество шаблонов для других языков.*
5. *Поиск и построение новых шаблонов является достаточно трудоемкой задачей.*

Один из путей снижения трудозатрат при разработке приложения NLP (ограничение №5) – использование готовых лексико-синтаксических шаблонов. На сегодняшний день существуют хранилища, предоставляющие доступ к готовым шаблонам. Краткий сравнительный анализ двух хранилищ, а именно: [ontologydesignpatterns.org](http://ontologydesignpatterns.org) и FreePal [3], представлен в таблице 1.

Применяя шаблоны в NLP, следует учитывать множество нюансов (ограничение №1). Одним из способов решения данной проблемы является разработка интеллектуального репозитория, который бы упрощал подбор шаблонов под задачу. На сегодняшний день рассмотренные выше репозитории не являются интеллектуальными, пользователь сам

должен изучить предоставленную информацию о шаблоне, чтобы найти подходящий для своей задачи паттерн. Такой вид программных систем, как интеллектуальный репозиторий, совмещает в себе функции хранилищ данных и экспертных систем: репозиторий содержит в себе базу знаний о хранимых шаблонах, на основании которой в режиме консультаций с пользователем выдает рекомендации по использованию тех или иных шаблонов.

Таблица 1 – Сравнение существующих репозиториев

	<b>ontologydesignpatterns.org</b>	<b>FreePal</b>
Кол-во лексико-синтаксических шаблонов	34	Доступен для скачивания набор из 10 млн, 25427 доступно для доступа через интерфейс поиска
Языки, для которых найдены шаблоны	Английский, испанский	Английский
Способ пополнения	Вручную	Автоматизировано (см. [3])
Наличие интеллектуальных средств поддержки пользователей	Отсутствуют	Отсутствуют

На рисунке 1 представлена архитектура интеллектуального репозитория. Разработка такого репозитория достаточно трудоемка, т.к. помимо организации централизованного хранилища шаблонов, требуется составить базу знаний, в которой будет содержаться вся необходимая информация о хранимых шаблонах.

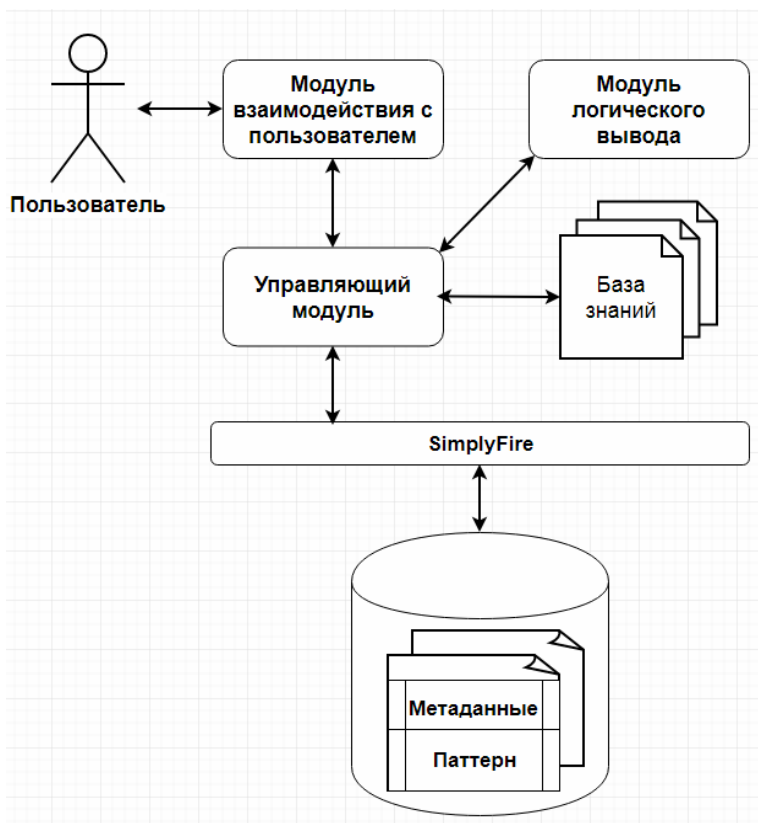


Рисунок 1. Архитектура интеллектуального репозитория

Начать разработку можно с упрощенной версии smart-репозитория. Предлагается реализовать исследовательский прототип в виде web-сервиса, чтобы в будущем упростить процесс внедрения в другие приложения. Для упрощения шаблоны можно хранить в виде текстовых файлов. При этом сами файлы хранятся «на одном уровне» без организации какой-либо иерархии, но сопровождаются уникальным идентификатором и метаданными, на основе которых будет осуществляться поиск необходимых шаблонов в репозитории. Функционирование репозитория определяется базой знаний в виде онтологии. Данная онтология описывает хранимые в репозитории шаблоны, например, указывается, к какой категории относится тот или иной паттерн. Такого рода информация является результатом классификации лексико-синтаксических шаблонов с различных точек зрения, например, с точки зрения языка, для которого был разработан паттерн. Именно указанные в онтологии классы шаблонов и есть необходимые для поиска и выдачи простых рекомендаций метаданные. С целью оптимизации и ускорения поиска предлагается заранее извлекать из онтологии метаданные и сводить их в одну таблицу.

Также каждый описываемый в онтологии шаблон сопровождается информацией о методах, которые могут быть использованы для «интерпретации» лексико-синтаксического паттерна при обработке текстов. Данное решение предоставляет возможность пользователю проводить небольшие эксперименты по использованию шаблонов для извлечения информации из текстов прямо в репозитории.

На сегодняшний день продолжается разработка исследовательского прототипа интеллектуального репозитория. Также было построено 4 классификации лексико-синтаксических шаблонов, на основе которых были выделены следующие метаданные: язык, функциональный стиль текста, предметная область, тип семантического отношения.

### **Библиографический список**

1. *Большакова Е.И.* Лексико-синтаксические шаблоны в задачах автоматической обработки текста [Электронный ресурс] URL: <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2007/materials/html/11.htm> (дата обращения: 17.03.2019).
2. *Hearst M.* Automatic Acquisition of Hyponyms from Large Text Corpora // Proceedings of the 14th conference on Computational linguistics - Volume 2, P. 539 - 545 , Nantes, France, Association for Computational Linguistics, Morristown, NJ, USA, 1992.
3. *Kirschnick J., Akbik A., Hemsen H.* Freepal: A Large Collection of Deep Lexico-Syntactic Patterns for Relation extraction / LREC, 2014.

# **THE CONCEPT ON DEVELOPMENT OF SMART PATTERN REPOSITORY FOR NATURAL LANGUAGE PROCESSING**

*Romanovskaya Svetlana V.*

Perm State National Research University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia,  
romanovskaya\_sv@bk.ru

**Abstract.** The paper describes advantages, restrictions of lexico-syntactic patterns. Substantiates the need to use lexical-syntactic pattern repositories when developing NLP applications. A brief comparative analysis of existing pattern repositories is given. In the process of analyzing repositories from the point of view of usability in developing NLP applications, the need to create intelligent tools for storing patterns was identified. An approach to the implementation of the smart pattern repository is considered, the architecture of repository is proposed. A classification of lexico-syntactic patterns and metadata formed on its basis for describing lexical-syntactic patterns are also given. The use of metadata in the repository is also discussed in this article.

**Keywords:** lexico-syntactic patterns, smart repositories, Natural language processing, ontologies.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ

*Сагирова Алёна Рафаиловна, Никулин Илларион Леонидович*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, a-sagirova@mail.ru

Предложена математическая модель амплитудного волоконно-оптического датчика вибрации, который представляет собой сейсмическую массу, закреплённую на двух оптических волокнах, излучение из волокна в волокно передается через оборотную призму, в которой имеет место полное внутреннее отражение. Четверть поверхности призмы сделана непрозрачной для настройки интенсивности проходящего излучения при колебаниях. В рамках геометрической оптики и линейной теории света представлена методика расчета хода лучей в оптическом тракте чувствительного элемента датчика, а также их интенсивности. Принимая распределение мощности волокна-источника гауссовым, рассчитана зависимость регистрируемой мощности при различных положениях сейсмической массы, получены распределения мощности излучения на торце волокна-приёмника. Модель может быть использована для определения геометрических и оптических параметров чувствительного элемента.

Ключевые слова: математическое моделирование датчика, волоконно-оптический датчик вибрации, амплитудная модуляция, оборотная призма, полное внутреннее отражение, коэффициенты отражения.

Вибродиагностика дает возможность следить за состоянием оборудования, не прерывая производственный процесс, решая задачи диагностики неисправностей и оценки технического состояния исследуемого объекта. Принципиальная схема датчика вибрации [1] представлена на Рисунок 1. Излучение от источника передается по оптическому волокну к чувствительному элементу и от него к фотоприёмнику. В чувствительном элементе оптические волокна зафиксированы параллельно на основании 1, которое жестко закреплено на измеряемом объекте. Сейсмическая масса 2 удерживается теми же оптическими волокнами. Поскольку расстояние между основанием и сейсмической массой мало, изгибом волокна в отсутствие вибрации пренебрегаем. Излучение от источника выходит через отполированный торец волокна-источника 5, преломляется в оборотной призме 4 и попадает во второе волокно-приёмник 6, по которому идёт к фотоприёмнику. Внутри призмы на гранях имеет место полное внутренне отражение. Четверть торца призмы непрозрачна что предназначено для смещения максимума интенсивности прошедшего через призму излучения при колебаниях.



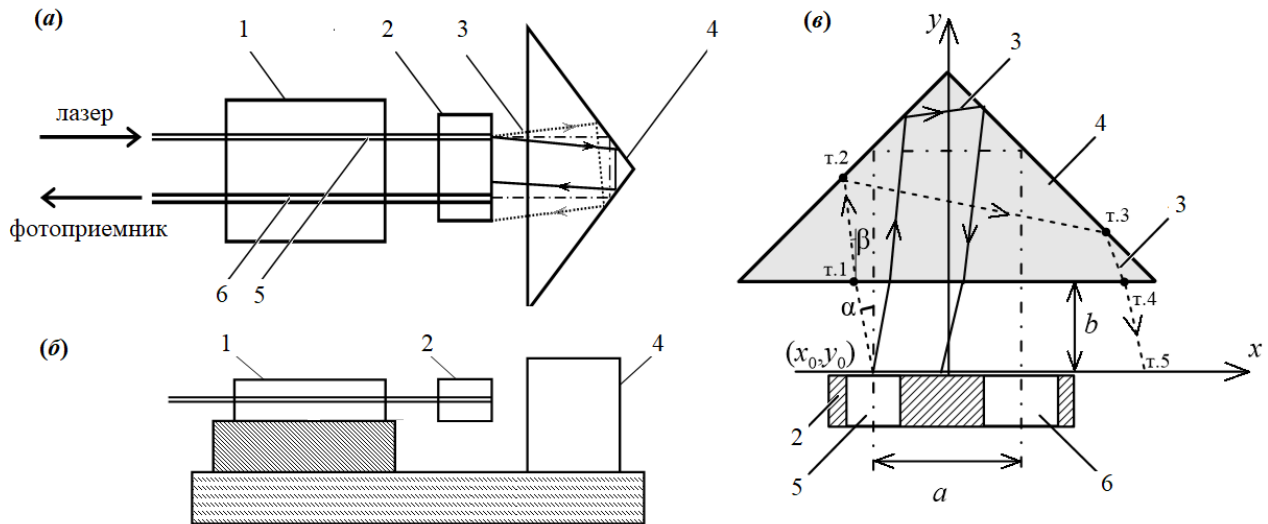


Рисунок 1. Схема датчика вибрации: (а) – вид сверху, (б) – вид сбоку, (в) – схема оптического тракта: 1 – основание; 2 – сейсмическая масса; 3 – вышедшее из волокна излучение; 4 – обратная призма; 5 – волокно-источник; 6 – волокно-приемник.

### Математическая модель чувствительного элемента

Для предложенного датчика разработана математическая модель, позволяющая оценить конструктивные параметры чувствительного элемента. Схема оптического тракта приведена на Рисунок 1, в. В модели приняты следующие допущения. Распределение мощности на выходе из волокна-источника принято гауссовым в пределах числовой апертуры  $NA_1$  с дифференциальной функцией распределения по углу  $\vartheta$

$$f(\vartheta) = \frac{3}{NA_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{9\vartheta^2}{2NA_1^2}\right\}, \quad (1)$$

тогда мощность излучения может быть рассчитана как

$$P(\vartheta, \varphi) = f(\vartheta) \cdot \text{tg}(\vartheta) d\vartheta d\varphi, \quad (2)$$

где  $\varphi$  - азимутальный угол относительно оси волокна.

Излучаемый свет принят как естественный, следовательно, интенсивности излучения, поляризованного в плоскости падения и перпендикулярно ей, одинаковы. Интенсивность света невелика, поэтому в рамках линейной оптики коэффициенты отражения на призме и на торцах волокон могут рассчитываться по формулам

$$r_{\parallel} = -\frac{\text{tg}(\alpha-\beta)}{\text{tg}(\alpha+\beta)}, \quad r_{\perp} = -\frac{\sin(\alpha-\beta)}{\sin(\alpha+\beta)}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – углы падения и преломления. Отражение и преломление излучения описывается в рамках линейной оптики. Координаты точек преломления и отражения луча (см. Рисунок 2.) описываются следующими соотношениями

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = n_2, \quad x_1 = x_0 + b \cdot \operatorname{tg}(\alpha), \quad x_2 = \frac{x_1 - \frac{h \cdot \operatorname{tg}(\beta)}{2}}{1 + \operatorname{tg}(\beta)}, \quad y_2 = x_2 + \frac{h}{2},$$

$$x_3 = \frac{\frac{h}{2} + x_1 \cdot \operatorname{tg}(\beta) - y_2}{1 + \operatorname{tg}(\beta)}, \quad y_3 = -x_3 + \frac{h}{2}, \quad x_4 = x_3 - y_3 \cdot \operatorname{tg}(\beta), \quad x_5 = x_4 - b \cdot \operatorname{tg}(\alpha),$$
(4)

где  $(x_0, y_0)$  и  $(x_5, y_5)$  – координаты входа и выхода луча,  $b$  – расстояние между волокном и призмой.

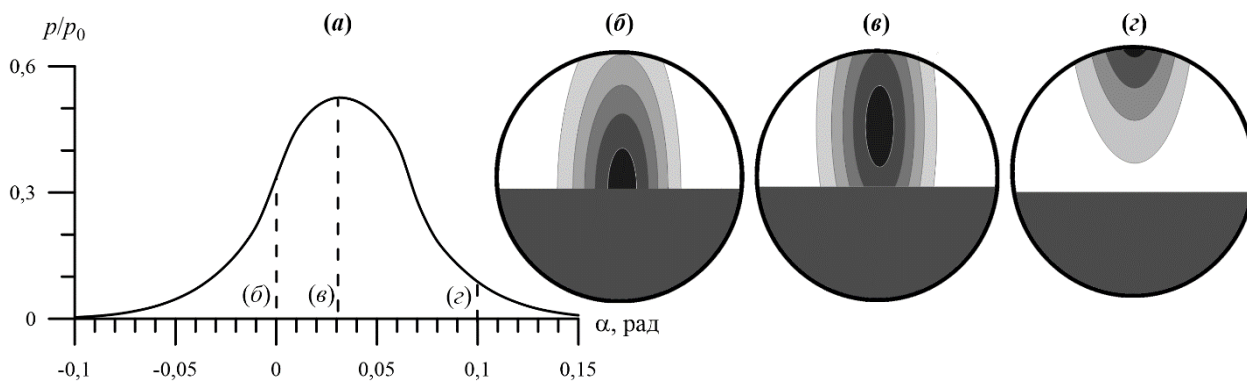
Для призмы из ниобата лития показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей равны  $n_o = 2,21$  и  $n_e = 2,13$  соответственно, предельные углы в этом случае  $27^\circ$  и  $28^\circ$ . Углы падения на грань призмы (см. Рисунок 2, *з*) лежат в пределах  $(45 \pm \beta)^\circ$  при  $\beta \leq 3,89^\circ$  для углов падения в пределах числовой апертуры. Следовательно, на внутренних гранях призмы происходит полное внутреннее отражение.

Улавливается только излучение, попадающее на сердцевину волокна-приемника, не попавшее на непрозрачную область призмы и в пределах числовой апертуры волокна-приёмника

$$P = \int_S P(\vartheta, \varphi) \prod_{i=1}^4 (1 - r_i) dS, \quad (5)$$

где  $r_i$  – коэффициент отражения для  $i$ -й поверхности, 1 – торец волокна-источника; 2 и 3 – внешние границы призмы в точках т.1 и т.4; 4 – торец волокна-приемника, интегрирование ведётся по поверхности волокна-приёмника.

Представленная модель реализована в виде программы на языке C++. На Рисунок 2 представлены рассчитанные распределения относительной мощности излучения  $P/P_0$ , где  $P$  и  $P_0$  – регистрируемая и излучаемая мощности, при различных углах  $\alpha$  наклона сейсмической массы. Геометрические параметры расчёта (см. Рисунок 1, *в*)  $a = 0,25$  мм,  $b = 0,1$  мм, диагональ призмы  $h = 1,6$  мм. Непрозрачная область призмы смещает максимум улавливаемой мощности (см. Рисунок 2, *а*) за счёт отсечения части излучения (см. Рисунок 2, *б*). Во время колебаний измеряемого объекта сейсмическая масса то поднимается, то опускается над непрозрачной областью. При подъёме излучение с волокна-источника проходит над непрозрачной областью (см. Рисунок 2, *в, з*) и регистрируется большая мощность. Таким образом, представленная модель позволяет оценить геометрические параметры чувствительного элемента датчика.



**Рисунок 2. Результаты моделирования сигнала с чувствительного элемента: зависимость относительной мощности  $P/P_0$  от угла наклона головки  $\alpha$  (a) и распределение интенсивности на принимающем торце волокна-приёмника при  $\alpha = 0$  рад (б),  $\alpha = 0,03$  (в)  $\alpha = 0,1$  (z). Серая область внизу обозначает непрозрачную область на поверхности призмы.**

### Библиографический список

1. Mathieu Cloutier, Richelieu (CA); Jean Pronovost, St-Mathieu de Beloeil (CA); Marius Cloutier, Longueuil (CA) Patent Application Publication, 2007.

### MODELING OF A FIBER-OPTICAL VIBRATION SENSOR

*Sagirowa A.R., Nikulin I.L.*

Perm National Research Politechnical University, Komsomolsky str. 29, Perm, Russia, 614990,  
a-sagirowa@mail.ru

A mathematical model of the amplitude fiber-optic vibration sensor is proposed. The sensor consists of a seismic mass fixed on two optical fibers and reversing prism. The radiation from fiber to fiber is transmitted through the prism with total internal reflection. A part of the prism surface is opaque to adjust the intensity of the transmitted radiation during vibration effect. The ray trace in the sensor optical path and its intensity are calculated within the framework of geometric optics and the linear theory of light. The power distribution of the emitting fiber is Gaussian. The dependence of the detected power on the different positions of the seismic mass is calculated, the radiation power distribution at the butt of the detecting fiber is obtained. The model can be used to determine the geometric and optical parameters of the sensing element.

Keywords: mathematical modeling of sensors, optical fiber vibration sensor, amplitude modulation, reverse prism, total internal reflection, reflection coefficients.

## МОДИФИКАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ MVP С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТТЕРНА «КООРДИНАТОР»

*Смирнов Александр Владимирович*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, avsmirnov567@gmail.com

В работе рассматривается способ улучшения одной из наиболее популярных архитектур мобильных приложений – MVP (Model – View – Presenter). Ранее, была выявлена следующая проблема данной архитектуры: навигационный слой приложения трудно читаем, и плохо подходит для частого изменения. Это происходит потому, что в стандартной реализации архитектуры MVP, у каждого модуля имеется свой класс-маршрутизатор, отвечающий за запуск переходов из этого модуля. Предложенное улучшение основано на использовании паттерна Координатор и обеспечивает абстрагированность логики навигационного слоя приложения от остальных слоев. В приложение добавляется новый тип сущностей – Координаторы, объекты, каждый из которых отвечает за хранение составной части навигации приложения – так называемых flow. Координаторы заменяют собой маршрутизаторы MVP и образуют древовидную структуру, которая полностью описывает навигационный слой приложения.

Ключевые слова: мобильные приложения, архитектура мобильных приложений, архитектурные паттерны, паттерн координатор.

Современные подходы к разработке архитектур мобильных приложений весьма разнообразны, и каждый подход чем-либо выигрывает и проигрывает другим. Ранее, автором статьи было проведено сравнение следующих архитектур мобильных приложений для платформы iOS: MVC [1], Cocoa MVC, MVP, MVVM и VIPER [2, 3]. По результатам сравнения была особо выделена архитектура MVP, как самая универсальная. Однако, была определена следующая проблема этой архитектуры: навигационный слой приложения трудно читаем, и плохо подходит для частого изменения. В большинстве реализаций архитектуры MVP можно увидеть, что у каждого модуля свой собственный класс-маршрутизатор Router, хранящий переходы из текущего модуля в другие части приложения [4]. Это приводит к раздробленности операций навигации и отсутствию единообразия.

Возникает необходимость разбить навигацию на некие части, которые будут нести смысловую нагрузку. Предположим, что каждая такая часть будет называться Flow, например AuthorizationFlow, EditProfileFlow и так далее.

Была выдвинута гипотеза, что реализовать данное разбитие можно, модифицировав архитектуру MVP при помощи паттерна Coordinator [5].

Впервые его применение в iOS-разработке было описано Сорушем Ханлоу в 2015 г. на конференции NSSpain [6]. Суть паттерна состоит в создании объекта Coordinator, который описывает навигацию между модулями одного Flow. Координатор ничего не знает о своем родительском координаторе, однако, он может запускать дочерние координаторы. То есть, навигация приложения может быть описана в виде древовидной структуры.

Таким образом, вся логика по созданию модулей, по передаче данных между ними переносится из классов-роутеров модулей в соответствующие классы Координаторы. А также выделяется отдельная сущность MainRouter, которая только предоставляет Координаторам интерфейс, с помощью которого модули приложения могут сменять друг друга на экране. Реализация Ханлоу была написана для архитектуры Сосоа MVC, в рамках же данного исследования была создана диаграмму классов для iOS-реализации паттерна Координатор в архитектуре MVP (см. Рисунок1):

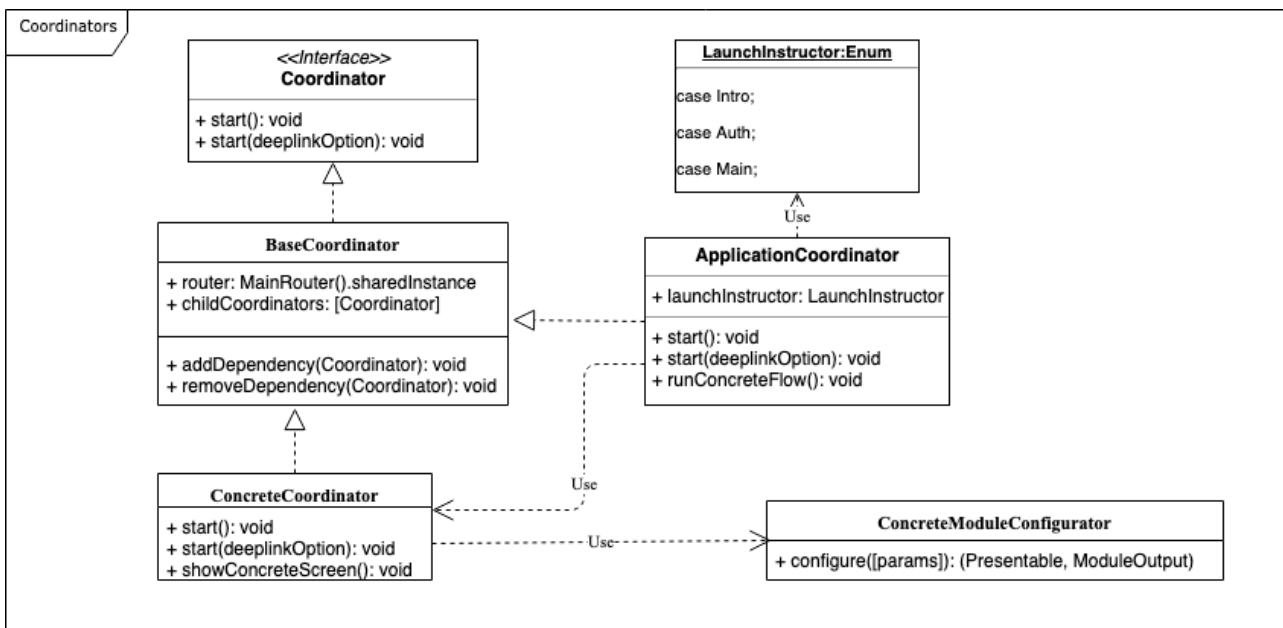


Рисунок 1. Диаграмма классов реализации навигации приложения с помощью паттерна Coordinator

При подробном изучении данной диаграммы можно выделить следующие моменты:

1. Логика по добавлению и удалению дочерних координаторов инкапсулирована в классе Base Coordinator, что гарантирует, что в конкретных реализациях не будет лишнего кода, и что код будет тестироваться один раз.
2. Координатор может как начать ещё один Flow, запустив дочерний координатор, так и открыть какой-нибудь экран в рамках текущего Flow, используя MainRouter.

3. Координаторы позволяют очень изящно реализовать навигацию по deep links – ссылкам на какой-либо конкретный экран приложения. Эти ссылки в мобильной разработке являются результатом получения push-уведомления, или результатом открытия приложения с помощью специальной динамической ссылки. Поскольку каждый координатор имеет ссылки на список дочерних, можно итерироваться по ним, последовательно вызывая метод `start(deeplinkOption)`, и кто-либо из дочерних координаторов ответит на вызов, если это предусмотрено логикой приложения.
4. `ApplicationCoordinator` – главный Координатор приложения – использует при старте объект `LaunchInstructor`, который инициализируется при старте приложения, и определяет опции, которые необходимо учесть при старте (например, авторизован или нет пользователь, посмотрел ли он вступительные инструкции, и т.п.).
5. Конфигурация модулей может выполняться как без параметров, так и с передачей внутрь модуля необходимых данных. Правильно используя протоколы `ModuleInput` и `ModuleOutput`, можно весьма гибко работать с потоком данных в приложении, не нарушая текущую архитектуру и абстрагированность слоёв друг от друга [7].

Также, для более четкого понимания предлагаемой связи между модулем и его координатором, следует описать предлагаемую к использованию диаграмму классов модуля (см. Рисунок 2):

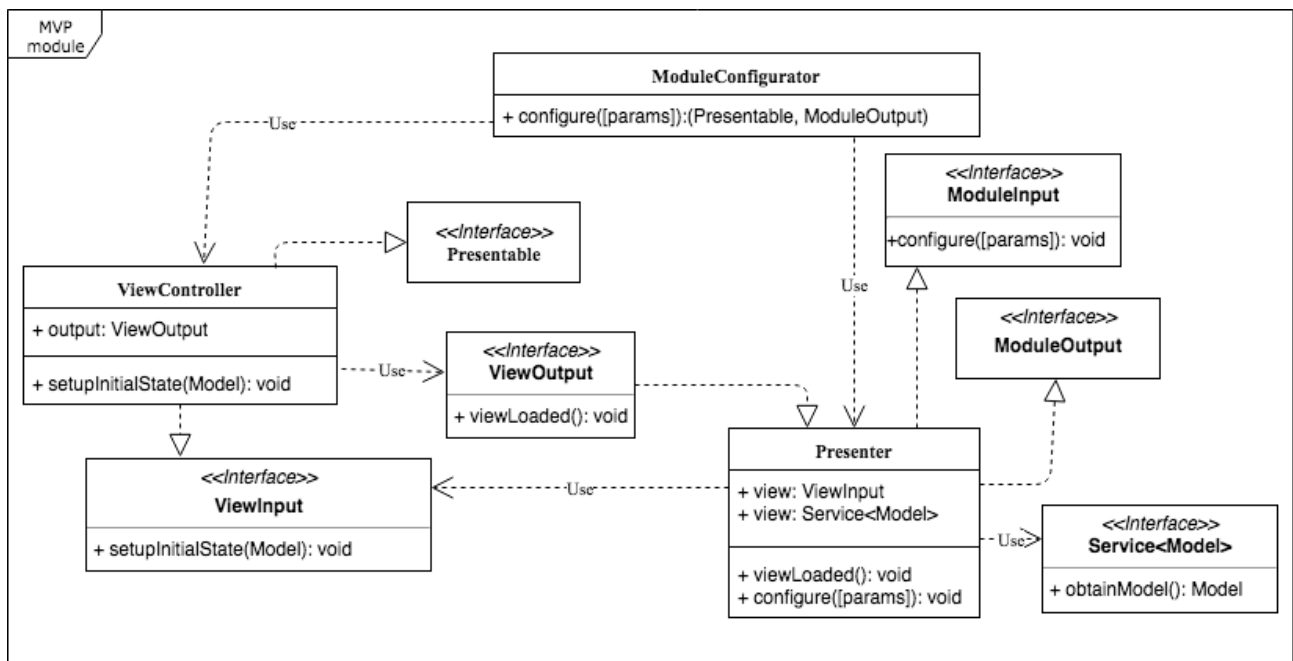


Рисунок 2. Диаграмма классов реализации MVP модуля для использования с координаторами

В данной статье была произведена модификация архитектуры MVP с целью решения проблемы с понятностью и изменяемостью навигационного слоя приложения. Предложенное решение – выделение навигации в отдельный от модулей слой, и реализация его с использованием паттерна Координатор. Получившаяся архитектура может носить название `Coordinated MVP`.

Это решение позволяет без труда добавлять в приложение новые модули, и даже целые цепочки из модулей, встраивая их в текущую структуру.

### Библиографический список

1. Trygve M. H. Reenskaug. MVC. XEROX PARC. – 1978.
2. Антоненко, Д. А. VIPer архитектура в мобильной разработке / Д. А. Антоненко // Компьютерные системы и сети: материалы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. (Минск, 25 - 30 апреля 2016 года). – Минск: БГУИР, 2016. – С. 47 - 48.
3. The Book of VIPER // Rambler.io [Электронный ресурс] [Режим доступа: <https://github.com/strongself/The-Book-of-VIPER>] [Проверено: 15.03.2018].
4. Великанова Л.О., Мурлин А.Г., Гайвук А.Р. Принципы разработки приложений под операционную систему iOS // Научный журнал КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2017. №127.
5. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб: Питер, 2001. — 368 с.
6. Coordinators Redux // Khanlou.com [Электронный ресурс] [Режим доступа: <http://khanlou.com/2015/10/coordinators-redux/>] [Проверено: 15.03.2018].
7. Robert C. Martin. Clean Architecture. – Prentice Hall, 2018. – 401с.

### MVP ARCHITECTURE MODIFICATION BY IMPLEMENTING «COORDINATOR» PATTERN

*Smirnov Aleksandr V.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, avsmirnov567@gmail.com

The paper discusses a way to improve one of the most popular mobile application architectures - MVP (Model - View - Presenter). Previously, the following problem of this architecture was revealed: the application navigation layer is difficult to read, and is poorly suited for frequent changes. This is because in the standard implementation of the MVP architecture, each module has its own class-router, which is responsible for launching transitions from this module. The proposed improvement is based on the use of the Coordinator pattern and provides the abstraction of the logic of the navigation layer of the application from the other layers. A new type of entity is added to the application - Coordinators, objects, each of which is responsible for storing an integral part of the application's navigation - the so-called flow. The coordinators replace the MVP routers and form a tree structure that fully describes the navigation layer of the application.

Keywords: mobile applications, mobile applications architectures, architecture patterns, coordinator pattern.

## **СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНТЕРНЕТ КОНТЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Смирнов Михаил Андреевич*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, misha.smi1996@yandex.ru

В данной статье рассматривается подход к извлечению Интернет контента для решения задач анализа глобальных процессов. Приведены существующие программные средства, используемые для решения задач анализа процессов на основе журналов событий в рамках тематики Process Mining. Рассмотрен список основных форматов журналов событий, используемых для хранения, исследования и обмена журналов. Из рассмотренного списка форматов выбран формат хес, имеющий самые гибкие возможности описания структуры события и его элементов, по сравнению с другими форматами. Представлен двухэтапный алгоритм извлечения, состоящий из этапа инициализации, полностью управляемого пользователем и повторяющегося этапа работы системы. Результатом работы является расширяемая архитектура системы с использованием онтологий, позволяющая выполнить шаги обоих этапов приведенного алгоритма.

Ключевые слова: глобальный процесс, журнал событий, Process Mining, онтологии.

В работе [1] авторы вводят определение глобального процесса, как процесса, инициированного деятельностью человека, и охватывающего практически все пространство планеты и общества, а наличие взаимодействий между различными сферами жизни человека придает рассматриваемым процессам статус глобальности. В настоящее время основным источником, содержащим в большом объеме информацию о глобальных процессах, является Интернет. Множество сайтов, таких как социальные сети, блоги, новостные агентства предоставляют различные точки зрения на происходящие события. Однако, неструктурированный характер представления данной информации не позволяет применять готовые программные решения для анализа этих процессов, с целью выявления новых знаний. Например, оценить роль одного из участников процесса, выявить закономерности, предшествующие схожим событиям из разных предметных областей, оценить действия участников, на основе накопленных знаний и т.д.

Исследованием процессов занимается направление Process Mining, которое заключается в извлечении информации о процессах, посредством обработки журналов событий (логов), различных систем, таких как СУБД, информационные и операционные



системы. Основным отличием от классических методов Data Mining является то, что основное внимание уделяется процессам и вопросам, выходящим за рамки простых вопросов, связанных с производительностью. При рассмотрении процессов, в рамках организаций, полученных из различных информационных систем, данные описывающие эти процессы в основном содержат схожий набор полей. Например, ID – идентификатор события, TimeStamp – время, когда произошло событие, исполнитель, действие и т.д. Чаще всего эти данные представляются структурой с набором атрибутов, например, csv, xls файлы или, записи в таблицах реляционных БД. Так как данные структурированы их можно анализировать, используя готовые инструментальные средства. В работе [2] авторы рассматривают популярные решения для исследования процессов – ProM, Disco, Celonis, My-Invenio. В качестве входных данных, эти инструменты принимают файлы расширений csv, xls, fxl, mxml и xes. Последний является стандартом на основе xml, принятым в 2013 году, используемым для обмена журналами событий между популярными инструментами и различными предметными областями. Данный формат является наиболее гибким т.к. предоставляет возможность для удобного представления более сложных структур данных, чем объект с набором простых атрибутов, как в случае с csv. Диаграмма классов метамодели xes представлена на рисунке 1.

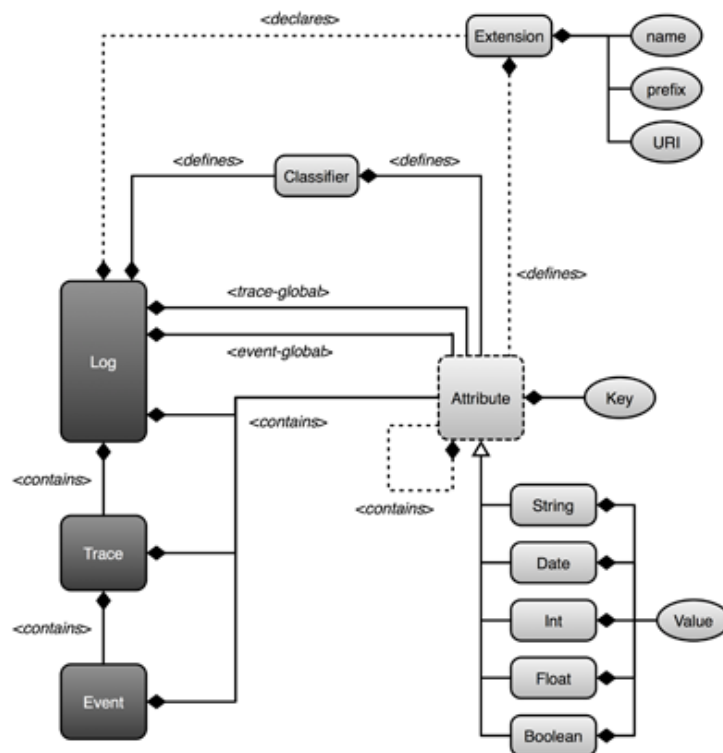


Рисунок 1. Диаграмма классов метамодели XES

Общий подход к решению задачи анализа глобальных процессов предлагается разделить на два основных этапа:

1. Инициализация:

- a. описание структуры событий и их атрибутов – задание, структуры событий согласно модели XES;
- b. задание отображения понятий БЗ, на описанную структуру события;
- c. поиск информации, релевантной заданному глобальному процессу и событиям - задание начального события, в соответствии с которым будет искаться информация в сети Интернет. Стоит отметить, что выполнение данного шага является сложной задачей, в связи с этим, ответственность за выполнение данного шага было решено переложить на ресурсы, предоставляющие контент;

2. Цикл работы системы:

- a. извлечение контента с Интернет ресурсов;
- b. отображение извлеченного контента на описанную на этапе 1, структуру событий, используя понятия из БЗ и отношения между ними;
- c. формирование журнала событий;
- d. анализ журнала событий, используя готовые программные средства.

Для выполнения указанных этапов, на текущий момент, существуют различные программные платформы. Например, платформа RapidMiner позволяет задать набор инструкций для извлечения информации из веб-страниц и сохранения извлеченной информации согласно заданной структуре. Данный вариант трудно расширяем и ограничен в возможностях. Альтернативным вариантом является реализация собственной системы, решающей все указанные шаги, а также обладающей удобным интерфейсом для описания журналов событий. Так как область интересов пользователей может различаться, например, экономика, политика, природные катастрофы и т.д. Ответственность за выполнение этапа инициализации полностью возлагается на пользователя при условии, что у него нет возможности использовать понятия неопределенные в БЗ. Описание предметной области, включающее описание понятий с учетом взаимосвязей, описание веб-ресурсов, с которых извлекаются данные, а также описание структуры журналов событий выполняется с использованием онтологий. Такой подход, позволит расширять метамодель журнала событий, предметную область интересов пользователей, а также расширять список Интернет ресурсов, с которых будет извлекаться информация о событиях. На рисунке 2 представлена

архитектура системы. При описании структуры журнала пользователю будет предоставлен высокоуровневый интерфейс, позволяющий создавать элементы и задавать сопоставление между понятиями из онтологии предметной области и элементами события. После необходимо задать начальное событие, и выбрать список Интернет сайтов, с которых будет извлекаться информация, из онтологии Интернет ресурсов. Данные извлеченные, согласно правилам извлечения, описанным в онтологии, отобразятся на заданную структуру журнала событий.

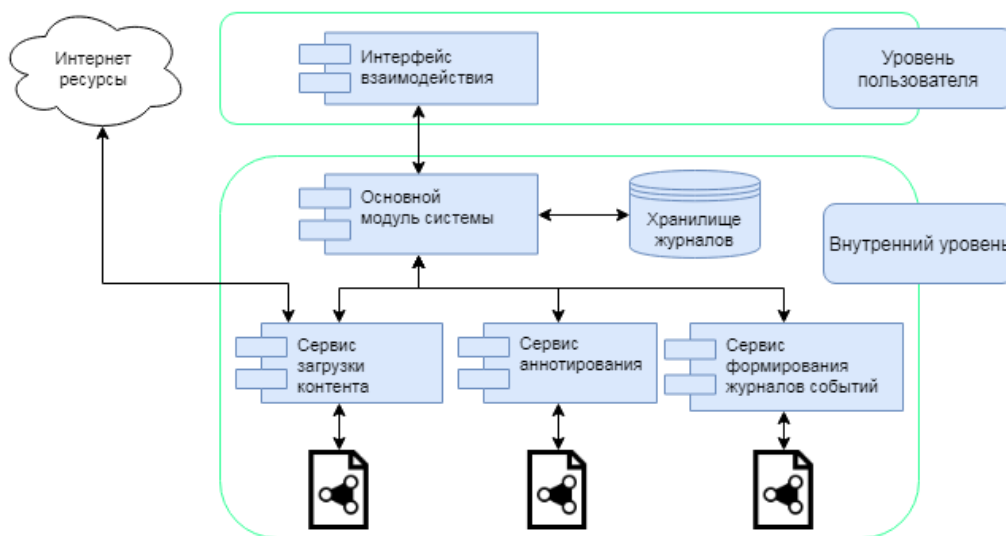


Рисунок 2. Архитектура системы

Таким образом, описанная в данной работе архитектура системы реализует подход, позволяющий при помощи высокоуровневого интерфейса описать структуру журнала событий, задать сопоставление элементов данной структуры понятиям предметной области, а также запустить сбор информации с определенного списка веб-ресурсов. Результатом работы системы является журнал событий хес формата, который можно анализировать используя соответствующие программные средства. Одним из главных достоинств данной системы будет возможность масштабирования без внесения изменений в исходный программный код за счет редактирования и пополнения онтологий.

### **Библиографический список**

1. Shalyaeva Irina & Lyadova Lyudmila & Lanin Viacheslav. (2017). Ontology-Driven System for Monitoring Global Processes on Basis of Internet News // The IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017) Moscow, Russia.
2. Celik, Ufuk & Akçetin, Eyüp. (2018). Process Mining Tools Comparison. 9. 97-104. 10.5824/1309-1581.2018.4.007.x.

## **INTERNET CONTENT EXTRACTION SYSTEM FOR SOLVING ANALYSIS TASKS OF GLOBAL PROCESSES**

*Smirnov Mikhail A.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, misha.smi1996@yandex.ru

This article discusses the approach to extracting Internet content for solving the problems of analyzing global processes. Existing software tools used to solve problems of process analysis based on event logs within the scope of Process Mining are presented. The list of the main event log formats used for storing, researching and sharing logs is reviewed. From the list of formats considered, the xes format is selected, which has the most flexible possibilities for describing the structure of an event and its elements, compared to other formats. A two-stage extraction algorithm is presented, consisting of an initialization stage, fully user-controlled and a repeating system operation stage. The result of the work is an extensible system architecture using ontologies, which allows to perform the steps of both stages of the above algorithm.

**Keywords:** global process, event journal, Process Mining, ontologies

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ СОСТОЯНИЯ РЫНКА ТРУДА С ПОМОЩЬЮ ПОСТРОЕНИЯ ДОРОЖНЫХ КАРТ**

*Снегирев Артем Станиславович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, artemsnegirevpsu@gmail.com

В статье представлен концептуальный взгляд на один из возможных вариантов создания сообщество-ориентированной информационной системы для актуализации связей между профессиональными навыками и профессиональной деятельностью в форме наглядной дорожной карты. Главную проблему, которую решает система звучит так: “Я очень хочу работать в этой предметной области, но еще не знаю, какими навыками должен обладать и не знаю, где могу этому научиться”. Сервис дает возможность изучать актуальные профессии на рынке труда, сравнивать их по критериям и статистическим данным. Кроме того, система подскажет, где развивать навыки необходимые для профессиональной деятельности. Статья рассматривает использование системы контроля версий Git как NoSql базу данных, чтобы создавать временные слепки состояния рынка труда и управлять актуализацией дорожных карт.

Ключевые слова: NoSql базы данных, открытые энциклопедии, система контроля версий, Git, рынок труда, образование.

### **Дорожные карты как инструмент профессионального развития**

Цель дорожных карт состоит в том, чтобы дать начинающему специалисту представление о ландшафте некоторой профессиональной деятельности и помочь ему, если он не знает, что делать дальше и куда развиваться, а не побуждать его выбирать то, что в тренде и модно. Начинающий специалист должен лучше понимать, почему один инструмент лучше подходит для некоторых случаев, чем другой, потому что модный никогда не означает, что он лучше всего подходит для работы.

Рассмотрим пример с веб-разработкой. Пусть веб-разработчиков делят на две основные группы: разработчики клиента и разработчики серверной части. Пусть некоторый пользователь сервиса имеет небольшую практику в программировании, но очень мало знает о веб-разработке. С помощью сервиса пользователь может понять, чем отличается эти две группы разработчиков, чем они занимаются и какие задачи решают, в каких компаниях можно работать в его городе и на какую зарплату в будущем можно рассчитывать и самое важное: пользователь может рассмотреть набор диаграмм, демонстрирующие пути, которые

пользователь может выбрать, и технологии, которые мог бы использовать, чтобы стать разработчиком клиентской части [1] (см. Рисунок 1).

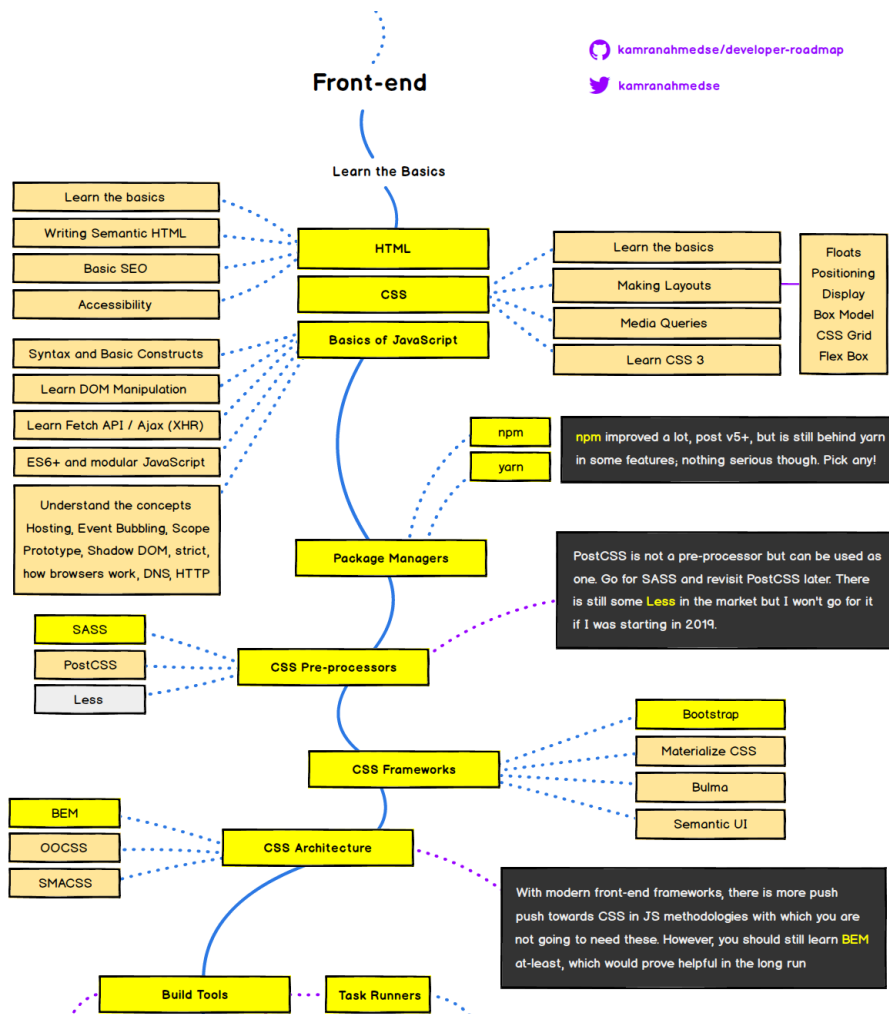


Рисунок 1. Фрагмент дорожной карты frontend разработчика

Формат дорожных карт часто используется как краткосрочный или долгосрочный план выпуска производителем какого-либо продукта [2]. Дорожные карты имеют три направления использования для описываемой системы:

1. Пользователь достигает консенсуса в отношении набора потребностей в профессии и “сложности” прохождения дорожной карты, которая необходима для удовлетворения этих потребностей;
2. Для пользователя дорожная карта служит основой для планирования и координации профессионального развития;
3. Множество дорожных карт в различные периоды времени создают возможность для прогнозирования изменений и трендов на рынке труда.

## **Сообщество-ориентированный сервис и актуализация**

Дорожные карты профессий должны находиться в актуальном состоянии относительно состояния на рынке труда, а история их изменений должна сохраняться для прогнозирования. Считаю наиболее рациональным способом решения проблемы актуализации информации является создание сообщество-ориентированных сервисов таких как GitHub. Предлагаемый подход организации сервиса отличается от существующих решений известных мне тем, что использует некоторые принципы открытых энциклопедий [3], такие как:

1. Материалы являются свободными для использования и изменения. Это значит, что актуализация материалов и развитие проекта лежит в руках сообщества;
2. Отражение нейтральной точки зрения при создании материалов. С одной стороны, есть критерии и рекомендации для построения дорожных карт, которые нивелируют субъективную точку зрения создателей. С другой стороны, каждая дорожная карта — это лишь частный случай взглядов сообщества на состояние рынка труда и опыт отдельно взятого участника сообщества;
3. Существует свод правил поведения, но строгих правил нет. Любая часть системы, внутри которой находится сообщество и веб-сервис, может быть изменена сообществом. Создатели задают вектор развития.

## **Система контроля версий Git как NoSql база данных**

Git — это бесплатная распределенная система контроля версий с открытым исходным кодом, предназначенная для быстрой и эффективной работы с небольшими и очень крупными проектами. Git может работать как база данных NoSQL в некоторых случаях. Это особенно полезно в следующих случаях:

1. Есть иерархические данные (из-за их внутренней иерархической природы). Например, представление дорожной карты представить ввиду иерархической структуры, которую к тому же очень удобно хранить в JSON формате;
2. Необходим механизм утверждения изменений для хранимых данных. Разделяя принцип открытых энциклопедий, сервис должен обеспечивать операции CRUD над хранимыми данными, в частности механизм внесения правок и подтверждения изменений, авторами дорожных карт. Git позволяет эффективно отслеживать изменения (см. Рисунок 2);
3. Нет нужды в чрезвычайно быстрой производительности записи. В тестах было показано, что Git может предоставить достаточную производительность для

обслуживания сервиса [4]. Но также есть решения, позволяющие обойти эти аппаратные ограничения:

- а. Построение деревьев изменений с глубокой иерархией (см. Рисунок 3);
- б. Объединение нескольких изменений данных в один коммит.

4. Небольшой размер и набор данных.

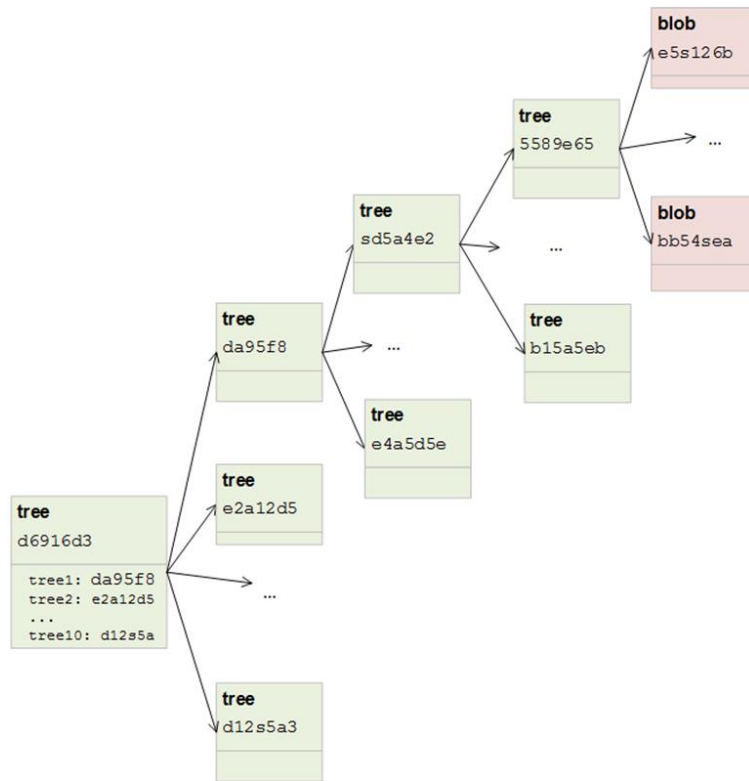


Рисунок 2. Хранение изменений 10.000 файлов

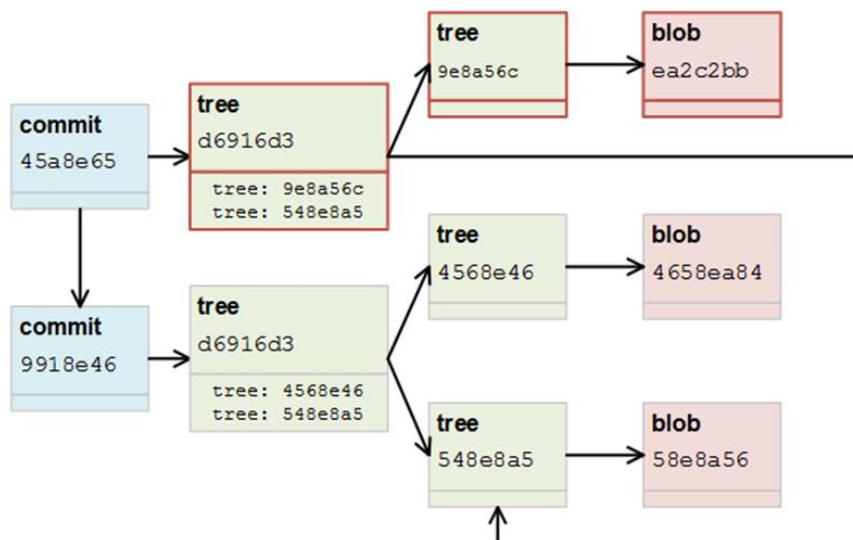


Рис 3. Эффективное отслеживание изменений в Git



## Заключение

Данная работа направлена на концептуальный взгляд на создание сообщество-ориентированной информационной системы для актуализации дорожных карт профессий и использования системы контроля версий Git как NoSql базу данных. Было найдено решение контроля изменений и создания механизма актуализации дорожных карт.

## Библиографический список

1. Web developer roadmaps // Github: free development platform URL: <https://github.com/kamranahmedse/developer-roadmap> (дата обращения: 20.03.2019).
2. Creating a Technology Road Map // Entrepreneur: business journal URL: <https://www.entrepreneur.com/article/83000> (дата обращения: 20.03.2019).
3. Wikipedia five pillars // Wikipedia: free encyclopedia URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Five\\_pillars](https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Five_pillars) (дата обращения: 15.03.2019).
4. Git performance benchmark // Open-amdocs URL: <https://open-amdocs.github.io/git-performance-benchmark> (дата обращения: 17.03.2019).
5. Эрик Редмонд, Джим Р. Уилсон Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL. ДМК Пресс, 2018.
6. Pieter Hintjens Social Architecture: Building On-line Communities. 2016.

## INFORMATION SYSTEM FOR ACTUALIZATION OF STATE OF THE LABOR MARKET BY CONSTRUCTING ROADMAPS

*Snegirev Artyom S.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, [artemsnegirevpsu@gmail.com](mailto:artemsnegirevpsu@gmail.com)

The article presents a conceptual view of one of the possible variants for creation a community-based information system to actualization the links between professional skills and professional activities in form the roadmaps. The main problem that the information system solves is: “I really want to work in this subject area, but I still don’t know what skills I should have and don’t know where I can learn it.” The system provides an opportunity to study current professions in the labor market, compare them according to criteria and statistics. In the addition, information system will help you find where you can develop the skills necessary for professional activities. The article discusses the use of the Git version control system as a NoSql database to create snapshots of the state of the labor market and manage the update of road maps.

Keywords: NoSql database, free encyclopedia, system version control, Git, the labor market, educatio

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАНОГЛИНЫ И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА КАК ПРИЧИНА ДИССИПАТИВНЫХ ПОТЕРЬ В ЭЛАСТОМЕРНОМ КОМПОЗИТЕ**

*Соколов Александр Константинович, Свистков Александр Львович, Гаришин Олег  
Константинович*

Институт механики сплошных сред УрО РАН, 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика  
Королёва, 1, aleksandr\_sokol@mail.ru

На сегодняшний день, наиболее распространенными наполнителями резин являются технический углерод и силика. Одним из перспективных направлений является использование различных глинистых минералов. Это позволяет естественным образом варьировать форму и размеры частиц наполнителя в зависимости от поставленной задачи. В работе приводятся результаты компьютерного моделирования на микроструктурном уровне механизма формирования диссипативных потерь в эластомере (натуральный каучук), наполненном наночастицами технического углерода (глобулярные образования) и наноглины (монтмориллонит). Частицы наноглины имели вид пачки из нескольких ультратонких параллельных пластинок, разделенных нанослоями эластомера (тактоид). При моделировании решалась двухмерная краевая задача об упругом одноосном растяжении элементарной ячейки, содержащей две частицы технического углерода и тактоид из наноглины между ними.

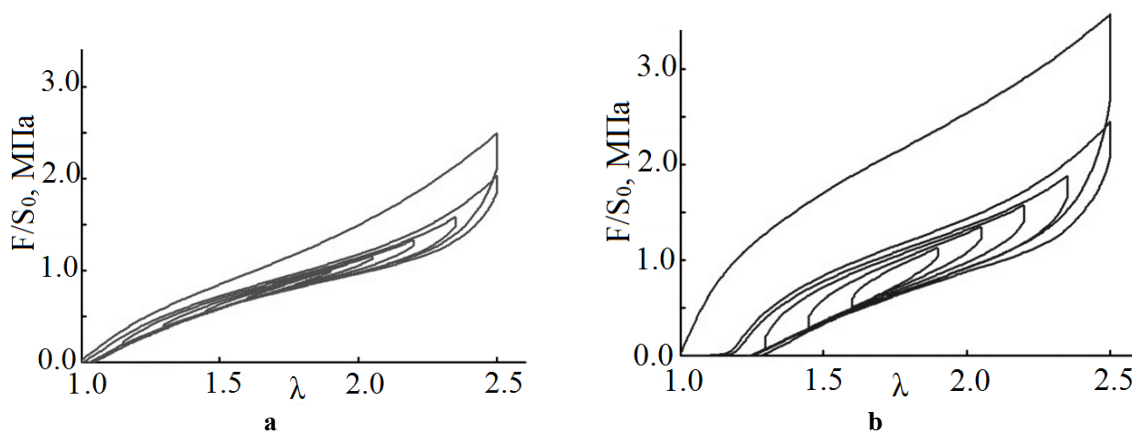
В результате проведенных численных экспериментов установлено, что наличие частиц сажи вблизи тактоида вызывает сильный изгиб пластинок тактоида, их переориентацию в направлении внешней нагрузки и сдвиг относительно друг друга. В реальности (в виду хрупкости монтмориллонита) такие искажения формы должны приводить к разрушению тактоидов и, соответственно, к размягчению материала и росту диссипативных потерь при деформировании. Эти результаты подтверждают известные экспериментальные данные.

Ключевые слова: нанокompозит, конечные деформации, вычислительное моделирование, метод конечных элементов, эластомер, наполнитель, включения, монтмориллонит.

Исторически первые нанокompозиты с минеральным наполнителем представляли собой полиолефины (полиэтилен, полипропилен и т.д.) с наполнителем из слоистых глинистых минералов (монтмориллонит) [1]. Первым их коммерческим применением были различные вспомогательные детали в автомобилях (Toyota, General Motors, Mitsubishi, Honda), а также упаковки для жидких веществ (Alco SCI, Nanocor). Для этих материалов характерны хорошие теплоизоляционные свойства, низкая диффузионная проницаемость, повышенная термическая стабильность и устойчивость к горению [2–4]. Кроме монтмориллонита в качестве нанонаполнителя используют также палыгорскит [5, 6], шунгит [7, 8]. Основная

задача данной части исследований состояла в изучении, как ввод наночастиц монтмориллонита в эластомер сказывается на его механических свойствах и теоретической проверке гипотез, объясняющих такое поведение материала.

Объектом исследований были эластомерные нанокомпозиты, содержащие относительно новый (для эластомеров) тип наполнителя – монтмориллонит (ММТ). Этот материал относится к классу разбухающих глинистых минералов и, при определенной обработке, способен диспергировать на наночастицы в виде ультратонких чешуек с минимальной толщиной до 1 нанометра и характерным размером от 30 нм до нескольких микрон. Эти частицы могут образовывать отдельные пачки – тактоиды из параллельно расположенных пластинок (до нескольких десятков). Ранее было установлено, что добавление небольших количеств монтмориллонита существенно влияет на механические свойства каучуков [9]. Это связано с тем, что в условиях нагрузки ориентация и форма частиц наполнителя в материале изменяются из-за изгиба и взаимного скольжения пластинок тактоида [9]. В экспериментах на циклическое нагружение эластомеров с наполнителем из технического углерода и наноглины (рисунок 2), проведённых в ИМСС, было установлено, что при добавлении частиц сажи (30 phr) вызывает увеличение диссипативных потерь (растет петля гистерезиса), а добавление туда же всего 5 phr наноглины (5 phr) происходит еще более значительное увеличение данных эффектов. К тому же появляются еще и остаточные деформации, что говорит о наличии в материале необратимых структурных перестроек. Работа велась с вулканизатом. Его рецептура и более подробное описание опубликованы в статье [9].



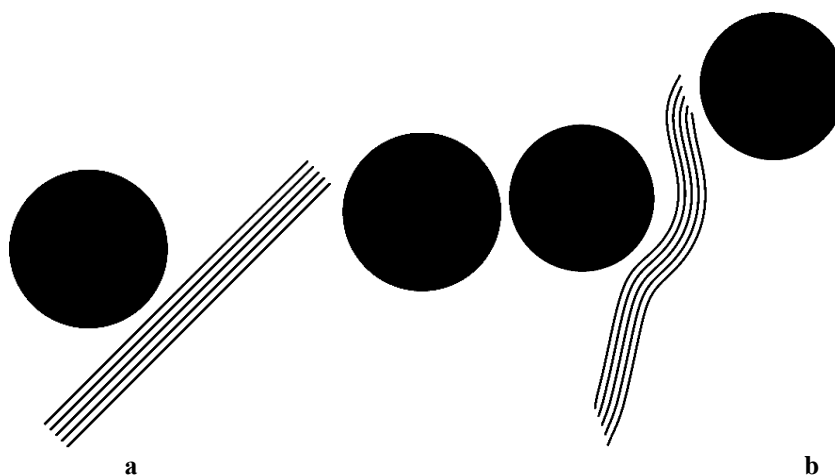
**Рисунок 1. Кривые циклического растяжения каучуков, наполненных техническим углеродом (ТУ) и монтмориллонитом; а — ТУ 30 phr; б — ТУ 30 phr, наноглина 5 phr**

Для объяснения такого поведения материала было проведено компьютерное моделирование изменений в его микроструктуре при одноосном внешнем нагружении. Использовалась следующая расчетная схема. В состоящую из эластомера прямоугольную

область (1200 на 1200 нм) помещали три включения: две круглых жестких частицы сажи и тактоид из наноглины между ними. Диаметр частиц сажи равнялся 90 нм. Длину отдельной глинистой пластинки брали равной 210 нм, толщину – 1 нм. Тактоид моделировали как пачку из 5 параллельных изначально плоских пластинок, расположенных (в ненагруженном состоянии) на расстоянии 2.9 нм друг от друга. Считали, что в зазорах между пластинками находится эластомер с теми же свойствами что и остальная матрица. При расчетах предполагалось, что включения прочно скреплены с матрицей, то есть никакие отслоения и разрывы сплошности материала невозможны.

Одноосное растяжение ячейки моделировали посредством раздвижения ее нижней и верхней границ по вертикали с одновременным сближением боковых сторон по горизонтали так, чтобы выполнялось условие сохранения объема. Задачу решали методом конечных элементов в 2D постановке (плоская деформация).

Полученные результаты показаны на рисунках 4–6. Все картины соответствуют одноосной макродеформации ячейки 150 %.



**Рисунок 2. Изменение формы тактоида расположенного под углом  $\beta=45^{\circ}$  относительно направления растяжения; а – исходная конфигурация; б – результат после деформирования**

Расчеты показали, что наличие частиц сажи вблизи тактоида вызывает сильный изгиб пластинок тактоида, их переориентацию в направлении внешней нагрузки и сдвиг относительно друг друга. Причем, чем больше угол, тем сильнее проявляется этот эффект. В реальности (в виду хрупкости монтмориллонита) такие искажения формы должны приводить к разрушению тактоидов и, соответственно, к размягчению материала и росту диссипативных потерь при деформировании.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-08-00725 А).

### Библиографический список

1. *Theng B.K.G.* Some Practical Applications of the Clay-Polymer Interaction // *Developments in Clay Science*. – 2012. –Vol. 4. –P. 201–241.
2. *Shepherd P.D., Golemba F.J., Maine F.W.* Clay layers // *Adv. Chem. Ser.* –1974. –Vol. 41. –P. 134–141.
3. Supersonically sprayed thermal barrier layers using clay micro-particles /*D-Y. Kim, J-G. Lee, B. Joshi et al.* // *Applied Clay Science*. –2016. –Vol. 120. –P. 142–146.
4. *Garishin O.K., Gerasin V.A., Guseva M.A.* A study of the elastoplastic properties of polymer-silicate nanocomposites with allowance for the change in their volumes during deformation // *Polymer Science. Ser. A*. –2011.–Vol. 53. –P. 1187–1197.
5. Surface modified palygorskite nanofibers and their applications as reinforcement phase in cis-polybutadiene rubber nanocomposites / *Q. Tang, Fei. Wang, X. Liu et al.* // *Applied Clay Science*. –2016. –Vol. 132–133. –P. 175–181.
6. A novel polyethylene/palygorskite nanocomposite prepared via in-situ coordinated polymerization / *Z. Du, W. Zhang, C. Zhang et al.* // *Polymer Bulletin*. –2002. –Vol. 49. –P. 151–158.
7. Advances in Layered Double Hydroxide (LDH) based Elastomer Composites / *D. Basu, A. Das, K.W. Stöckelhuber et al.* // *Progress in Polymer Science*. –2014. –Vol. 39. –P. 594–626.
8. *Ignatov I., Mosin O.* The Structure and Composition of Carbonaceous Fullerene Containing Mineral Shungite and Microporous Crystalline Aluminosilicate Mineral Zeolite // *Nanotechnology Research and Practice*. –2014. –Vol. 1. –P. 30–42.
9. *Garishin O.K., Shadrin V.V., Svistkov A.L. Sokolov A.K., Stöckelhuber K.W.* Visco-elastic-plastic properties of natural rubber filled with carbon black and layered clay nanoparticles. Experiment and simulation // *Polymer Testing*. 2017. V. 63. P. 133–140.

### INTERACTION OF NANOCLAY AND CARBON BLACK AS THE CAUSE OF DISSIPATIVE LOSSES IN ELASTOMERIC COMPOSITE

*Sokolov Alexander K., Svistkov Alexander L., Garishin Oleg K.*

Institute of Continuous Media Mechanics Ural Branch of Russian Academy of Science, 1,  
Akademica Koroleva st. Perm, 614013, alexandr\_\_sokol@mail.ru

Abstract. Carbon black and silica (SiO<sub>2</sub>) are the most common used reinforcing agents in natural and synthetic rubbers. One promising direction is the use of clay minerals. The paper presents the results of computer simulation at the microstructural level of a mechanism for the formation of dissipative losses in an elastomer (natural rubber) filled with carbon black nanoparticles (globular

formations) and nanoclays (montmorillonite). Nanoclay particles had the form of a bundle of several ultra-thin parallel plates separated by nanolayers of the elastomer (tactoid). As a result of numerical experiments, it has been established that the presence of carbon black particles near the tactoid causes a strong bending of its plates, their reorientation towards the external load, and a significant shift relative to each other. In reality (in view of montmorillonite fragility), such distortions in shape should lead to the destruction of tactoids and, accordingly, to softening of the material at macrolevel and the growth of dissipative losses during deformation. These results confirm the known experimental data when the addition of montmorillonite particles and carbon black to the elastomer leads to a significant enhancement of the viscoelastic properties of the material (dissipative losses).

Keywords: nanocomposite, finite deformations, computational modeling, elastomer, nanoparticles.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧЕВОГО АКТА ОТЗЫВА В ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЕ

*Спрысков Алексей Алексеевич, Бидуля Юлия Владимировна*

Тюменский государственный университет, 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,  
facilisdes@gmail.com

Сформирован подход к определению речевого акта отзыва в интернет-магазине в рамках выделенных шести групп актов посредством определения групп классификационных признаков и описания принципов получения конкретных признаков. Всего выделено 81 статичный признак и группа признаков, определяемых через анализ размеченных отзывов, также используемых в дальнейшем в процессе классификации. После расчёта значений всех признаков для отзыва производится его классификация по выделенным классам речевых актов с использованием готовых программных реализаций классификаторов. Произведены замеры F-меры для результатов работы различных классификаторов по каждой группе речевых актов, среднее от полученных значений использовалось в качестве измеримого показателя качества классификации. Описан и выбран наиболее точный классификатор. Выбранным методом классификации стал метод опорных векторов.

Ключевые слова: речевой акт, отзыв, классификация.

Предполагается добавить такую характеристику отзыва, как тип речевого акта отзыва.

Выявление речевого акта отзыва видится перспективным в первую очередь для ранжирования отзывов при их обработке персоналом магазина. Также данная характеристика может использоваться и для фильтрации.

Для более формального определения речевого акта обратимся к работам [1] и [2].

В данных работах составлен список групп речевых актов, к одной из которых можно отнести отзыв:

1. Утверждение. Отзывы, явно подразумевающие правдивость передаваемой информации. [3].
2. Рекомендация. Отзывы, рекомендующие/осуждающие объект, либо дающие совет;
3. Выражение мнения. Отзывы, выражающие отношение и эмоции автора;
4. Вопрос. Отзывы, несущие в себе вопросы по какой-либо области.
5. Просьба. Отзывы, где автор пытается убедить читателя сделать/не делать что-либо.
6. Прочее. В рамках нашей задачи в неё группируются все остальные категории.

Опираясь на описанные в работе [4] признаки для определения принадлежности отзывы к группам речевых актов, определим следующие группы признаков:

## 1. Семантические

1. Слова, выражающие мнение. На основании подхода из работы [5] и словаря для русского языка [6] составлен список из 65 слов, характерных для выражения мнения. На его основе сформирован бинарный признак, отображающий наличие хотя бы одного слова из списка в отзыве;
2. Вульгарные слова. Аналогично предыдущему пункту, на основании словарей составлен список 39 обценных слов русского языка и на его основе сформирован бинарный признак, отображающий наличие хотя бы одного слова из списка в отзыве;
3. Смайлики. На основании словарей составлен список из 362 смайликов и на его основе сформирован бинарный признак, отображающий наличие хотя бы одного элемента списка в отзыве;
4. Глаголы, описывающие речевые акты. На основе словаря из [7] составлен список из 43 глаголов, свойственных определенным речевым актам. На основании списка составлено 43 бинарных признака, отображающих наличие каждого из этих глаголов в отзыве;
5. n-граммы (унограммы, биграмм, триграммы). Эти сочетания определяются эмпирически в автоматическом режиме на основе размеченных отзывов – алгоритмом выбираются те словосочетания, которые используются не менее чем в 5% отзывов, затем из них исключаются те, в которых есть имена собственные. Затем для каждого словосочетания определяется энтропия его распределения среди отзывов каждой группы. Затем значения энтропии для каждой группы суммируются в суммарную энтропию распределения. Затем суммарная энтропия распределения нормируется. Опытным путём в [4] установлено, что оптимальным следует считать извлечение тех n-грамм, полученное значение для которых не превышает 0,2. Это соответствует примерно 21% от всего количества отфильтрованных к данному этапу n-грамм. Полученные n-граммы в работе [4] встречаются в 64% отзывов из обучающей выборки. Количество выделяемых на данном этапе признаков равняется количеству полученных n-грамм, все признаки бинарные и отображают факт наличия n-граммы в отзыве;

## 2. Лексические

1. Знаки препинания. Выделены два бинарных признака для отображения наличия или отсутствия в отзыве знаков “?” и “!”,



2. Сокращения. На основании словаря из работы [8] и онлайн-словарей создан список из 31 сокращений, часто используемых в интернет-среде. На его основании определен 31 бинарный признак для определения факта присутствия каждого сокращения в отзыве;
3. Части речи. В отзыве на данном этапе определяется наличие прилагательных и междометий. Выделено два бинарных признака, отображающих наличие междометий и прилагательных в отзыве.

Итого выделен 81 статичный признак, плюс группа признаков, определяемых через анализ размеченных отзывов.

Для стемирования, получения исходной словоформы и морфологического анализа использовалось ПО MyStem и библиотека `rumystem3`.

В качестве вариантов для реализации мультиклассовой классификации было выбрано четыре алгоритма - наивный Байесовский классификатор, дерево решений, логистическая регрессия и метод опорных векторов. Для всех четырех алгоритмов использовалась их реализация в пакете Python Scikit-learn.

Для обучения классификаторов было вручную размечено 196 отзывов. Также для каждого отзыва программно были найдены значения всех признаков. Помимо 81 статичного признака было получено 7 дополнительных признаков. Тестирование производилось с применением кросс-валидации по 14 блокам.

Для оценки качества работы алгоритмов использовалась F1-мера, представляющая собой гармоническое среднее точности и полноты предсказания:

$$F1 = \frac{2 * prec * rec}{prec + rec}; prec = \frac{TP}{TP + FP}; rec = \frac{TP}{TP + FN} \quad (1)$$

, где *prec* – точность, *rec* – полнота, *TP*, *FP*, *FN* – количество истинно-положительных, ложно-положительных и ложно-отрицательных решений соответственно.

Расчёты проводились по предварительно вручную размеченной тестовой выборке.

Результаты измерения F1-меры представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты измерения F1-меры для прогнозов, данных каждым алгоритмом по отзывам каждой группы.**

	Утв.	Рек.	Выр. мн.	Вопр.	Пр.	Проч.	Средн.
Н.Б.К.	0.56	0.69	0.73	0.34	0	0.32	0.44
Дерево решений	0.70	0.72	0.72	0.39	0	0.41	0.49
Лог. регрессия	0.71	0.80	0.83	0.36	0.12	0.42	0.54
М.О.В.	0.75	0.81	0.84	0.32	0.19	0.45	0.56

При определении принадлежности ко всем группам в целом лучший результат показал метод опорных векторов. Таким образом, на данном этапе работы выбрана и использовалась в дальнейшем классификация методом опорных векторов.

### **Библиографический список**

1. J. R. Searle. A taxonomy of illocutionary acts. Linguistic Agency University of Trier, 1976
2. R. Zhang, D. Gao, and W. Li. What are tweeters doing: Recognizing speech acts in twitter. In Analyzing Microtext, 2011.
3. J. R. Searle. Expression and meaning: Studies in the theory of speech acts. Cambridge University Press, 1985
4. Soroush Vosoughi. Automatic Detection and Verification of Rumors on Twitter. Massachusetts Institute of Technology, 2015
5. P. Stone, D. C. Dunphy, M. S. Smith, and D. Ogilvie. The general inquirer: A computer approach to content analysis. Journal of Regional Science, 8(1):113–116, 1968.
6. <http://linis-crowd.org>
7. Wierzbicka. English speech act verbs: A semantic dictionary. Academic Press Sydney, 1987.
8. D. Crystal. Language and the internet. 2006.

## **SPEECH ACT DETECTION FOR A REVIEW IN AN ONLINE STORE**

*Spryskov A.A., Bidulya Y.V.*

University of Tyumen, 6, Volodarskogo st., Tyumen, 625003, Russia, facilisdes@gmail.com

An approach to defining a speech act of recall in an online store has been formed within the framework of the six groups of acts by defining groups of classification signs and describing the principles for obtaining specific signs. In total, there are 81 static features and a group of dynamic features, which are determined through the analysis of tagged reviews, which are also used later in the classification process. After calculating the values of all features for a specific review, it is classified according to the selected classes of speech acts using ready-made software implementations of classifiers. F-measures were measured for the results of the work of various classifiers for each group of speech acts, then the average of the values obtained was used as a measurable indicator of the quality of classification. The most accurate classifier is described and selected. The chosen method of classification is the support vector machine.

Keywords: speech act, review, classification.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ СКРИНИНГА ПУБЛИКАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЗОРА ЛИТЕРАТУРЫ

*Субботин Евгений Андреевич, Дацун Наталья Николаевна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, subbotinjenay@mail.ru, nndatsun@inbox.ru

Рассматривается система обработки метаданных публикаций цифровых библиотек, предоставляющая возможность автоматического скрининга этих публикаций для систематического обзора литературы (SLR). Под скринингом понимается обработка публикаций по критериям уникальности и релевантности. Исследованы различные форматы представления метаданных публикаций цифровых библиотек (ACM DL, IEEE Xplore DL, ScienceDirect, Web of Science, Scopus, Springer Link), способы их обработки, а также способы получения корпусов уникальных и релевантных документов. Определены теги, которые хранят информацию о публикации, необходимую для формирования списка библиографических ссылок, сбора статистики и проведения остальных этапов SLR. Предложена структура системы. Разработаны модули системы, позволяющие обрабатывать метаданные с помощью регулярных выражений. Результатом работы являются корпуса уникальных и релевантных публикаций, а также распределение публикаций каждого из корпусов по библиотекам и по годам, списки библиографических ссылок в стилях ГОСТ Р 7.0.5-2008, APA, Harvard, IEEE.

Ключевые слова: цифровые библиотеки, метаданные публикаций, уникальные публикации, релевантные публикации, регулярные выражения.

Актуальность и новизна. Первым этапом научного исследования является анализ литературных источников. В эпоху цифровизации информация о них доступна через цифровые библиотеки. Существует потребность в представлении метаданных публикаций этих библиотек в едином пространстве, а также в их обработке и скрининге в систематическом исследовании литературы (Systematic Literature Review, SLR) [1]. SLR представляет собой процесс из пяти последовательных этапов [2]:

- 1) определение исследовательских вопросов,
- 2) проведение поиска,
- 3) скрининг документов,
- 4) выделение ключевых слов с помощью аннотации,
- 5) извлечение данных.

В результате выполнения первых двух этапов исследователь формирует корпус первичных документов. Скрининг документов состоит из двух этапов: удаление дубликатов и отбор релевантных документов. Они порождают соответственно два корпуса документов: уникальных и релевантных. Последний используется для выполнения остальных этапов SLR.

Цель работы – разработка системы, предоставляющей возможности представлять корпус первичных документов и формировать корпуса уникальных и релевантных публикаций. Термин «уникальность» относится ко всему набору метаданных публикации, «релевантность» определяет полноценные публикации объемом не менее трёх страниц.

На текущий момент существуют системы, которые могут обрабатывать метаданные публикаций цифровых библиотек, такие как Zotero, Mendeley, JabRef, Citavi, однако, выполнить скрининг они не могут.

Данные. В исследовании были использованы библиотеки и реферативные базы данных: ACM DL, IEEE Xplore DL, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Springer Link. Каждая библиотека поддерживает один или несколько форматов представления метаданных публикаций, экспортированных из библиотеки: csv; RefWorks; RIS; BibTeX; text; acmref. Принято решение обрабатывать BibTeX-формат, так как большинство библиотек его поддерживают. Библиотека Springer Link на данном этапе разработки системы не используется, т.к. она имеет только один формат экспорта данных – csv.

При анализе BibTeX формата была выявлена его структура:

- тип документа,
- внутренний идентификатор,
- метаданные публикации.

Метаданные представляют собой множество кортежей вида: MD = <Tag, Value>

Тип документа записывается после знака "@", далее следует символ "{", затем идут тэги со значением по данному тэгу. После последнего тэга текущей публикации ставится символ "}".

Все библиотеки имеют свои особенности в оформлении тэгов, которые надо учитывать при их анализе. Описание тэгов приведено ниже в таблице.

Методы. Поставленную задачу решает система, имеющая следующие модули: чтения файлов BibTeX формата, формирования внутреннего представления в виде множества объектов, формирования корпусов уникальных и релевантных публикаций, сбора статистики и формирования библиографических ссылок, а также отображения результатов работы каждого из модулей. Для обработки документов BibTeX формата были использованы регулярные выражения. Это формальный язык поиска и осуществления манипуляций с

подстроками в тексте, основанный на использовании метасимволов [3]. После обработки документа, содержащего метаданные цифровых библиотек BibTeX формата, создается внутреннее представление в виде множества объектов. Мы можем получить значения тэгов публикации (см. таблицу), т.е. приступить к реализации алгоритмов для формирования корпусов уникальных и релевантных документов.

**Таблица. Описание тэгов для различных источников в БНФ**

Название	Формат	Описание
ACM DL	<code>&lt;tag&gt; ::= &lt;пробел&gt; &lt;имя тэга&gt; &lt;пробел&gt; '=' &lt;пробел&gt; '{' &lt;значение тэга&gt; }','</code>	ACM DL ставит пробел перед тэгом
Web of Science	<code>&lt;tag&gt; ::= &lt;имя тэга&gt; &lt;пробел&gt; '=' &lt;пробел&gt; '{' '{' &lt;значение тэга&gt; '}' }','</code>	Web of Science в данном формате ставит по две фигурные скобки для записи информации по тэгу
ScienceDirect	<code>&lt;tag&gt; ::= &lt;имя тэга&gt; &lt;пробел&gt; '=' &lt;пробел&gt; &lt;двойные кавычки&gt; &lt;значение тэга&gt; &lt;двойные кавычки&gt; ','</code>	Вместо фигурных скобок использует двойные кавычки
Scopus	<code>&lt;tag&gt; ::= &lt;имя тэга&gt; '=' '{' &lt;значение тэга&gt; }','</code>	Символ пробел как разделитель не используется
IEEE Xplore DL	<code>&lt;tag&gt; ::= &lt;имя тэга&gt; '=' '{' [&lt;значение тэга&gt;] }','</code>	Не используются пробелы. В документ для каждой записи пишутся все тэги и соответственно некоторые из них могут быть пустыми, т.е. иметь пустое значение

Алгоритм формирования корпуса уникальных публикаций. Этот алгоритм использует хэш-таблицы. При первой встрече публикации её название добавлялось в хэш-таблицу, при повторной – публикация-дубликат удалялась. Также при анализе выявилось, что в некоторых библиотеках в названиях одной и той же публикации могли быть некоторые отличия. Поэтому, хотя они являлись дубликатами, они таковыми не распознавались. Поэтому был введен еще один критерий для обработки уникальности. Это расстояние Левенштейна, показывающее на сколько символов различаются строки. В алгоритме принято: если названия публикаций отличались более чем на пять символов, то считалось, что это различные названия, иначе считалось, что попался дубликат, и публикация удалялась.

Также при удалении дубликата проверялось наличие данных в оригинале по некоторым тэгам: если в сохраненной публикации отсутствовала информация по какому-либо тэгу, то она восполнялась из дубликата перед его удалением.

Алгоритм формирования корпуса релевантных публикаций. Он выполняет фильтрацию корпуса уникальных публикаций по двум критериям: наличие авторов у публикации и объём публикации не менее трёх страниц. Алгоритм для этого проверяет во множестве объектов внутреннего представления значение поля «автор» на пустоту и значение поля «страницы».

По всем корпусам публикаций формируется статистика по годам и источникам, а по корпусу релевантных – список библиографических ссылок в стилях ГОСТ Р 7.0.5-2008, APA, Harvard, IEEE.

Разработана система автоматизации скрининга публикаций для SLR, которая обрабатывает метаданные цифровых библиотек в формате BibTeX. Система позволяет загружать, сохранять подборки публикаций пользователя, формировать корпуса уникальных и релевантных документов, а также отображать информацию по основным тэгам публикации, формировать статистику и список библиографических ссылок. Среда разработки Visual Studio. Язык реализации C#. Размер исполняемого кода 64 КБ.

### **Библиографический список**

1. Дацун Н.Н. Совместное оценивание деятельности обучающихся в массовых открытых онлайн курсах: систематический обзор литературы // Мир науки. 2015. №3. [Электронный ресурс] URL: <http://mir-nauki.com/PDF/53PDMN315.pdf> (дата обращения: 14.03.2019).
2. Kitchenham В. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering: EBSE Technical Report EBSE-2007-01, 2007. 57 с. [Электронный ресурс] URL: [https://www.elsevier.com/\\_\\_data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf) (дата обращения: 14.03.2019).
3. Фридл Дж. Регулярные выражения. СПб.: Символ-Плюс, 2008. 608 с.

# **SYSTEM FOR AUTOMATED SCREENING OF PUBLICATIONS FOR A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE**

*Subbotin Evgenii A., Datsun Nataliya N.*

Perm State University, 15 Bukieva st., Perm, 614990, Russia, subbotinjenay@mail.ru,  
nndatsun@inbox.ru

A system for processing digital library publication metadata is considered, which provides the possibility of automatic screening of these publications for a systematic review of the literature. Screening refers to the processing of publications according to the criteria of uniqueness and relevance. Various formats for the presentation of metadata of digital library (ACM DL, IEEE Xplore DL, ScienceDirect, Web of Science, Scopus, Springer Link) publications, methods for their processing, as well as methods for producing cases of unique and relevant documents were investigated. Defined tags that store information about the publication necessary for the formation of a list of bibliographic references, statistics and other stages of the SLR. The structure of the system is proposed. Modules of the system have been developed that allow to process metadata using regular expressions. The result is a corpus of unique and relevant publications, as well as the distribution of publications of each of corpuses by library and by year, lists of bibliographic references in the styles of GOST R 7.0.5-2008, APA, Harvard, IEEE.

**Keywords:** digital libraries, metadata of publications of digital libraries, regular expressions, corpuses of unique and relevant publications.



## МОНИТОРИНГ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

*Суконкина Анастасия Николаевна, Григорьев Михаил Викторович*

Тюменский государственный университет, 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,  
sukonkina\_nastya@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема дешифровки водных объектов, не имеющих четкой береговой линии, по данным дистанционного зондирования Земли. Предлагается решение мониторинга водной поверхности при помощи объектно-ориентированной классификации. Для реализации были использованы метод сегментации Quick Shift, позволяющий сгруппировать пиксели на снимке не только по цветовому признаку, но и по структуре объектов на снимке, и метод классификации с учителем – Random Forest, дающий ответ о принадлежности к классу по множеству деревьев. Методы протестированы на космическом мультиспектральном снимке спутника Landsat-8.

Ключевые слова: дешифрование геоданных дистанционного зондирования, объектно-ориентированная классификация, сегментация, классификация космического снимка.

Мониторинг природных объектов по данным дистанционного зондирования на данный момент остается актуальной темой. Перед экспертами в области мониторинга водных объектов наиболее остро стоит задача определения оптимального метода классификации снимков со спутников, позволяющего точно выявлять границы водных объектов. Для водных объектов с однозначно выделенной границей данная задача решена, но при выявлении на космических снимках границ озер и заболоченных местностей есть трудности, так как они имеют небольшую глубину и не имеют четкой береговой линии [2][3].

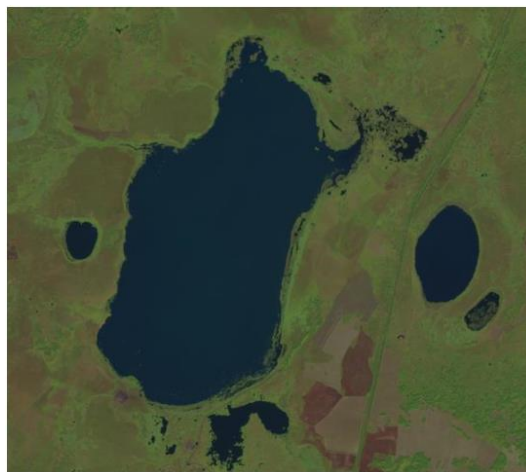
В данной работе предлагается программное решение с использованием методов объектно-ориентированной классификации (ООК) для дешифровки космических снимков. ООК обеспечивает классификацию не каждого отдельного пикселя, а группы пикселей, объединённых по определенному признаку или набору признаков. Признаки могут быть спектральные, текстурные характеристики (гладкость, компактность) и т.д. ООК предполагает 2 этапа: сегментация и классификация, и этап классификации полностью зависит от качества выполнения сегментации.

Для реализации метода объектно-ориентированной классификации космического снимка, был выбран язык программирования Python. Для этапа сегментации использован

метод из библиотеки Gdal – QuickShift [4] для 2D изображений, который позволяет настроить зависимость не только от цвета пикселя, но и от его расположения (учитываются координаты и расстояние между пикселями – для изображений появляется такое понятие, как текстура).

Quick Shift при кластеризации объединяет все пиксели изображения в одно дерево. В этом дереве родитель пикселя – это ближайший к нему в пространстве признаков (т.е. цвет + расположение) пиксель с большей плотностью. После этого удаляются все ребра больше некоторого порога – параметр `maxdist`. Получившийся лес является результатом кластеризации пикселей, т.е. набором суперпикселей. Ключевое значение в кластеризации занимает выбор этого порога. Чем больше порог, тем более непохожие по цвету или дальше расположенные пиксели будут объединяться в один суперпиксель, тем, следовательно, выше вероятность объединения пикселей разных объектов.

Для сегментации был использован мультиспектральный снимок спутника Landsat-8 OLI/TIRS первого уровня обработки, скомбинированного из нескольких каналов (4, 3, 2) для натурального отображения объектов с облачностью сцены менее 10%. На снимке (см. Рисунок 1) юг Тюменской области, снимок был сделан летом 2016 года.



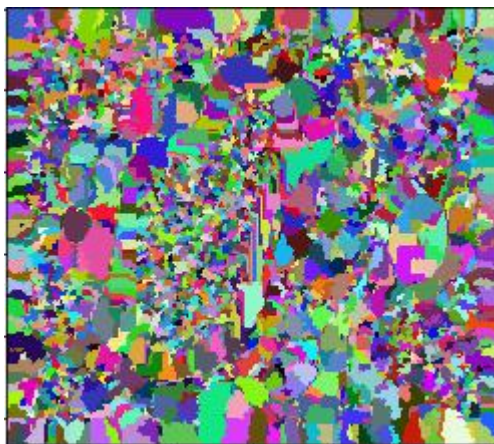
**Рисунок 1 Оригинальный снимок**

Для сегментации были установлены следующие параметры:

- `kernel_size=7`  
данный параметр – ядро с распределением Гаусса, чем выше значение, тем меньше кластеров получится в итоге;
- `max_dist=3`  
максимальное расстояние между значениями кластера;
- `ratio=0.35`

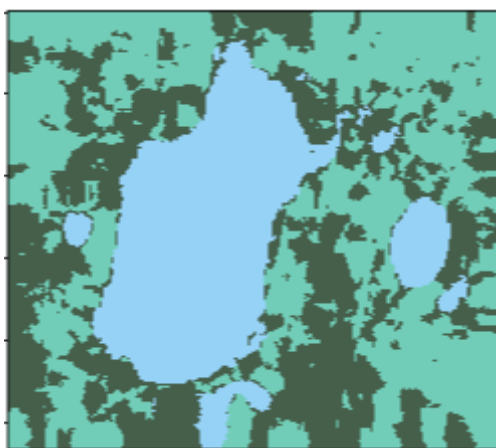
компактность цветов суперпикселя, чем мельче размеры искомых объектов, тем параметр должен быть больше.

Изображение было разбито на 3764 сегмента (см. Рисунок 2) (цветовой зависимости нет).



**Рисунок 2** Результат сегментации Quick Shift

Для следующего шага был использован метод классификации с обучением Random Forest (см. Рисунок 3). Метод делает вывод принадлежности к классу в результате агрегирования ответов множества деревьев. При этом тренировка деревьев происходит независимо друг от друга. Было проведено обучение для 3-х классов: вода (голубой цвет), почва (темно-зеленый цвет) и лес (бирюзовый цвет).



**Рисунок 3** Результат классификации Random Forest

Реализованный метод объектно-ориентированной классификации показал результат в 92% точности, в сравнении с пикселе-ориентированными методами, которые показывают точность 81% [1].

Таким образом, была решена задача дешифровки космически снимков для мониторинга водной поверхности. Следующим шагом данной работы будет векторизация полученных после классификации снимков. Этот шаг необходим для выделения на растровом

изображении отдельных водных объектов и получения их площади, т.е. для решения задачи мониторинга водных объектов по данным дистанционного зондирования.

### **Библиографический список**

1. Гурченков А.А. Метод объектно-ориентированной классификации объектов подстилающей поверхности в задаче аэрокосмического мониторинга состояния импактных районов Арктики / Мурынин А.Б., Трекин А.Н., Игнатьев В.Ю // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки» – 2017 – с. 135-146.
2. Донцов А. А. Автоматизированный мониторинг площадей акваторий озер и водохранилищ по спутниковым данным / А. А. Донцов, И. А. Пестунов, С. А. Рылов, И. А. Суторихин // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2017. – № 2 том 4. – с. 38-45.
3. Цильман Е. Применение данных ДЗЗ и ГИС-технологий органами государственной власти / Цильман Е., Грисбах Р., Вайхельт Х. // Геоматика – 2013 – №3 – с.26-31.
4. Колосовский М. Автоматическая настройка параметров алгоритма сегментации изображений Quick Shift / Колосовский М., Крючкова Е. // The 23rd International Conference on Computer Graphics and Vision – 2013 – с. 316-320.

### **WATER SURFACE MONITORING METHODS OBJECT-ORIENTED CLASSIFICATION**

*Sukonkina Anastasia N., Grigoriev Michael V.*

Tyumen State University, 6, Volodarsky st., Tyumen, 625003, Russia, [sukonkina\\_nastya@mail.ru](mailto:sukonkina_nastya@mail.ru)

This article deals with the problem of water objects that do not have a clear coastline, decryption from remote sensing data of the Earth. A solution is proposed for monitoring the water surface using an object-oriented classification. The Quick Shift segmentation method was used for implementation. This method allows to group pixels in a picture not only by color, but also by the structure of objects in the picture. Also was used the Random Forest classification method, which gives an answer about belonging to a class by many trees. The methods were tested on the satellite multispectral image of the Landsat-8.

Keywords: remote sensing geodata decoding, object-oriented classification, image segmentation, satellite image classification.

УДК 62-4

# ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ПАКЕТЕ ANSYS

*Суходоева Татьяна Сергеевна, Сметанников Олег Юрьевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, tat.suhodoewa@yandex.ru

В данной работе рассматриваются вопросы моделирования разрушения слоев и учета межслоевой прочности слоистого тканого композиционного материала. В программном комплексе ANSYS была построена модель установки для испытаний на сдвиг по методу Иосипеску с соответствующим образцом. Разрушение оценивалось по критериям максимальных напряжений, Хашина, Пака. Проведена серия расчетов образцов и выбраны коэффициенты деградации свойств материала. Для уточнения механики поведения конструкции учтена межслоевая прочность, введен адгезионный контакт между слоями. Получено напряженно деформированное состояние рассматриваемой конструкции. Проведено сравнение картин напряжений образцов из композиционного материала с учетом межслоевой прочности и без. Модельная задача соответствует натурным испытаниям на сдвиг по международному стандарту ASTM D5379. Проведена верификация численного решения с экспериментальными кривыми.

Ключевые слова: критерии разрушения, композиционные материалы, метод Иосипеску, сдвиговая прочность, слоистые углепластики.

Задача обеспечения требуемой прочности, надежности, технологичности изделий при минимизации массы является ключевой в проектировании ответственных конструкций на основе композиционных материалов. Для ее решения необходимо владеть достоверной информацией о термомеханическом поведении композитов при различных условиях нагружения. Большое внимание уделяется анализу условий разрушения и живучести конструкций, развитию методов экспериментального исследования прочностных свойств, определению ресурса безотказной работы.

Для слоистых материалов помимо прочностных характеристик самих слоев необходимо также учитывать межслоевую прочность. В отличие от традиционных материалов, начало разрушения композитов не означает потерю несущей способности. Поэтому для анализа механического поведения конструкции необходимо проводить расчеты с моделированием разрушения слоев и учетом адгезионного контакта между слоями [1].

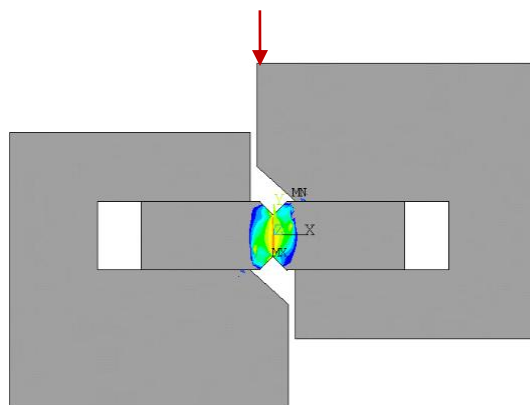
Работа посвящена получению результатов в области механики деформирования и разрушения композиционных материалов при моделировании условий испытания слоистых образцов на сдвиг. Рассматриваются вопросы моделирования разрушения слоев и учета

межслоевой прочности. Кривые деформирования и разрушающие нагрузки образцов получены из экспериментальных исследований по международным стандартам.

Важными характеристиками при расчете конструкций является сдвиговая прочность, характеризующая влияние касательных напряжений, и модуль сдвига композиционного материала. Наиболее универсальным методом испытаний на плоскостной сдвиг является стандарт ASTM D5379, именуемый также методом Иосипеску (с 01.01.2017 г. действует ГОСТ Р 56799, гармонизированный со стандартом ASTM D5379). Данный метод позволяет определить сдвиговые характеристики в шести плоскостях армирования материала [2]. Существует также ряд других испытаний на определение сдвиговой прочности, методы подробно изложены в работе [3].

Метод Иосипеску заключается в том, что образец с симметричными V-образными вырезами, расположенными по центру, помещают в четырехточечное изгибающее фиксирующее устройство, которое состоит из неподвижного элемента, установленного на опорной плите, и подвижного элемента, способного перемещаться по вертикали.

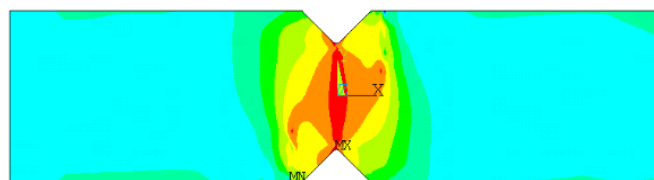
В программном комплексе ANSYS была смоделирована установка для испытаний по методу Иосипеску. Она состояла из двух зажимов: фиксированного левого и правого, способного перемещаться по вертикали под действием нагрузки, совмещенной с осью симметрии образца (Рисунок 1). Модель образца для испытаний строилась элементами типа solid185 в несколько слоев, ориентация которых задавалась через вращение элементной системы координат. Взаимодействие образца с установкой выполнялось за счет контактных элементов типа поверхность-поверхность. Необходимость моделирования установки связана с проблемой корректной передачи нагрузки на образец, усилие должно прикладываться над областью шейки. Для более детального анализа механического поведения образца из композиционного материала был учтен адгезионный контакт между слоями.



**Рисунок 1** Модель испытательной машины с образцом по методу Иосипеску

В расчетах использована модель разрушения для композиционного материала Progressive Damage of Fiber-Reinforced Composites, встроенная в ANSYS. Она позволяет оценивать разрушение по критериям максимальных напряжений, Хашина, Пака, максимальных деформаций, LaRc03, LaRc04. Вычислений проводились только по первым трем ввиду нехватки данных по материалу. Простейшим является критерий максимальных напряжений, он не учитывает механику разрушения, а только фиксирующий факт потери сплошности. Критерии Хашина и Пака учитывают механику разрушения волокна и матрицы, описывая характер разрушения при одновременном действии сдвиговых  $\tau_{xy}$  и растягивающих (сжимающих) напряжений по матрице  $\sigma_y$  [4].

Распределение касательных напряжений в плоскости армирования образца имеет типичный характер (Рисунок 2), максимальные значения достигаются в шейке. Разрушение материала всегда начинается с центра образца.



**Рисунок 2** Распределение касательных напряжений в образце.

По результатам работы можно сделать выводы: разработана модель установки для испытаний на сдвиг по методу Иосипеску с соответствующим образцом. На ее основе рассмотрены три различных критерия разрушения материала, выбран коэффициент деградации материала. Получено напряженно деформированное состояние рассматриваемой конструкции. Проведено сравнение картин напряжений образцов из композиционного материала с учетом межслоевой прочности и без ее. Подтверждена необходимость учета межслоевой прочности при испытании слоистых композитов. Проведена верификация численного решения с экспериментальными данными.

### Библиографический список

1. Цепенников М.В., Повышев И.А, Сметанников О.Ю. Верификация численной методики расчета разрушения конструкций из композиционных материалов // Вестник ПНИПУ. Прикладная математика и механика. 2012. № 10. С. 225-241.
2. Ильичев А.В., Губин А.М., Акмеев А.Р., Иванов Н.В. Определение области максимальных сдвиговых деформаций для образцов из углепластика по методу Иосипеску, с использованием оптической системы измерений // Труды ВИАМ. 2018. № 6(66). С.99-109.
3. Lee S., Munro M. Evaluation of in-plane shear test methods for advanced composite materials by the decision analysis technique // Composite. 1986. Vol. 17. No. 1. P. 13–22.
4. Цепенников М.В., Сметанников О.Ю., Повышев И.А Идентификация параметров численной методики расчета разрушения конструкций из композиционных материалов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2015. № 2(310). С. 46-52.

### NUMERICAL CALCULATION OF DESTRUCTION OF A SAMPLE FROM COMPOSITION MATERIAL IN ANSYS

*Sukhodoeva Tatyana S., Smetannikov Oleg Y.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
tat.sukhodoewa@yandex.ru

This paper discusses the issues of modeling the destruction of layers and taking into account the interlayer strength of a layered woven composite material. In the ANSYS software package, a model of a test facility for shear testing was constructed using the Iosipescu method with a corresponding sample. The destruction was assessed by the criteria of maximum stress, Hashin, Pak. A series of calculations of the samples was carried out and the degradation coefficients of the material properties were selected. To clarify the mechanics of the behavior of the structure, interlayer strength was taken into account, and adhesive contact between the layers was introduced. The stress-strain state of the structure under consideration has been obtained. A comparison of the stress patterns of samples made of composite material with and without interlayer strength was made. The model task corresponds to full-scale shear tests according to the international standard ASTM D5379. Verification of the numerical solution with experimental curves.

Keywords: fracture criteria, composite materials, Yoshipescu method, shear strength, layered carbon plastics/



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ НА РЫНКЕ СОТОВОЙ СВЯЗИ

*Темиркаева Мария Рифинатовна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, mariya.temirkaeva@mail.ru

Мобильные телекоммуникации характеризуются высокой степенью лояльности потребителей и высокой конкуренцией на рынке, что приводит к необходимости тщательного анализа поведения потребителей. Изменение действующего тарифного плана или выпуск нового требуют понимания принципов принятия решения потребителями. В данной работе моделируется вероятность переключения на другой тарифный план при изменении характеристик тарифа или личностных характеристик индивида, в частности, его мобильности в пространстве, что не было исследовано ранее и является научной новизной данной работы. Моделирование проводилось на основании моделей множественного выбора с неупорядоченными альтернативами: Conditional и Mixed logit. Исследование основано на данных, предоставленных компанией ОАО «Ростелеком» за период с ноября 2011 по ноябрь 2012. К основным выводам исследования можно отнести то, что такие характеристики тарифного плана, как стоимость звонков внутри сети и на фиксированные номера, а также стоимость SMS сообщений на номера других операторов являются значимыми факторами, на которые смотрят люди при выборе тарифа. Мобильность также оказывает влияние, причем чем более мобилен индивид, тем менее он склонен оставаться на текущем тарифе.

Ключевые слова: сотовая связь; поведение потребителя; вероятность переключения; мобильность.

Для рынка сотовой связи характерна высокая степень конкуренции и лояльности потребителей, в силу чего удержание клиентов является наиболее простым и надежным источником высокой производительности фирмы [2]. Именно поэтому для удержания клиентов, фирме необходимо понимать основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на решение индивида о смене провайдера или тарифа.

Исследователями уже были подробно рассмотрены и изучены: причины нерационального поведения клиентов, различные факторы, влияющие на смену тарифного плана, взаимозаменяемость тарифов и услуг связи. В литературе к факторам, которые увеличивают вероятность смены тарифа, относят: возраст [4]; объем потребления [5]; цену [3, 5]. К факторам, снижающим вероятность смены тарифа, относят: издержки переключения [3]; выбор домочадцев [1]; популярность тарифа [1]; постоянство в предпочтениях [3]. Однако в исследованиях ввиду отсутствия данных еще не было изучено, как мобильность в пространстве может влиять на решение о смене тарифа. Можно предположить, что более

мобильные люди больше общаются. Следовательно, увеличение мобильности индивида ведет к увеличению объема потребления и, как следствие, к смене тарифного плана ввиду лучшего понимания своего профиля потребления. Для оценивания эффектов различных факторов на решение индивида были оценены две модели: (а) Conditional logit для оценивания влияния как case-specific, так и alternative-specific факторов, (б) Mixed logit, позволяющая моделировать гетерогенность влияние цен на услуги по индивидам.

Данные для исследования были предоставлены компанией «Ростелеком» за период с ноября 2011 года по ноябрь 2012 года. Особенностью данных является наличие информации о базовой станции, с которой совершен звонок, что позволяет исследовать влияние мобильности индивида в пространстве на выбор тарифа. В качестве alternative-specific регрессоров выбраны услуги, пользовавшиеся наибольшей популярностью у клиентов, то есть на которые приходилась наибольшая доля всех затрат абонентов: (а) стоимость звонков внутри сети; (б) стоимость звонков на номера других сотовых операторов; (в) стоимость звонков на номера фиксированной телефонной связи; (г) стоимость SMS сообщений внутри сети; (д) стоимость SMS сообщений на номера других сотовых операторов.

При выборе факторов выбирались лишь исходящие услуги, объем которых контролируется самим индивидом, а также исключались услуги, по которым не наблюдалась вариация цены на разных тарифных планах. Так как выбранные для исследования модели предполагают специальную структуру данных, то для каждого абонента были рассчитаны его действительные месячные издержки по каждой выбранной услуге, а также альтернативные издержки.

В качестве case-specific регрессора была взята мобильность индивида в пространстве. Мобильность рассчитана двумя способами. Первый – это посчитать количество уникальных базовых станций, в зоне действия которых индивид совершает звонки в течение месяца. Данный способ имеет существенный недостаток: индивид может совершать звонки с небольшого числа базовых станций, которые расположены на большом расстоянии друг от друга, что приводит к недооценке индекса мобильности индивида в плане территориального передвижения. Возможна и обратная ситуация, поэтому также был использован второй способ, а именно амплитуда колебаний индивида вокруг своего центра масс.

Для расчета данного показателя мобильности для начала необходимо найти координаты центра масс индивида по следующей формуле:

$$\varphi_c = \sum_i w_i * \varphi_i; \lambda_c = \sum_i w_i * \lambda_i, \quad (1)$$

где  $\varphi_c$  и  $\lambda_c$  – широта и долгота центра,  $\varphi_i$  и  $\lambda_i$  – широта и долгота базовой станции  $i$ ,  $w_i$  – вес базовой станции  $i$  (доля издержек, приходящихся на базовую станцию  $i$  в общих расходах индивида).

Далее рассчитывается сам показатель мобильности индивида  $j$ :

$$mob_j = \prod_i dist_i^{w_i}, \quad (2)$$

где:  $mob_j$  – показатель мобильности индивида  $j$ ,  $dist_i$  – расстояние от базовой станции  $i$  до центра масс в метрах,  $w_i$  – вес базовой станции  $i$ .

Для нахождения расстояния от базовой станции  $i$  до центра масс используется формула гаверсинуса:

$$dist_i = 6372795 * 2 \arcsin \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\varphi_c - \varphi_i}{2} \right) + \cos \varphi_i \cos \varphi_c \sin^2 \left( \frac{\lambda_c - \lambda_i}{2} \right)}, \quad (3)$$

где:  $\varphi_c$  и  $\lambda_c$  – широта и долгота центра масс в радианах,  $\varphi_i$  и  $\lambda_i$  – широта и долгота базовой станции  $i$  в радианах.

Вышеописанные два способа оценивают, насколько мобилен индивид в плане территориального передвижения. Помимо них также будет рассчитан индекс Херфиндаля-Хиршмана в качестве показателя мобильности. В работе индекс рассчитан как сумма квадратов процентных долей затрат, приходящихся на каждый контакт абонента. Чем выше данный показатель, тем более сконцентрированы разговоры абонента в пространстве, то есть он менее мобилен.

Таким образом на данных были посчитаны следующие независимые переменные: (а) месячные издержки на звонки внутри сети; (б) месячные издержки на звонки на номера других сотовых операторов; (в) месячные издержки на звонки на номера фиксированной телефонной связи; (г) месячные издержки на SMS сообщения внутри сети; (д) месячные издержки на SMS сообщения на номера других сотовых операторов; (е) мобильность индивида в пространстве тремя способами. В качестве зависимой переменной рассматривался выбор абонентом тарифа среди восьми возможных альтернатив.

К основным выводам исследования можно отнести то, что такие характеристики тарифного плана, как стоимость звонков внутри сети и на фиксированные номера, а также стоимость SMS сообщений на номера других операторов являются значимыми факторами, на которые смотрят люди при выборе тарифа. Мобильность также оказывает влияние, причем чем более мобилен индивид, тем менее он склонен оставаться на текущем тарифе.

### **Библиографический список**

1. Birke D., Swann G. M. P. Network effects and the choice of mobile phone operator // Journal of Evolutionary Economics. 2006. 16(1), 65-84.
2. Fornell C., Wernerfelt B. Defensive marketing strategy by customer complaint management: A theoretical analysis // Journal of Marketing Research. 1987. No. 24(4). P. 337-346.
3. Grzybowski L., Pereira P. Subscription choices and switching costs in mobile telephony // Review of Industrial Organization. 2011. No. 38(1). P. 23-42.
4. Kim Y., Telang R., Vogt B., Krishnan R. An empirical analysis of mobile voice service and SMS: A structural model // Management Science. 2010. No. 56(2). P. 234-252.
5. Train K. E., McFadden D. L., Ben-Akiva M. The demand for local telephone service: A fully discrete model of residential calling patterns and service choices // Rand Journal of Economics. 1987. No. 18(1). P. 109-123.

### **MODELING CONSUMER BEHAVIOR IN THE CELLULAR MARKET**

*Temirkaeva Mariia R.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, mariya.temirkaeva@mail.ru

Mobile telecommunications are characterized by a high customer loyalty and high competition in the market. That is why a scrutiny analysis of consumer behavior is required. Modification of the current tariff plan or development of a new one requires understanding the principles of decision-making by consumers. In this paper, the attempt was made to simulate the probability of switching to another tariff when changing the characteristics of the tariff or personal characteristics, in particular, mobility in space, which has not been studied before. We used two multiple choice models with disordered alternatives: Conditional and Mixed logit. The study is based on data provided by Rostelecom for the period from November 2011 to November 2012. The main findings of the study include the fact that such characteristics of the tariff plan as the cost of calls within the network and to fixed network, as well as the cost of SMS messages to network of other operators are significant factors when person choosing a tariff. Mobility also has an effect, and the less mobile an individual is, the more probability that he switches to another tariff.

Keywords: cellular communication; consumer behavior; switching; mobility.

## **ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕООРИЕНТИРОВАННОГО АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА КОНТЕНТА В AD HOC СЕТЯХ**

*Усанин Александр Сергеевич*

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, hidan9812@gmail.com

*Замятина Елена Борисовна*

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, 614070, Россия, г.  
Пермь, ул. Студенческая, 38, ezamyatina@hse.ru

В статье представлены результаты исследования алгоритмов маршрутизации в ad hoc сетях. Рассмотрены сферы применения ad hoc сетей. Кратко представлены существующие типы алгоритмов маршрутизации поиска контента. Рассмотрены условия, необходимые для их применения. Детально разобран один из существующих алгоритмов на примере выполнения модели. Представленный алгоритм ориентирован на географическое положение узла в пространстве. Также приведено краткое описание алгоритма на псевдокоде. Написанное приложение позволяет пользователю изучать работу децентрализованной сети с заданными параметрами. Можно исследовать сеть, получая интерактивное отображение связей между узлами и пути построенных маршрутов. Моделирование выполнено на высокоуровневом языке программирования Java с помощью системы имитационного моделирования Anylogic.

Ключевые слова: ad hoc сети, алгоритмы маршрутизации, имитационное моделирование

В мобильных (ad hoc) сетях сетевая инфраструктура недоступна или не является стабильной, а частое перемещение узлов вызывает динамическое изменение топологии и частое прерывание соединения между узлами. Поэтому для обеспечения стабильной работы такой сети требуется выбрать оптимальный алгоритм маршрутизации, обеспечивающий надежное соединение между узлами и быстрое обнаружение контента.

Алгоритмы маршрутизации по способу обнаружения контента можно разделить на три категории. Это проактивная, реактивная и оппортунистическая маршрутизации [1].

Проактивные алгоритмы маршрутизации построены по принципу сохранения актуального местоположения контента в сети. Отсюда следует главная проблема таких алгоритмов – огромные накладные расходы на рекламу. Кроме того, перемещение поставщика затрудняет поддержание данных об узлах в актуальном состоянии.<sup>79</sup>

Таким образом, такая маршрутизация подходит только для небольших сетей с низкой скоростью передвижения узлов [2].

В реактивных алгоритмах при запросе контента местоположение поставщика заранее неизвестно и определяется в процессе пересылки. Но после нахождения контента запросы продолжают распространяться по сети.

Опportunистические алгоритмы маршрутизации представляют собой некоторую комбинацию проактивных и реактивных алгоритмов и, по этой причине, требуют сложной организации на сетевом уровне.

Рассмотрим более подробно один из реактивных алгоритмов маршрутизации, который опирается на положение узлов в пространстве.

Отправитель делит свое пространство передачи на четыре квадранта и передает пакет запроса контента INT всем соседям. В случае отсутствия запрашиваемого контента получатель подсчитывает количество повторяющихся запросов и отправляет обратно отправителю ответный пакет АСК, в который входит количество запросов этого контента у данного узла. После получения ответа отправитель выбирает в каждом квадранте один наиболее удаленный узел, в котором количество запросов этого контента будет равным 1, а затем отправляет им пакет CMD, уведомляя их о том, что они будут использоваться для дальнейшей пересылки. Узлы ретрансляции повторяют те же действия, пока контент не будет найден, а данные будут перенаправлены обратно потребителю в пакете CNT в соответствии с информацией об обратном пути [3]. Ниже приведено описание алгоритма на псевдокоде

- Шаг 1. Сгенерировать пакет INT и добавить идентификатор отправителя. Отправить INT всем узлам.
- Шаг 2. Получить и кэшировать INT. Посчитать количество дубликатов INT. Проверить наличие контента. Если контент будет найден, то сгенерировать и отправить пакет CNT, иначе установить время жизни INT в кэше, сгенерировать и отправить пакет АСК обратно отправителю.
- Шаг 3. Получить АСК. Выбрать один узел в каждом квадранте. Отправить выбранным узлам пакет CMD.
- Шаг 4. Получить CMD. Решить, продолжать поиск контента или нет. Повторить алгоритм с шага 1.

Для более детального изучения алгоритма было написано приложение на Java в системе имитационного моделирования Anylogic. Модель позволяет изучать работу децентрализованной сети с заданными пользователем настройками. Интерфейс приложения приведен на рисунке 1.

Рассмотрим пример выполнения алгоритма для сети из 500 узлов. Количество узлов с уникальным контентом равно 3. Пакеты сохраняются в кэше 500 миллисекунд. Радиус соединения узлов равен 30 условным единицам. Каждый узел ждет ответ от других узлов в течение 10 миллисекунд.

На рисунке 2 зеленой стрелкой указан узел, запрашивающий контент, который находится у узла отмеченного синей стрелкой. Узлы, сменившие цвет на зеленый, получили пакет INT и вернули ACK. Красными линиями продемонстрирован обмен данными между узлами.

Далее, как показано на рисунке 3, в каждом квадранте были выбраны узлы, которые будут использоваться для дальнейшей пересылки (они сменили цвет на синий). Квадрант, из которого пришел пакет CMD не используется для дальнейшего распространения. Благодаря этому нагрузка на сеть существенно снижается [3].



Рисунок 1. Модель

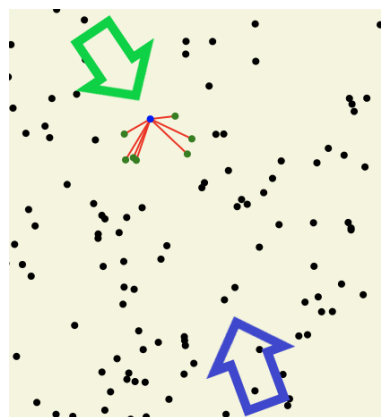


Рисунок 2. Раунд 1

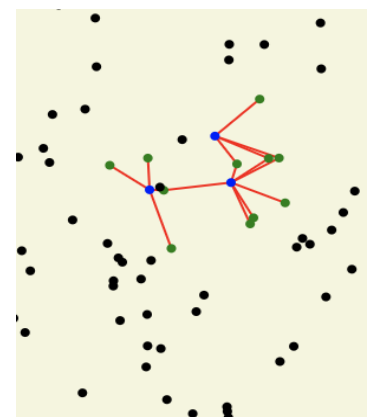


Рисунок 3 Раунд 2

Ниже приведены следующие 3 раунда пересылки пакета INT.

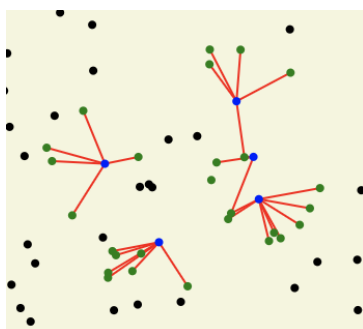


Рисунок 4 Раунд 3

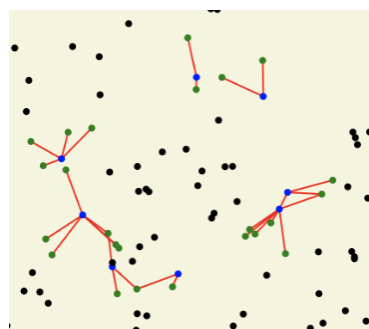


Рисунок 5 Раунд 4

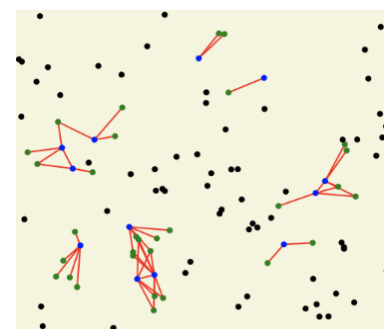
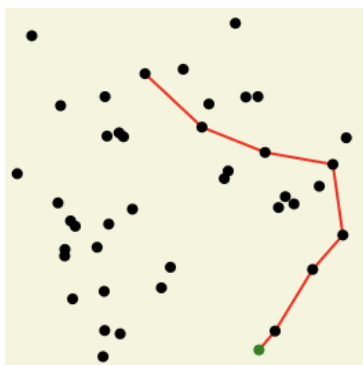
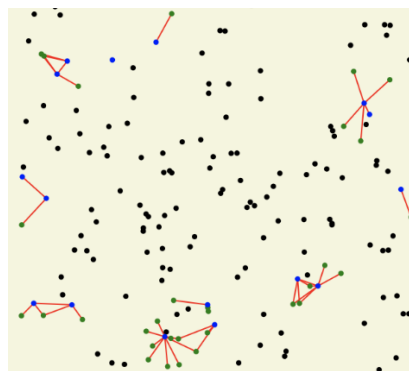


Рисунок 6 Раунд 5

На рисунке 7 можно увидеть, что запрашиваемый контент был найден. Обратный путь был сформирован из сохраненной в пакете истории пути и данные были доставлены получателю. Сформированный маршрут продемонстрирован в виде связей между узлами.



**Рисунок 7** Маршрут



**Рисунок 8** Дубликаты

Такой маршрут можно считать приемлемым, так как в нем нет петель. С каждой пересылкой расстояние до конечного получателя уменьшается.

Проблема же заключается в том, что после нахождения контента в сети продолжается пересылка все того же пакета INT. Это можно увидеть на рисунке 8. То есть в алгоритме не предусмотрен способ сообщать всем узлам о том, что контент был найден и доставлен.

Также требуется подбирать оптимальное время хранения пакетов в кэше. Так как при малом значении будут образовываться петли, а при слишком большом значении новые запросы того же контента не будут проходить по сети.

Итак, в статье рассмотрен один из реактивных алгоритмов маршрутизации и показана возможность исследования подобных алгоритмов средствами имитационного моделирования, а точнее, показана возможность создания имитационной модели в среде Anylogic. При исследовании алгоритмов маршрутизации остается довольно много проблем, которые требуют проработки, разработка алгоритмов маршрутизации является достаточно нетривиальной задачей, таким образом, проводимые исследования являются актуальными, а метод исследования - перспективным.

### **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-01-00359



### **Библиографический список**

1. Xuan L., Li Z., Yang P., Dong Y.. Ad Hoc Networks. Information-centric mobile ad hoc networks and content routing: A survey, 2017, P. 255-268.
2. Varvello M., Schurgot M., Esteban J., Greenwald L., Guo Y., Stott D., Wang L., et al., SCALE: a content-centric MANET, in: IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), IEEE, 2013, P. 29–30.
3. Lu Y., Zhou B., Tung L.-C., Gerla M., Ramesh A., Nagaraja L., Energy-efficient content retrieval in mobile cloud, in: Proceedings of the Second ACM SIG- COMM Workshop on Mobile Cloud Computing, ACM, 2013, P. 22-24.

### **EXPERIENCE OF MODELING A GEO-ORIENTED ROUTING ALGORITHM SEARCHING CONTENT IN AD HOC NETWORKS**

*Usanin Alexander S*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, hidan9812@gmail.com

*Zamyatina Elena B*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia, ezamyatina@hse.ru

The article presents the results of the study of routing algorithms in ad hoc networks. Considered the scope of ad hoc networks. The problems that arise when trying to move to decentralized networks are shown. Briefly presented the existing types of content search routing algorithms. Considered the conditions necessary for their application. One of the existing algorithms is analyzed in detail using the model execution example. The presented algorithm is focused on the geographical position of the node in space. A brief description of the algorithm in pseudocode is also given. The written application allows the user to study the work of the decentralized network with the specified parameters. User can explore the network by getting an interactive display of the connections between the bonds and the paths of the constructed routes. Simulated in high-level Java programming language using Anylogic.

**Keywords:** ad hoc networks, information-oriented networks, routing algorithms, anylogic, simulation modeling

## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПАРЫ ЗУБОВ ДЛЯ ОДНОГО КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

*Устюгова Татьяна Николаевна, Каменских Анна Александровна*

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, anna\_kamenskih@mail.ru

*Асташина Наталья Борисовна, Сергеева Екатерина Сергеевна*

<sup>2</sup>Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, 614000, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26

В рамках исследования деформационного поведения элементов зубного ряда для одного из клинических случаев использования протетических конструкций, рассмотрено численное моделирование пары зубов через защитные шины разной геометрической конфигурации. Задача рассматривалась в плоской постановке с постоянной толщиной биомеханического узла 12 мм, с учетом фрикционного контакта между сопрягаемыми поверхностями. Рассматривалось два вида зубных шин: однослойная конструкция, выполненная из материала Eva, и трехслойная, которая включает два слоя их материала Eva и промежуточный слой из материала А-силикон. В рамках численного исследования выполнен анализ влияния использования зубных шин разной геометрической конфигурации на характер деформирования элементов зубочелюстной системы, а также на деформационное поведение конструкций зубных шин.

Ключевые слова: биомеханический узел, контакт, зуб, протетическая конструкция, Eva, А-силикон, численное моделирование.

Социально значимые заболевания зубочелюстной системы оказывают негативное влияние на биосоциальный цикл организма человека. Истирание, выкрашивание или потеря зубов являются основными последствиями некариозного повреждения элементов зубочелюстной системы и часто могут быть связаны с занятием тяжелыми видами спорта и уровнем физической перегрузки и психоэмоциональной напряженности в жизни современного человека. Данные типы разрушений элементов зубного ряда связаны с продолжительными по времени действия и повышенными по уровню физиологическими нагрузками. Одним из способов снижения таких нагрузок на элементы зубочелюстной системы является использование защитных зубных шин [1]. Исходя из этого, актуальной задачей на стыке медицины и биомеханики является исследование поведения узла «пара

зубов – защитная шина», а так же контактного взаимодействия его элементов с учетом и без учета трения по сопрягаемым поверхностям. Так же представляет интерес деформационное поведение протетической конструкции и элементов зубочелюстной системы человека.

В 2014 году научным коллективом ПГМУ была предложена качественно новая трехслойная конструкция индивидуальной защитной шины (Рисунок 1). При этом исследование деформационного поведения протетической конструкции и элементов зубочелюстной системы человека, а также анализ параметров контакта по областям сопряжения элементов биомеханического узла, являются актуальными и в настоящее время. Данные исследования направлены на анализ работы конструкции с целью ее оптимизации.

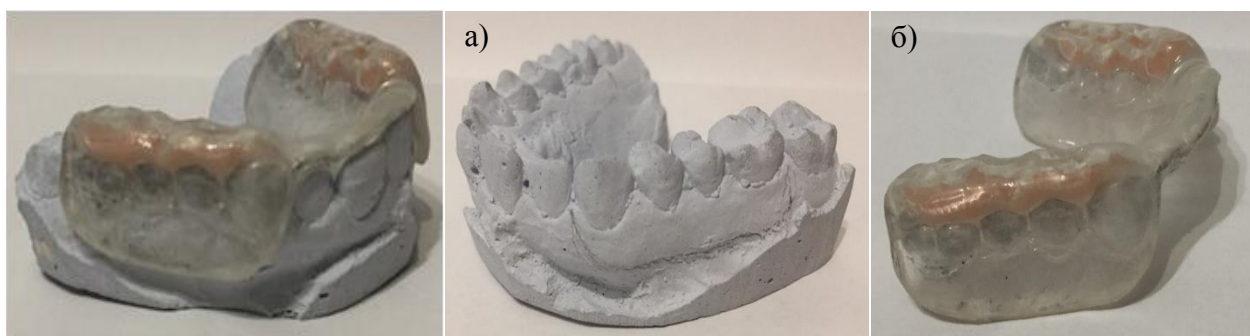


Рисунок 1. Элементы биомеханического узла: а) слепок верхней челюсти; б) назубная шина

В рамках анализа деформационного поведения биомеханического узла выполнено численное моделирование контактного взаимодействия пары зубов через протетические конструкции разной геометрической конфигурации (Рисунок 2). Физико-механических свойства материалов протетических конструкций (Eva и А-силикона) были получены ранее, результаты натуральных экспериментов отражены в [2, 3].

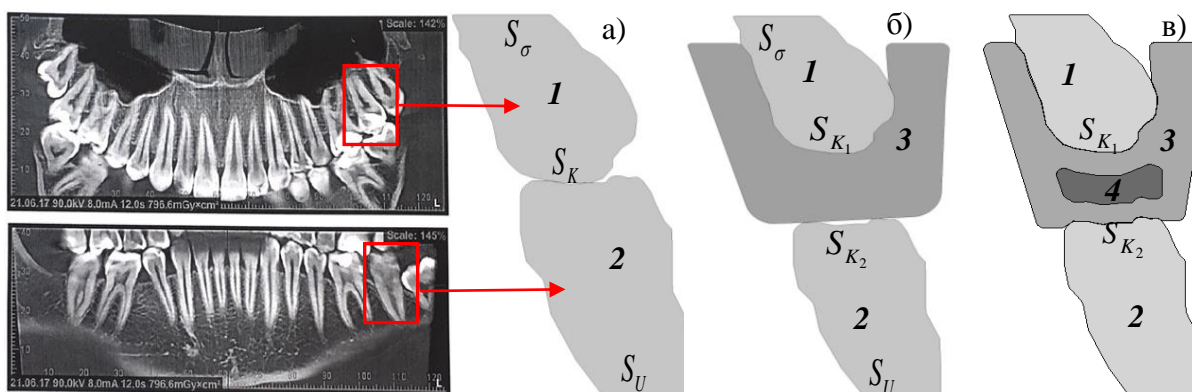
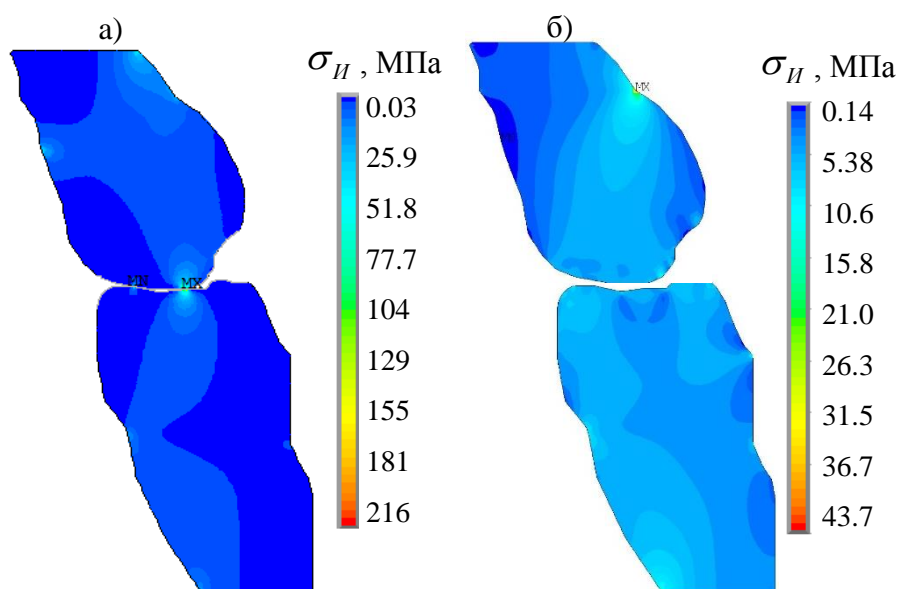


Рисунок 2. Расчетные схемы контактного взаимодействия пары зубов: а) – контакт без учета защитной шины, б) – контакт через однослойную капу, в) – контакт через трехслойную зубную шину

На Рисунок 3 показаны поля распределения  $\sigma_{II}$  в твердых тканях зубов при контактном взаимодействии без учета протетических конструкций (Рисунок 3, а) и с учетом однослойной протетической конструкции (Рисунок 3, б), на примере силы индентирования 300 Н.



**Рисунок 3. Интенсивность напряжений при силе индентирования 300 Н: а) – контакт без учета каппы, б) – контакт через однослойную каппу**

В результате серии численных экспериментов установлено, что использование защитных зубных шин имеет значительное влияние на уровень максимальной интенсивности напряжений и характер распределения полей напряжений и деформаций в твердых тканях зубов и протетических конструкциях. Например, использование однослойной протетической конструкции привело к уменьшению максимальной интенсивности приблизительно в 5 раз (Рисунок 3).

### Библиографический список

1. Kamenskih A., Astashina N.B., Lesnikova Y., Sergeeva E., Kuchumov A.G. Numerical and experimental study of the functional loads distribution in the dental system to evaluate the new design of the sports dental splint // Series on Biomechanics. – 2018. – Vol.32, No.1. – P. 3-15.
2. Лохов В.А., Кучумов А.Г., Мерзляков А.Ф., Асташина Н.Б., Ожгихина Е.С., Тропин В.А. Экспериментальное исследование материалов новой конструкции спортивной зубной шины // Российский журнал биомеханики. – 2015. – Т. 19. № 4. – С. 409-420

## NUMERICAL ANALYSIS OF THE DEFORMATION BEHAVIOR A PAIR OF TEETH FOR ONE CLINICAL CASE

*Kamenskikh Anna A., Ustjugova Tat'jana N.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
anna\_kamenskih@email.ru

*Astashina Nataliya B., Sergeeva Ekaterina S.*

Perm State Medical University named after E. A. Wagner, 614990, Russia, Perm,  
Petropavlovskaya St. 26

As part of the study of the deformation behavior of the elements of the dentition for one of the clinical cases of the prosthetic structures use, the numerical simulation of a pair of teeth through protective splints of different geometrical configurations was considered. The task was considered in a two-dimensional formulation with a constant thickness of the biomechanical assembly of 12 mm, taking into account the frictional contact between the mating surfaces. It is dealt with two types of teeth splints: a single-layer structure made of Eva material, and a three-layer one, which includes two layers of their Eva material and an intermediate layer of A-silicone material. As part of a numerical study, the analysis of the influence of the use of dental splints of different geometric configurations on the nature of the deformation of the dental system elements, as well as on the deformation behavior of the dental splints structures was performed.

Keywords: biomechanical unit, contact, tooth, mouthguard, Eva, A-silicone, numerical simulation.

## АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКИХ ШАБЛОНОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

*Филипсон София Константиновна*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 614070, Россия,  
г. Пермь, ул. Студенческая, 38, lyubov.filipson@inbox.ru

В статье представлены результаты формализации стилевых маркеров академического английского с помощью онтологического описания. Онтология маркеров стиля помещена в онтологию лингвистики, которая описывает основные концепции предметной области академического английского и определяет отношения между маркерами стиля. Онтология нужна для того, чтобы на ее основе генерировать правила поиска или лексико-семантические шаблоны для поиска маркеров стиля в исследуемом корпусе. Программным средством лингвистов для работы над корпусами англоязычных текстов является GATE, поэтому языком написания и генерации лексико-семантических шаблонов является встроенный в GATE язык аннотирования JAPE. В качестве результата данной статьи является алгоритм генерации лексико-семантических шаблонов. Алгоритм представляет собой общий вид работы многоуровневой системы, необходимой для сбора статистических данных в корпусе работ.

Ключевые слова: онтология, маркер стиля, лексико-семантический шаблон, алгоритм генерации лексико-семантических шаблонов

В рамках Научно-учебной группы «Разработка программного обеспечения для проведения корпусных исследований английского языка» специалисты-лингвисты проводят исследования над корпусом студенческих работ, посвященных ВКР. Работа лингвистов на первом этапе позволила собрать список маркеров стиля, которые представляют собой отличительные особенности письменного академического английского, начиная с грамматических конструкций, например, преобладание пассивного залога, и заканчивая отдельными словами, например, усилительными наречиями. Эти маркеры были представлены в виде несистематизированного набора данных, поэтому появилась необходимость привести их к какому-то единому виду, способному объединить их в одну предметную область [1]. На прошлом этапе список маркеров был формализован и описан с помощью онтологии лингвистики GOLD [2]. В конечном итоге была создана онтология маркеров стиля, находящаяся внутри онтологии лингвистики, которая описывает основные

---

Статья подготовлена в ходе проведения исследования № 17-05-0020 в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2017-2018 г. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации "5-100".

© Филипсон С.К., 2019

концепции предметной области (академического английского) и определяет отношения между маркерами стиля (см. Рисунок 1).

Онтология нужна для того, чтобы на ее основе генерировать правила поиска или лексико-семантические шаблоны для поиска маркеров стиля в исследуемом корпусе. Так как программным средством лингвистов для работы над корпусами студенческих работ является GATE, языком написания лексико-семантических шаблонов является JAPE [3]. JAPE – правило состоит из двух частей: образец, называемый LHS (left hand side), и действие - RHS (right hand side). Часть LHS представляет собой регулярное выражение, в качестве атомов которого выступают аннотации, выделенные на предыдущих фазах. Если последовательность аннотаций во входном документе соответствует регулярному выражению из LHS, выполняется действие, описанное в RHS.

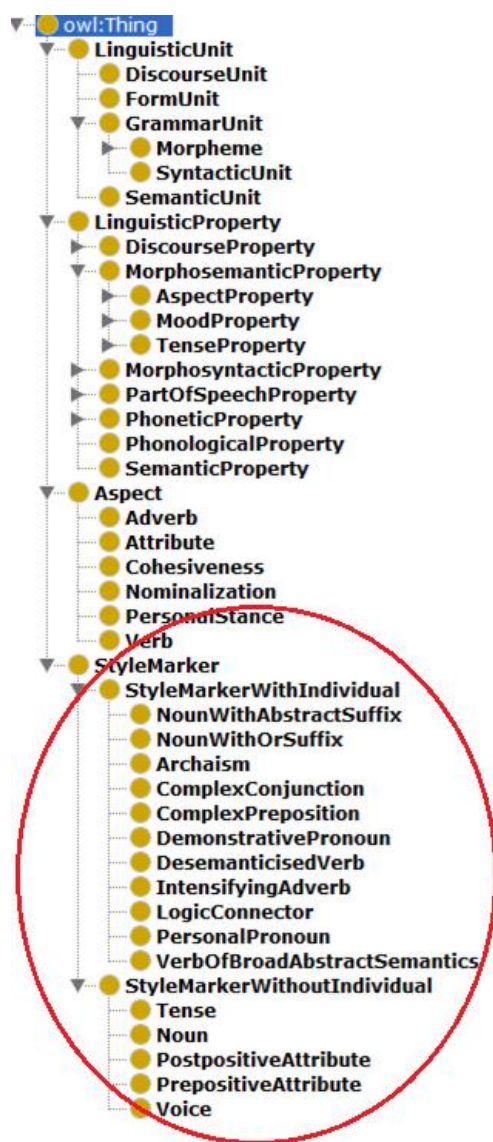


Рисунок 1. Онтология маркеров стиля

Не все классы маркеров стиля имеют экземпляры, поэтому класс StyleMarker был разделен на два подкласса SyleMarkerWithIndividual (маркер стиля с экземпляром) и SyleMarkerWithoutIndividual (маркер стиля без экземпляра). В случае если экземпляры у выделенного маркера имеются, добавляется свойство Template, в котором содержится левая сторона JAPE-выражения по поиску маркера. Если у класса нет экземпляров, создается единственный экземпляр с таким же свойством Template, также содержащим левую сторону JAPE-выражения.

На рисунке 2 показано свойство Template экземпляра класса IntensifyingAdverb с заполненным в нем шаблоном поиска. Так как экземпляр в большинстве случаев является одним словом, создание шаблона для него не представляет никаких сложностей.

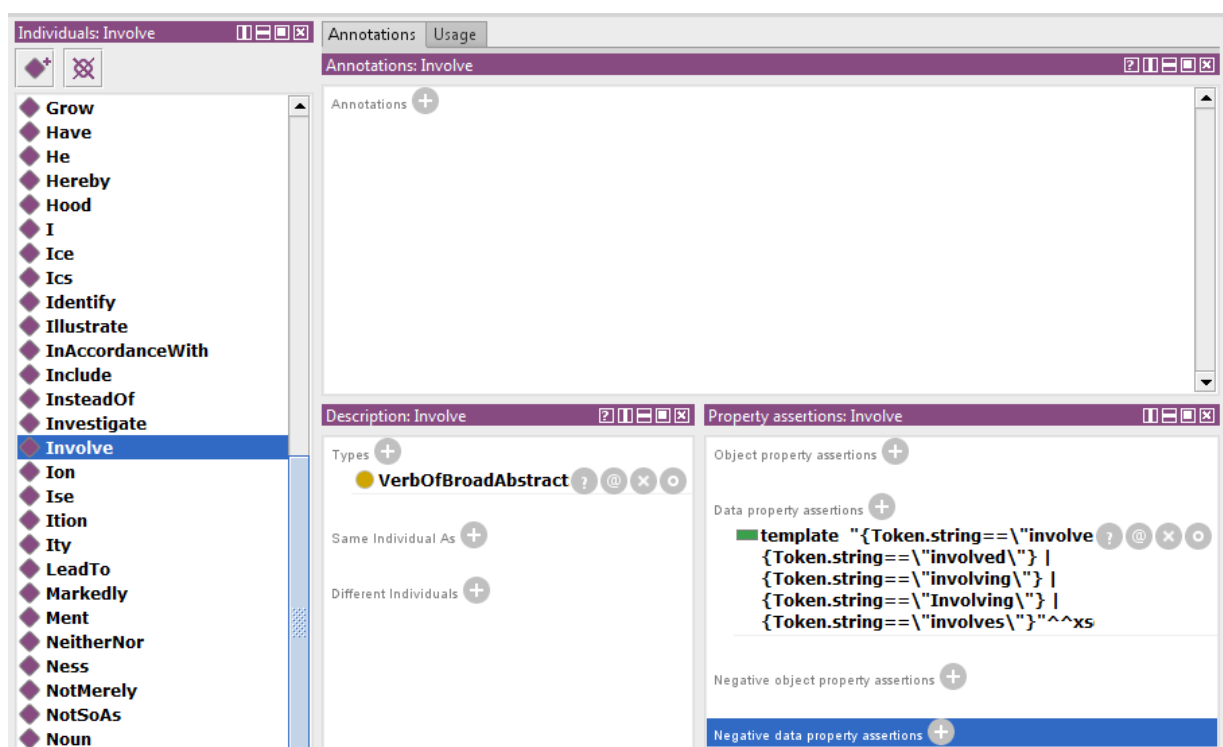


Рисунок 2. Свойство Template экземпляра класса IntensifyingAdverb

После создания онтологии маркеров стиля появилась необходимость разработать алгоритм генерации лексико-синтаксических шаблонов на основе онтологического описания. Алгоритм генерации правил поиска маркеров:

1. Для всех классов, у которых базовый класс StyleMarker, получаем экземпляры.
2. У экземпляров берем свойство template, в котором записано JAPE -выражение по поиску конкретного маркера.
3. Извлекаем JAPE -выражение или получаем имя файла для поиска маркера.



4. Соединяем выражения по поиску конкретных маркеров с помощью оператора или в общее JAPE -выражение, переходим по имени к файлу, содержащему реализацию поиска маркера.

С помощью онтологии и вписанных в свойство Template шаблонов можно будет генерировать правила автоматически, а не искать маркеры стиля в тексте, прописывая их каждый раз вручную с помощью JAPE – выражений и кода. Более того, при добавлении новых маркеров, достаточно будет только прописать правило поиска, а дальше плагин использует его для аннотирования текста согласно запросу. Так как проектирование онтологии является итеративным процессом, возможны добавления связей между экземплярами и классами, с целью получения лучшего эффекта при аннотировании текстов корпуса.

### **Библиографический список**

1. Филипсон С.К., Ланин В.В. Онтология маркеров академического стиля. Цифровая гуманитаристика: ресурсы, методы, исследования: материалы Междунар. науч. конф. (г. Пермь, 16–18 мая 2017 г.): в 2 ч. с. 83-85.
2. GOLD Community // Онтология лингвистики GOLD [Электронный ресурс] // URL: <http://linguistics-ontology.org/> GOLD (дата обращения: 14.03.2019).
3. GATE JAPE Grammar Tutorial Version 1.0 [Электронный ресурс] // URL: <https://gate.ac.uk/sale/thakker-jape-tutorial/GATE%20JAPE%20manual.pdf> (дата обращения: 14.03.2019).
4. Lanin Viacheslav, Philipson Sofia Ontology-Based Approach to Academic Style Marker Identification // В кн.: Supplementary Proceedings of the 6th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST-SUP 2017), Moscow, Russia, July 27-29, 2017 / Ed. by W. van der Aalst, M. Y. Khachay, S. Kuznetsov, V. Lempitsky, I. A. Lomazova, N. Loukachevitch, A. Napoli, A. Panchenko, P. M. Pardalos, A. V. Savchenko, S. Wasserman, D. I. Ignatov. Vol. 1975. Aachen : CEUR-WS.org, 2017. С. 99-104.

# THE ALGORITHM OF LEXICO-SYNTACTIC PATTERNS GENERATION BASED ON AN ONTOLOGICAL DESCRIPTION

*Filipson Sofia K.*

National Research University Higher School of Economics, 38, Studencheskaya st., Perm, 614070,  
Russia, lyubov.filipson@inbox.ru

**Abstract.** The article contains style markers of academic English formalization based on ontological description. The ontology of style markers coexists with linguistics ontology which describes main terms of the domain of academic English and defines relationships between style markers and linguistics. Ontology plays an important role because it is needed for lexico-syntactic patterns generation for style markers identification in researched corpus. The system used by linguists is GATE that's why the language of lexico-syntactic patterns generation is stationary annotation language JAPE. As the result presented in this article there is an algorithm of lexico-syntactic patterns generation which is a main view of layered system required for statistical information collecting.

**Keywords:** ontology, style marker, lexico-semantic template, algorithm of generation of lexico-semantic templates

## ОБЪЕМНОЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖПОЗВОНОЧНОГО ДИСКА L4-L5

*Хорошев Денис Владимирович, Ильялов Олег Рустамович*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, horosh-den@mail.ru

*Устюжанцев Николай Егорович*

ГОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. Акад. Е.А. Вагнера»,  
614000, Россия, г. Пермь, Петропавловская, д. 26, nustyuuzhan@mail.ru

Боль в спине - это ноющее, резкое, колющее ощущение беспокоит более 50% жителей мира. Как показывает врачебная практика, почти в половине случаев боль в поясничном отделе позвоночника связана с грыжей межпозвоночного диска L4–L5. Цель работы - используя методы биомеханического моделирования показать, что при появлении дегенеративных изменений в позвоночно-двигательном сегменте и сублюксации (подвывихе) фасеточных суставов возможным источником боли является чрезмерное воздействие на нерв Люшко и следовательно меняется стратегия ведения пациентов (методика лечения). Построена объемная упругая модель межпозвоночного диска L4-L5, состоящая из позвонков L4 и L5 и межпозвоночного диска L4-L5. На верхнюю часть тела позвонка L4 действует давление  $P=2$  МПа, что соответствует нагрузке в 400 кг. Поставленная задача решена с использованием Ansys. Получены распределения перемещений, напряжений и деформаций.

Ключевые слова: межпозвоночный диск, упругая модель, поясничный отдел, фасеточный сустав.

Боль в пояснице – своеобразная расплата человечества за прямохождение, когда максимальная нагрузка приходится на поясничный отдел позвоночника, несущий основное бремя массы человеческого тела. По данным современной литературы [1] более 50 % жителей мира с разной степенью интенсивности испытывают боли в позвоночнике. По информации источника [2, с. 5] боль в поясничном отделе является одной из первых причин утраты работоспособности среди населения мира. Как показывает врачебная практика, почти в половине случаев гиперрецепция (повышенная возбудимость рецепторов и проводников) в поясничном отделе позвоночника связана с грыжей межпозвоночного диска L4–L5.

Однако не всегда удаление грыжи диска приводит к полному исчезновению болевого синдрома. С нашей точки зрения это связано с перераспределением нагрузки в позвоночно-двигательном сегменте при дегенеративном уменьшении высоты межпозвоночного диска.

Вследствие этого при высокой кратковременной, длительной статической или переменных нагрузках происходит подвывих фасеточных суставов. В итоге деформация суставных сумок и снижение площади контакта между отростками ведет к повышению давления в капсуле фасеточного сустава и заставляет близлежащие барорецепторы или афферентные рецепторы подавать сигналы о наличии гиперрецепции в сегменте. Отметим, что сублюксация фасеточных суставов наблюдается не только у людей с грыжей диска, но и при возрастном изменении морфометрических параметров и свойств межпозвоночного диска.

Цель работы - используя методы биомеханического моделирования показать, что при появлении дегенеративных изменений в позвоночно-двигательном сегменте и сублюксации (подвывихе) фасеточных суставов возможным источником гиперрецепции является чрезмерное воздействие на нерв Люшко (синуввертебральный или возвратный нерв) и, следовательно, меняется стратегия ведения пациентов (методика лечения).

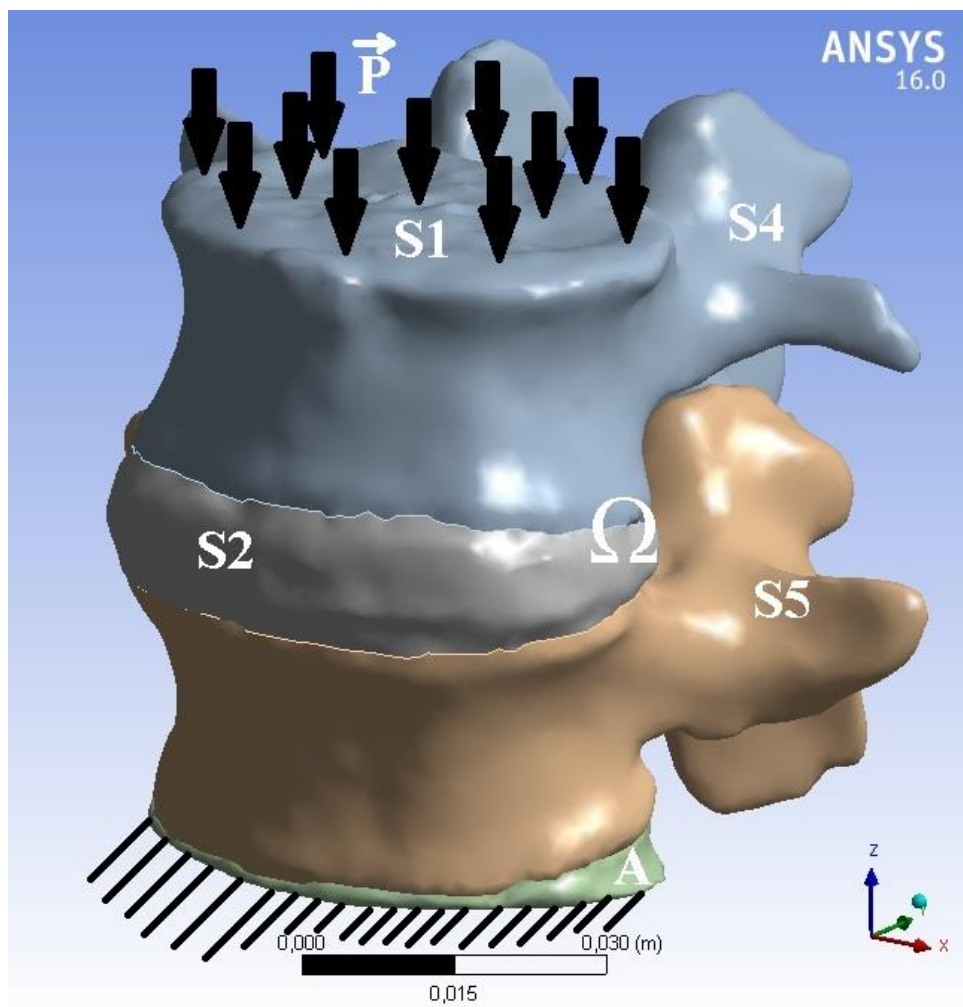


Рисунок 1. Расчетная схема модели

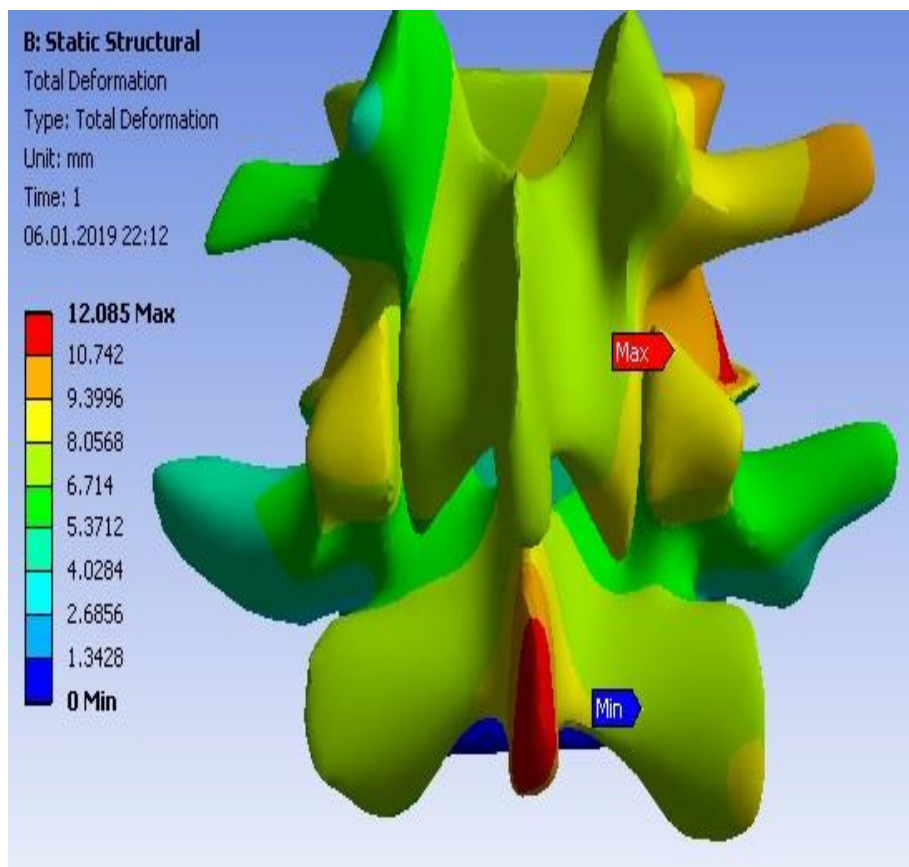


Рисунок 2. Перемещения модели в мм. Вид сзади

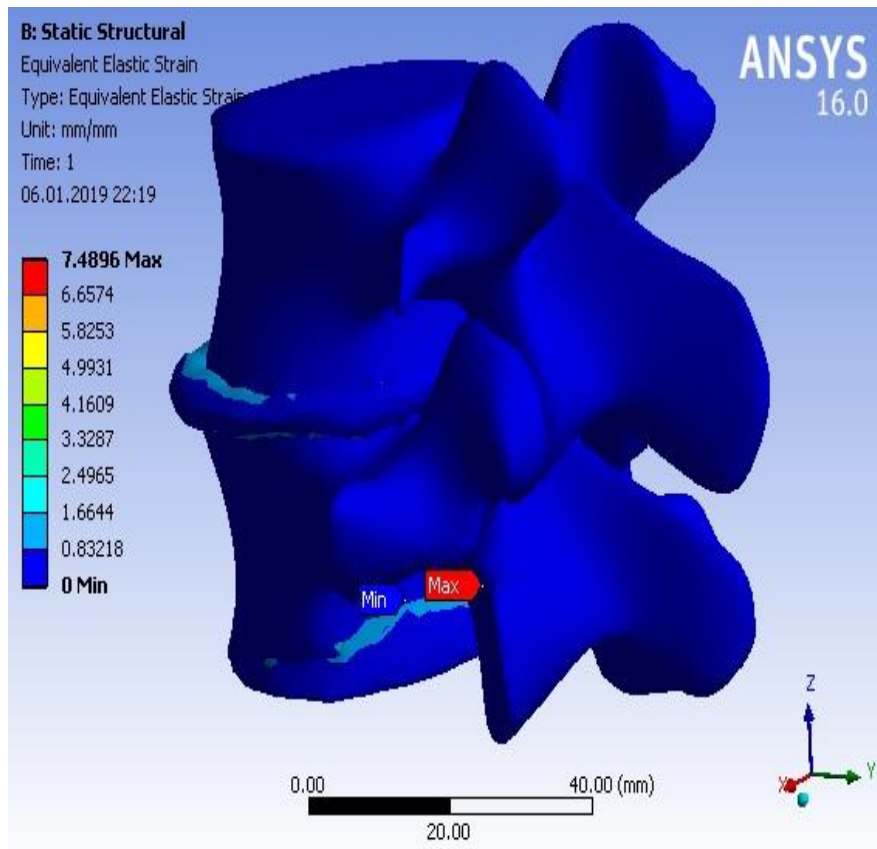
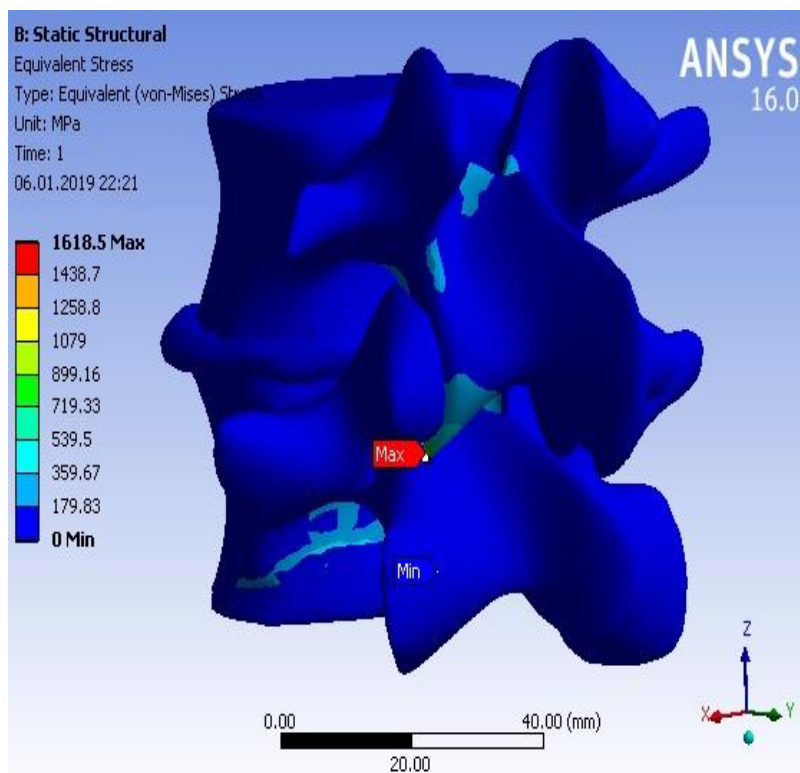


Рисунок 3. Эквивалентные упругие деформации



**Рисунок 4. Эквивалентные упругие напряжения модели модели в МПа**

Модель, представленная на рисунке 1, получена по данным пациента возраста 22 лет (набор снимков компьютерной томографии с шагом 0.6 мм) и обработана в программном пакете MIMICS. При перечислении сверху вниз (см. Рисунок 1) модель состоит из позвонка L4, межпозвоночного диска L4-L5 и позвонка L5. Межпозвоночный диск L4-L5 состоит из пульпозного ядра и единого фиброзного кольца.

В исследовании рассматривается построение объемной упругой конечно-элементной модели межпозвоночного диска L4-L5. Материал считается изотропным. Физические характеристики модели взяты из литературного источника [3, с. 1983]. На рисунке 1 представлена расчетная схема модели. Угол наклона всего сегмента относительно горизонтали составляет  $17,67^\circ$  и учитывается с помощью тела А, которое расположено ровно на горизонтали. Внутридисковое давление в данной задаче не учитывается. Тело А зафиксировано и его перемещения равны нулю. На верхнюю часть тела позвонка L4 на поверхности S1 действует давление  $P=2$  МПа, что соответствует нагрузке в 400 кг. Поверхности S2, S4 и S5 – свободны. Все тела склеены между собой.

Поставленная задача решена с использованием Ansys. Получены распределения перемещений, напряжений и деформаций. На рисунке 2 представлены перемещения модели в мм. Максимальные значения достигают 12 мм и находятся на конце остистого отростка позвонка L5 и на правой передней нижней части тела позвонка L4.

Максимальное значение эквивалентной упругой деформации модели находится в нижней части задней поверхности тела позвонка L5 (Рисунок 3). Так же визуальную деформацию наблюдают на верхней передней поверхности межпозвоночного диска L4-L5.

Максимальное значение эквивалентного упругого напряжения располагается в области контакта левой пары суставных отростков (Рисунок 4). Напряжения меньшей интенсивности возникают на задней нижней части тела позвонка L5 и на суставных отростках позвонка L4. Заметим, что межпозвоночный диск L4-L5 сильно выпячивается во все стороны. Это можно объяснить использованием теории упругости при биомеханическом моделировании диска.

В дальнейших планах построение модели позвоночно-двигательного сегмента L4-L5, учитывающей фасеточные суставы, состоящие из капсулы, синовиальной жидкости и хрящевых образований на концах отростков позвонков.

#### **Библиографический список**

1. *Алексеев А.* Боль в спине: факты и статистика [Электронный ресурс] URL: <https://www.medhouse.ru/entries/273/> (дата обращения: 04.02.2019).
2. *Парфенов В.А., Исайкин А.И.* Боль в нижней части спины: мифы и реальность. М.: ИМА-ПРЕСС, 2016. 104 с.
3. *Jamie R.W., Raghu N.N., Gunnar B.J.* Inclusion of regional poroelastic material properties better predicts biomechanical behavior of lumbar discs subjected to dynamic loading // *Journal of Biomechanics*. 2007. Vol. 40. P. 1981–1987.

# **VOLUMETRIC FINITE-ELEMENT MODELLING OF THE INTERVERTEBRAL DISC L4-L5**

*Khoroshev Denis V., Ilyalov Oleg R.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614990,  
horosh-den@mail.ru

*Ustyuzhantsev Nikolai E.*

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, Petropavlovskaya Av. 26,  
Perm, Russia, 614000, nustyuzhan@mail.ru

Back pain worries more than 50% of the world's population. As medical practice shows, in almost half of cases pain in the lumbar spine is associated with a herniated disc L4–L5. The aim of work is to show using the methods of biomechanical modelling that with the appearance of degenerative changes in a vertebromotor segment and subluxation of facet joints, a possible source of pain is the excessive effect on the nerve of the Lyushko and, consequently, the management strategy of patients (treatment method) changes. The volume elastic model of a vertebromotor segment L4-L5 consisting of L4 and L5 vertebrae and intervertebral disc L4-L5 is constructed. On the upper part of the body of vertebra L4 is valid for the pressure  $P=2$  MPa, which corresponds to a load of 400 kg. The task is solved using Ansys. Distributions of displacements, stresses and strains are obtained.

Key words: intervertebral disc, elastic model, lumbar region, facet joint.



## НАВЕДЕНИЕ НА ЦЕЛЬ ТЯЖЕЛОЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ В СРЕДЕ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ, ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ КВАДРАТУ СКОРОСТИ

*Хотько Ольга Алексеевна, Лутманов Сергей Викторович*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, mpu@psu.ru

Исследуется управляемый полет тяжелой материальной точки в однородном поле тяжести в среде с сопротивлением, пропорциональным квадрату скорости. На движение точки накладываются фазовые ограничения, состоящие в том, что траектория полета должна оставаться в пределах некоторой полосы, не пересекающей с поверхностью земли, и оканчиваться в заданной точке. Начальное положение точки известно только приближенно и определяется точно лишь в момент старта. В работе строится программное управление точкой, реализующее все перечисленные требования к кинематике полета и являющееся оптимальным по критерию "минимум силы".

Ключевые слова: математическая модель; сопротивление пропорциональное квадрату скорости; линеаризованные дифференциальные уравнения; оптимальное управление.

### Введение

Данная работа является продолжением цикла статей [3-6], посвященных коррекции возмущенного движения управляемого динамического объекта с целью выхода его на базовый закон движения. Возмущение движения вызвано не точным соблюдением начальных условий, а коррекция движения производится дополнительными управлениями, входящими в дифференциальные уравнения движения аддитивно базовым управлениям.

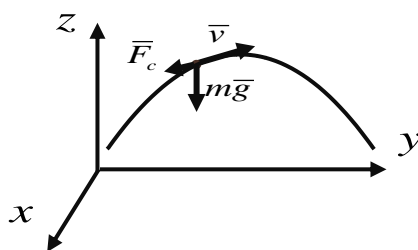


Рисунок 1. Движение точки 1. Уравнения движения управляемой точки и постановка задачи

Выпишем дифференциальные уравнения управляемого полета тяжелой материальной точки (см. формулы 1,2 и 3) [6]

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m} \dot{x} \cdot \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} + \frac{1}{m} v_1 \quad (1)$$

$$\ddot{y} = -\frac{k}{m} \dot{y} \cdot \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} + \frac{1}{m} v_2 \quad (2)$$

$$\ddot{z} = -\frac{k}{m} \dot{z} \cdot \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} + \frac{1}{m} v_3 - g \quad (3)$$

Где  $m$  - ее масса,  $g$  - ускорение силы тяжести,  $k = \text{const}$  - коэффициент пропорциональности, а  $(v_1 \ v_2 \ v_3)^T$  - вектор управляющих параметров.

Полет начинается в момент времени  $t_0$  и заканчивается в момент времени  $T > t_0$  на поверхности земли в положении.  $X_T, Y_T, Z_T$  При этом точка должна лететь на высоте не менее  $\varepsilon > 0$  и не более  $2\varepsilon > 0$  от поверхности земли. Начальное положение и начальные скорости точки заранее не определены, известно лишь, что они удовлетворяют условиям, представленным в формуле 4.

$$x_0 \approx 0, y_0 \approx 0, z_0 \in [\varphi(x_0, y_0) + \varepsilon, \varphi(x_0, y_0) + 2\varepsilon], \dot{x}_0 \approx \frac{x_T}{T-t_0}, \dot{y}_0 \approx \frac{y_T}{T-t_0}, \dot{z}_0 \approx \frac{z_T - z_0}{T-t_0} \quad (4)$$

Где  $\varphi: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^1$  - гладкая функция двух переменных, моделирующая рельеф местности. Точные значения начальных условий становятся известными только в момент старта. Управление движением точки осуществляется в классе программных управлений. Сформулируем основную задачу, решаемую в данной статье.

**Задача 1 (основная).** *Определить программное управление  $W^0(\cdot) \in \Pi[t_0, T]$ , обеспечивающее выполнение требований, предъявляемых к кинематике полета точки.*

## 2. Общая схема решения задачи 1 (основной)

Подбирается базовый закон полета точки (см. формулу 3).

$$x = \hat{x}(t), y = \hat{y}(t), z = \hat{z}(t), t \in [t_0, T] \quad (3)$$

удовлетворяющий условиям из формул 4 и 5.

$$\hat{x}(t_0) = 0, \hat{y}(t_0) = 0, \hat{z}(t_0) \in [\varphi(x_0, y_0) + \varepsilon, \varphi(x_0, y_0) + 2\varepsilon] \quad (4)$$

$$\hat{x}(T) = x_T, \hat{y}(T) = y_T, \hat{z}(T) = z_T, \dot{\hat{x}}(t_0) = \frac{x_T}{T-t_0}, \dot{\hat{y}}(t_0) = \frac{y_T}{T-t_0}, \dot{\hat{z}}(t_0) = \frac{z_T - z_0}{T-t_0} \quad (5)$$

Конкретная процедура построения такого закона движения описана в работе [2]. Программное управление  $v = \hat{v}(t), t \in [t_0, T]$ , реализующее базовый закон движения, имеет вид (см. формулы 6, 7 и 8)

$$\hat{v}_1(t) = m\ddot{\hat{x}}(t) + k\dot{\hat{x}}(t) \cdot \sqrt{\dot{\hat{x}}^2(t) + \dot{\hat{y}}^2(t) + \dot{\hat{z}}^2(t)} \quad (6)$$

$$\hat{v}_2(t) = m\ddot{\hat{y}}(t) + k\dot{\hat{y}}(t) \cdot \sqrt{\dot{\hat{x}}^2(t) + \dot{\hat{y}}^2(t) + \dot{\hat{z}}^2(t)} \quad (7)$$

$$\hat{v}_3(t) = m\ddot{z}(t) + k\dot{z}(t) \cdot \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) + \dot{z}^2(t)} + mg \quad (8)$$

**Определение 1.** Решение системы дифференциальных уравнений (1,2 и 3) с начальными условиями  $(x_0, y_0, z_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0)$  и базовыми управлениями (6,7 и 8) будем называть возмущенным движением точки.

**Определение 2.** Разность между возмущенным и базовым движением назовем возмущением.

В уравнения (1,2 и 3) добавляются дополнительное управление  $u(\cdot)$ , аддитивно базовому управлению. Дополнительными управлениями следует распорядиться так, чтобы возмущенное движение, начиная с некоторого момента времени  $t^* \in [t_0, T]$ , совпало с базовым движением точки. Динамика возмущений приближенно описывается системой дифференциальных уравнений, представленной на формуле 9.

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u \quad (9)$$

Здесь  $x \in R^6, u \in R^6, A \div 6 \times 6, B \div 6 \times 3$ . Матрицы  $A$  и  $B$  получаются в результате дифференцирования правых частей системы (9) по векторным аргументам  $x$  и  $u$  соответственно и вычисленных в силу базового движения и базового управления. Далее приходим к задаче 2 оптимального управления динамическим объектом (9).

**Задача 2 (вспомогательная).** Определить программное управление  $u^0(\cdot) \in \Pi[t_0, t^*]$ , переводящее фазовый вектор линейного динамического объекта (9) из возмущения начального положения в ноль в момент времени  $t^* \in [t_0, T]$  и оптимизируя при этом выбранный критерий качества.

Решением задачи 1 (основной) будет являться управление

$$W^0(t) = \begin{cases} v^0(t) + u^0(t), & t \in [t_0, t^*] \\ \hat{v}^0(t), & t \in [t^*, T] \end{cases} \quad (10)$$

### 3. Решение задачи 2 (вспомогательной) по критерию «минимум силы».

В данной статье управление  $u^0(\cdot) \in \Pi[t_0, t^*]$  дополнительно удовлетворяет условию минимума величины

$$I^{min}[u(\cdot)] = \operatorname{vrai} \max_{\tau \in [t_0, t^*]} \|u(\tau)\| \quad (11)$$

Критерий (11) называется «минимум силы» [1]. Следуя [1] и [2] изложим алгоритм решения задачи 2 (вспомогательной) по критерию «минимум силы». Пусть

$X[t, \tau], t, \tau \in [t_0, t^*]$  - фундаментальная матрица Коши для однородного векторного дифференциального уравнения  $\dot{x} = A(t)$ . Полагаем

$$H[t^*, t] = X[t^*, t]B(t), t \in [t_0, t^*], (c_1, \dots, c_6)^{Tp} = -X[t^*, t_0](x_1(t_0), \dots, x_6(t_0))^{Tp}$$

Оптимальное управление  $u^0(t)$ ,  $t \in [t_0, t^*]$  решающее задачу 2, строится по формуле

$$u^0(\cdot) = \frac{1}{p^0} \cdot \frac{(h^0(\cdot))^T}{\sqrt{\langle (h^0(\cdot))^T, (h^0(\cdot))^T \rangle}}, p^0 = \int_{t_0}^{t^*} \sqrt{\left\langle \sum_{i=0}^n I_i^0 (h^0(\cdot))^T, \sum_{i=0}^n I_i^0 (h^0(\cdot))^T \right\rangle} d\tau \quad (12)$$

Где  $h^{(i)}(\cdot)$  - строки матрицы  $H[t^*, \cdot]$ , а числа  $I_1^0, \dots, I_6^0$  - решение задачи математического программирования

$$\int_{t_0}^{t^*} \sum_{i,j=1}^6 \sqrt{\langle (h^0(\cdot))^T, (h^0(\cdot))^T \rangle} I_i I_j d\tau \rightarrow \min, \sum_{s=1}^6 c_s I_s = 1 \quad (13)$$

### Библиографический список

1. Красовский Н. Н. Теория управления движением. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
2. Лутманов С. В. Вариационное исчисление и теория оптимального управления в примерах и упражнениях // Учебное пособие, Перм. ун-т.- Пермь, 2010, 200 с.
3. Лутманов С. В. Об одной методике исследования управляемой динамической системы лиц // Вестник Пермского университета, Математика, Механика, Информатика, Вып. 1. (36), Пермь, 2017, С. 13- 20.
4. Кучкова Т. Ю., Лутманов С. В. Задачи управления одной динамической системой с тремя степенями свободы // Проблемы механики и управления. Межвуз. Сб. науч. трудов, вып. 49, Пермь, 2017, С. 25-36.
5. Лутманов С. В., Овчинников В. А. Оптимальная коррекция движения твердого тела, вращающегося относительно неподвижной точки // Проблемы механики и управления. Межвуз. Сб. науч. трудов, вып. 49, Пермь, 2017, С. 37-50.
6. Лутманов С. В. Хотько О. А. Об одной задаче управления тяжелой точкой, движущейся в среде с сопротивлением, пропорциональным квадрату скорости. // Вестник Пермского университета, Математика, Механика, Информатика, Вып. 3. (42), Пермь, 2018, С. 69-75.

**GUIDANCE HEAVY MATERIAL POINT IN A MEDIUM WITH RESISTANCE  
PROPORTIONAL TO THE SQUARE OF THE SPEED**

*Khotko Olga A., Lutmanov Sergey V.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, mpu@psu.ru

The controlled flight of a heavy material point in a homogeneous gravity field in a medium with resistance proportional to the square of the velocity is investigated. Phase restrictions are imposed on the movement of the point, which are that the flight path must remain within a certain band that does not intersect with the earth's surface and finish at a given point. The initial position of a point is known only approximately and is precisely defined only at the moment start. The paper designs a software control that implements all of these requirements for the kinematics of the flight and is optimal for the criterion of "minimum force".

Keywords: mathematical model; resistance proportional to the square of the velocity; linearized differential equations; optimal control.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ**

*Царёва Фания Шавкатовна*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, fire\_1986@bk.ru

В настоящей работе рассматривается применение информационных технологий в дистанционном обучении и подготовки к ЕГЭ по английскому языку. Дано определение термина «дистанционное обучение». Перечислены средства для дистанционного обучения. Рассмотрены достоинства использования интернет-технологий в учебном процессе, такие как технологичность, доступность и открытость обучения, индивидуальный подход. Приведены примеры эффективности дистанционного обучения из опыта подготовки к ЕГЭ по английскому языку, где охвачены все разделы данного экзамена. Также сделан акцент на проблемы, выявленные на практике, такие как отсутствие прямого очного контакта между учащимся и преподавателем, острая необходимость в персональном компьютере и доступе в Интернет, отсутствие мотивации учащихся и учет индивидуально-психологических особенностей как учащихся, так и преподавателя.

Ключевые слова: дистанционное обучение, информационные технологии, ЕГЭ, мотивация, доступность образования, индивидуальный подход, эффективность.

В современном мире информационно-компьютерные технологии становятся неотъемлемой частью образовательного процесса, одной из главных составляющих которого является дистанционное обучение. Всё большую актуальность посредством дистанционного обучения приобретает подготовка к ЕГЭ. В связи с тем, что в 2020 году планируется ввод обязательного экзамена по иностранному языку, вопрос подготовки выпускников к единому государственному экзамену по английскому языку становится всё более значимым, так как английский язык является самым распространенным изучаемым иностранным языком в школах Российской Федерации.

Под дистанционным обучением понимается «взаимодействие учителя и учащихся между собой на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения) и реализуемое специфичными средствами Интернет-технологий или другими средствами, предусматривающими интерактивность» [1].

Современные интернет-технологии для дистанционного обучения строятся на базе следующих средств: веб-сервера, веб-страницы и сайты; электронная почта; форумы и блоги; теле- и видеоконференции; виртуальные классные комнаты; вики-энциклопедии.

Дистанционное обучение перспективно, в частности при подготовке к ЕГЭ по иностранным языкам, так как имеет огромный ряд достоинств [2]:

- **Технологичность** – обучение с использованием современных программных и технических средств делает электронное образование более эффективным. Новые технологии позволяют сделать визуальную информацию яркой и динамичной, построить сам процесс обучения с учетом активного взаимодействия учащегося с преподавателем. Современные технологии позволяют успешно готовиться ко всем частям ЕГЭ по английскому языку: аудированию, чтению, грамматике и лексике, письму, говорению. Несколько лет назад было практически невозможно, чтобы преподаватель и учащийся вместе могли прослушать тренировочную аудиозапись формата ЕГЭ (оказывается, были случаи, когда преподаватель включал необходимую запись на магнитофоне и подносил магнитофон к микрофону своего компьютера, чтобы дать учащемуся послушать!). Сегодня многие компьютерные программы имеют функцию «поделиться системными звуками», что позволяет обоим участникам образовательного процесса прослушивать запись, при необходимости останавливать ее, проигрывать заново непонятые моменты. Что касается чтения, лексики и грамматики, и письма, эти части без каких-либо проблем тренируются и обсуждаются при помощи демонстрации экрана. Особенно интересна и эффективна подготовка к говорению, так как внешний вид этого задания можно максимально приблизить к реальному экзаменационному: во-первых, картинки для описания из заданий 3 и 4 говорения подбираются цветные (а не черно-белые, как это бывает во многих тренировочных учебных пособиях); во-вторых, через демонстрацию экрана преподаватель открывает новое задание с заранее подготовленным таймером, и ученик выполняет задание как во время ЕГЭ: 1,5 минуты на подготовку, и не более 2 минут на само высказывание; в-третьих, можно сделать качественную запись устного высказывания учащегося, затем дать ему послушать самого себя «со стороны» и услышать свои ошибки.

- **Доступность и открытость обучения** – возможность учиться удаленно от места обучения, не покидая свой дом. Можно учиться, находясь практически в любой точке земного шара, где есть компьютер и Интернет. Это делает процесс обучения более доступным и организационно намного проще. В месте проживания ученика может не хватать

или вовсе не быть квалифицированных специалистов, которые могут качественно подготовить к сдаче ЕГЭ. Также появляется свобода и гибкость в построении расписания.

• **Индивидуальный подход.** Как показывает опыт, дистанционное обучение чаще подразумевает занятия «один на один», что дает преподавателю возможность уделять всё свое внимание и усилия на работу только с одним учеником, а это, несомненно, ведет к положительным результатам.

Широкое внедрение дистанционного обучения требует решение ряда проблем, касающихся подготовки по всем предметам, и, в частности, подготовки к ЕГЭ по английскому языку. Опыт проведения дистанционного обучения позволяет выделить следующие ключевые проблемы [3]:

- **Отсутствие прямого очного контакта между учащимися и преподавателем.** Данная проблема актуальна как для учащегося, так и для преподавателя, если он начал вести дистанционные занятия сравнительно недавно (проблема инертности учителя-предметника).
- **Необходимость в персональном компьютере и доступе в Интернет.** Крайне необходимо, чтобы компьютер был именно компьютером с хорошими техническими характеристиками, а не смартфон. Например, очень важно, чтобы компьютер имел большой монитор для обеспечения хорошей видимости материала.
- **Сложность мотивации слушателей.** Особенно это касается учащихся, которые лично сами не заинтересованы в успешной сдаче ЕГЭ, а нужно это их родителям. В действительности данная проблема существует и в очном обучении, и решить ее при дистанционном обучении становится еще сложнее из-за отсутствия прямого очного контакта.
- **Необходимость наличия целого ряда индивидуально-психологических условий.** Для дистанционного обучения необходима жесткая самодисциплина, а его результат напрямую зависит от самостоятельности и сознательности, как учащегося, так и преподавателя. Слабая самоорганизация приводит к потере времени при проведении занятия, например, при наличии выполненного домашнего задания учащиеся не отправляют его преподавателю до начала занятия, что могло бы сэкономить время. Для многих учащихся дистанционное обучение – это совершенно новый формат занятий, в связи с чем возникает сильнейший психологический барьер, желание «оттянуть» занятие на потом, перенести его на другое время.



Однако все перечисленные проблемы решаемы при наличии хорошей самодисциплины, свободного владения компьютерными технологиями и грамотного применения преподавателем знаний по психологии.

#### **Библиографический список:**

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дистанционное\\_обучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дистанционное_обучение)
2. *Канаво В.* Достоинства и недостатки дистанционного обучения через Интернет. Часть 1. // <http://www.curator.ru/e-learning/publications/doplus.html>
3. *Канаво В.* Достоинства и недостатки дистанционного обучения через Интернет. Часть 2. // [http://www.curator.ru/e-learning/publications/do\\_minus.html](http://www.curator.ru/e-learning/publications/do_minus.html)

#### **INFORMATION TECHNOLOGIES APPLICATION IN DISTANCE TEACHING AND PREPARATION FOR THE RUSSIAN STATE EXAM IN ENGLISH**

*Tsaryova F. S.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, fire\_1986@bk.ru

**Abstract.** In this article use of information technologies in distance learning and preparation for the Russian State Exam in English are considered. The definition of the term "distance learning" is given. Tools for distance education are listed. Advantages of Internet technologies application in educational process, such as technological effectiveness, availability and openness of training, individual approach are considered. Examples of distance learning efficiency from preparation for the Russian State Exam in English experience are given where all sections of this examination are captured. The emphasis on the problems revealed in practice such as lack of direct internal contact between the pupil and the teacher, urgent need in the personal computer and Internet access, lack of pupils` motivation and accounting of individual and psychological features both pupils` and the teacher`s are also placed.

**Keywords:** distance education, information technologies, Russian State Exam, motivation, education availability, individual approach, efficiency.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ ПО ДЛИНЕ ПРОНИЦАЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

*Целикова Наталья Павловна, Пещеренко Сергей Николаевич*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, peshcherenko@yandex.ru, tashka94@mail.ru

Проницаемые цилиндрические оболочки являются элементами таких компонент нефтедобывающего оборудования как тарельчатые сепараторы и фильтры. Устанавливаются они либо между гидрозащитой и насосной секцией, либо ниже электродвигателя и предназначаются для отделения пузырьков газа и механических примесей от добываемой жидкости. Тарельчатые сепараторы вода-нефть, предназначены для работы в скважинах, находящихся на заключительной стадии эксплуатации, скважинная жидкость которых содержит не более 2-5% нефти. Они позволяют отделить нефть, чтобы затем перекачать ее на поверхность (отсепарированная вода закачивается в водоносный пласт). Перечисленные устройства имеют проницаемую цилиндрическую оболочку диаметром порядка 10 см и длиной несколько метров. Верхняя часть внутренней области оболочки гидравлически связана с насосом, а нижний торец закрыт непроницаемой крышкой. Скважинная жидкость протекает с наружной части проницаемой цилиндрической оболочки во внутрь. Скорость фильтрации существенно неравномерна по длине оболочки и достигает максимального значения в верхней ее части. Целью данной работы является моделирование неравномерности притока жидкости по длине проницаемой оболочки, предложена как аналитическая модель течения, так и проведен расчет методами вычислительной гидродинамики.

Ключевые слова: фильтрация, проницаемая цилиндрическая оболочка, сепаратор вода-нефть, неравномерность потока.

Расчетная область и схема течения представлены на Рисунок 1. Наружный радиус проницаемой оболочки обозначим через  $R_1$ , толщину стенки через  $h$ , а радиус обсадной колонны через  $R_2$ . Пусть давление внутри оболочки равно  $P(x)$ , а в кольцевом зазоре между проницаемой оболочкой и обсадной колонной  $P_0(x)$ . Будем считать, что течение ламинарное, тогда поле скоростей внутри оболочки будет пуазейлевым [1]:

$$u = \frac{1}{4\eta} \frac{dP}{dx} (r^2 - (R_1 - h)^2) = 2u_0 \left( 1 - \frac{r^2}{(R_1 - h)^2} \right) \quad (1)$$

$$u_0 = -\frac{1}{8\eta} \frac{dP}{dx} (R_1 - h)^2 \quad (2)$$

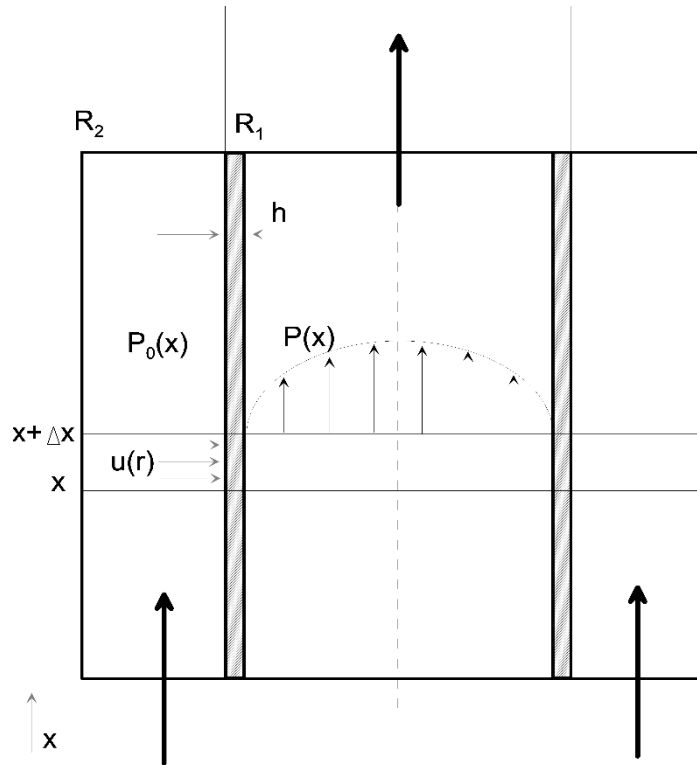


Рисунок 1. Схематичное изображение течения жидкости

Выделим бесконечно малый объём жидкости между координатными плоскостями  $x$  и  $x + \Delta x$ . Тогда поток жидкости внутрь этого объема:

$$\int_0^{R_1} 2\pi r [u(x + \Delta x) - u(x)] dr = \int_0^{R_1} 4\pi r [u_0(x + \Delta x) - u_0(x)] \left(1 - \frac{r^2}{(R_1 - h)^2}\right) dr \quad (3)$$

который также равен потоку жидкости через проницаемую стенку оболочки:  $2\pi R_1 u_r dx$ , где  $u_r$  - скорость жидкости внутри проницаемой оболочки. Тогда:

$$dQ = \int_0^{R_1} 4\pi r [u_0(x + \Delta x) - u_0(x)] \left(1 - \frac{r^2}{(R_1 - h)^2}\right) dr = 2\pi R_1 u_r dx \quad (4)$$

Согласно закону Дарси [2]

$$u_r = -\frac{k}{\eta} \frac{dP}{dr} = \frac{k}{\eta} \frac{P_0(x) - P(x)}{h} \quad (5)$$

где  $k$  - коэффициент проницаемости. Тогда, учитывая, что  $h \ll R_1$ , получим:

$$-\frac{1}{8\eta} \frac{d^2 P}{dx^2} \frac{R_1^4}{2} = R_1 \frac{k}{\eta} \frac{P_0(x) - P(x)}{h} \quad (6)$$

Или

$$\frac{d^2 P}{dx^2} - \frac{16}{R_1^3} \frac{k}{h} P(x) = -\frac{16}{R_1^3} \frac{k}{h} P_0(x) \quad (7)$$

В кольцевом зазоре между фильтром и обсадной колонной течение также Пуазейлевское, поэтому [1]:

$$u = \frac{\Delta P_0}{4\eta L} \left[ R_2^2 - r^2 - (R_2^2 - R_1^2) \frac{\operatorname{Ln} \frac{R_2}{r}}{\operatorname{Ln} \frac{R_2}{R_1}} \right] \quad (8)$$

Для элементарного объёма  $\Delta x$  приращение расхода будет равно:

$$dQ = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi r [u(x) - u(x + \Delta x)] dr = 2\pi R_1 u_r \Delta x \quad (9)$$

Откуда

$$- \int_{R_1}^{R_2} r \frac{du(x)}{dx} dr = R_1 u_r \quad (10)$$

Обозначим

$$\int_{R_1}^{R_2} r \left[ R_2^2 - r^2 - (R_2^2 - R_1^2) \frac{\operatorname{Ln} \frac{R_2}{r}}{\operatorname{Ln} \frac{R_2}{R_1}} \right] dr = A \quad (11)$$

тогда:

$$\frac{d^2 P_0(x)}{dx^2} + \frac{4k R_1}{A h} P_0(x) = \frac{4k R_1}{A h} P(x) \quad (12)$$

Получили систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d^2 P}{dx^2} - \frac{16 k}{R_1^3 h} P(x) = -\frac{16 k}{R_1^3 h} P_0(x), \\ \frac{d^2 P_0(x)}{dx^2} + \frac{4k R_1}{A h} P_0(x) = \frac{4k R_1}{A h} P(x). \end{cases} \quad (13)$$

Обозначим:

$$\frac{16 k}{R_1^3 h} = \frac{1}{M^2}; \quad \frac{4k R_1}{A h} = \frac{1}{N^2}, \quad \alpha = \frac{1}{N^2} - \frac{1}{M^2} \quad (14)$$

Решение системы уравнений имеет следующий вид:

$$P_0(x) = C_1 e^{\alpha x} + C_2 e^{-\alpha x} + C_3 x + C_4 \quad (15)$$

$$P(x) = (\alpha N^2 + 1) C_1 e^{\alpha x} + (\alpha N^2 + 1) C_2 e^{-\alpha x} + C_3 x + C_4 \quad (16)$$

Для выбора граничных условий обратимся к рисунку 1. В пространстве между обсадной колонной и проницаемой оболочкой поток, на верхней границе, равен нулю,

поэтому  $P_0'(1) = 0$ , а на нижней границе давление определяется высотой столба жидкости  $P_0(0) = P_1 = const$ . Внутри проницаемой оболочки, на нижней границе, поток через проницаемую стенку равен нулю, поэтому  $P'(0) = 0$ , а на верхней границе задан перепад давлений  $P(1) = P_1 - \Delta P$ .

Было показано, что результаты расчетов по предложенной методике совпадают с результатами прямого численного моделирования методами вычислительной гидродинамики.

### Библиографический список

1. Бреховских Л. М., Гончаров В. В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). М.: Наука, 1982, 337 с.
2. Баренблатт Г. И., Ентов В. М., Рыжик В. М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра, 1984, 211 с.

### THE VELOCITY DISTRIBUTION OF THE FLUID ALONG THE LENGTH OF THE PERMEABLE CYLINDRICAL SHELL

*Peshcherenko Sergey N., Tselikova Natalya P.*

State National Research Politechnical University of Perm, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia,  
614000, peshcherenko@yandex.ru, tashka94@mail.ru

Permeable cylindrical shells are elements of such components of oil-producing equipment as disc separators and filters. They are installed either between the hydraulic protection and the pump section, or below the electric motor and designed to separate the gas bubbles and mechanical impurities from the extracted liquid. Oil-water disc separators are used in wells at the final stage of operation, when the well fluid contains no more than 2-5% of oil. They allow oil to be separated and then pumped to the surface (the separated water is pumped into the aquifer reservoir). These devices have a permeable cylindrical shell with a diameter of about 10 cm and a length of several meters. The upper part of the inner area of the shell is hydraulically connected to the pump, and the lower end is closed by an impervious cover. Borehole fluid flows from the outer part of the permeable cylindrical shell into the interior. The filtration rate is significantly along the shell and reaches the maximum value in its upper part. The aim of this work is to simulate the uneven flow of liquid along the length of the permeable shell, proposed as an analytical model of the flow, and the calculation methods of computational fluid dynamics.

Keywords: filtration, permeable cylindrical shell, water-oil separator, flow unevenness.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСИ В ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЯХ ЧЕЛОВЕКА

*Цинкер Михаил Юрьевич*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Россия, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, [cinker@fcrisk.ru](mailto:cinker@fcrisk.ru)

Статья посвящена исследованию процесса вдыхания воздуха, содержащего взвешенные частицы оксида алюминия. Рассматривается нестационарное течение и оседание газовзвеси в биологических каналах (крупных нижних воздухоносных путях человека). Расчеты параметров течения были выполнены с использованием программного продукта ANSYS CFX. Получены параметры течения газовой смеси с твердыми частицами различных размеров во время вдоха в различные моменты времени. Рассмотренные подходы могут быть применены для решения задач по оценке риска здоровью населения при ингаляторной экспозиции химических веществ.

Ключевые слова: математическая модель, течение воздуха, воздухоносные пути человека, взвешенные частицы.

Группой авторов разрабатывается многоуровневая математическая модель эволюции функциональных нарушений человеческого организма с учетом влияния внешнесредовых факторов [1]. В многоуровневой модели организм человека представлен набором органов и систем, взаимосвязанных между собой. В рамках данной многоуровневой модели в настоящий момент разрабатываются подмодели «мезоуровня» (дыхательная система [2], пищеварительная система [3], система нейроэндокринной регуляции [4]).

На предыдущих этапах работы было выполнено исследование стационарного течения многокомпонентной смеси газов при спокойном дыхании в крупных нижних воздухоносных путях (первых четырех генерациях, начиная с трахеи) в условиях отсутствия запыленности [5], исследовано течение воздуха при обструкции воздухоносных путей [6].

В данной статье рассматривается нестационарное течение воздуха, содержащего взвешенные частицы оксида алюминия диаметром менее 10 мкм (PM10). Взвешенные частицы, поступающие ингаляционным путем, оказывают негативное влияние на состояние дыхательной системы, сердечно-сосудистой системы. Алюминий при хроническом воздействии способен вызывать заболевания центральной нервной системы, оксид алюминия приводит к заболеваниям органов дыхания и нарушения массы тела [7]. Взвешенные

частицы оксида алюминия встречаются в воздухе рабочей зоны предприятий, осуществляющих деятельность по добыче, подготовке и обогащению руд цветных металлов, содержащих алюминий, производству изделий из алюминия и алюминий-содержащих сплавов, а также в атмосферном воздухе населенных мест вокруг расположения данных предприятий.

Вдыхаемый воздух представляет собой газовзвесь – многокомпонентную гомогенную смесь газов (несущая фаза) с твердыми частицами (несомая фаза). Несущая фаза описывается моделью вязкой жидкости; твердые частицы являются отдельными включениями различного размера, для которых записываются отдельные уравнения; предполагается, что твердые частицы имеют сферическую форму.

Для несущей фазы запишем уравнения сохранения массы и импульса ( $j = 1$ ):

$$\frac{\partial p_1}{\partial t} + \nabla \cdot (p_1 v_1) = 0, r \in \Omega, t \in [0, T] \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (p_1 v_1) + \nabla \cdot (p_1 v_1 v_1) = \nabla \sigma_1 - p_1 g - \sum_j P_{1j}, r \in \Omega, t \in [0, T], \Sigma \quad (2)$$

где  $p_1$  – плотность несущей фазы, кг/м<sup>3</sup>;  $v_1$  – скорость материальных частиц несущей фазы, м/с;  $\sigma_1$  – поле тензора напряжений Коши для несущей фазы, Па;  $g$  – вектор, характеризующий интенсивность внешних массовых сил (на единицу массы) (ускорение свободного падения), м/с<sup>2</sup>;  $r$  – радиус-вектор,  $\Omega$  – внутренность области,  $\Gamma$  – граница области  $\Omega$ ,  $\bar{\Omega} = \Omega \cup \Gamma$  – замкнутая область,  $t$  – время,  $T$  – верхняя граница изменения временной переменной;  $P_j$  – слагаемое, описывающее интенсивность обмена импульсом между первой и  $j$ -ой фазами, Н/м<sup>3</sup>.

Скорость перемещения центров масс частиц (несомой фазы) определяется как ( $j = \overline{2, J}$ ):

$$v_j = \frac{dr_j}{dt}, t \in (0, T], j = \overline{2, J}, \Sigma_j \quad (3)$$

Движение частиц (несомой фазы) описывается уравнением:

$$m_j \frac{\partial x_j}{\partial t} = F_{Dj} + F_{Gj}, r_j \in \Omega, t \in (0, T], j = \overline{2, J}, \Sigma \quad (4)$$

где  $r_j$  – радиус-вектор центра масс  $j$ -ой частицы,  $v_j$  – скорость центров масс  $j$ -ой частицы, м/с;  $m_j$  – масса  $j$ -ой частицы, кг ( $m_j = \frac{\pi}{6} d_j^3 p_j$ );  $p_j$  – плотность  $j$ -ой частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $F_{Gj}$  – сила тяжести ( $F_{Gj} = m_j g$ ), (кг·м)/с<sup>2</sup>;  $F_{Dj}$  – сила, обусловленная воздействием обтекающего воздуха, (кг·м)/с<sup>2</sup>.

Предполагается, что между фазами обмен массы не происходит. На входе в трахею температура воздуха составляет  $36,6^{\circ}$  теплообмен в воздухоносных путях не происходит. Для рассмотрения оседания взвешенных частиц в воздухоносных путях будем рассматривать только фазу вдоха. На входе в трахею задается атмосферное давление. На выходе из системы бронхов задается давление, изменяемое по периодическому закону [6].

Механизмы самоочищения бронхов и легких от твердых частиц в рамках данной статьи не учитываются. На стенке дыхательных путей задается условие прилипания твердых частиц: если относительная скорость движения частицы составляет тупой угол с внешней нормалью к стенке пути, то фиксируется точка оседания частицы, а сама частица выводится из числа движущихся.

Исследовалось содержание взвешенных веществ оксида алюминия, размером PM10 (менее 10 мкм) во вдыхаемом воздухе на уровне норматива «предельно допустимых среднесуточных концентраций», который составляет  $0,06 \text{ мг/м}^3$ . С учетом доли частиц, осевших в верхних воздухоносных путях [8], концентрация взвешенных частиц в сечении входа в трахею принята равной  $0,027 \text{ мг/м}^3$ . Предполагается, что размер твердых частиц изменяется по нормальному закону распределения в интервале от 0 до 10 мкм. Расчеты нестационарного течения воздуха в крупных воздухоносных путях выполнены с использованием программного продукта ANSYS CFX. Определены характеристики течения газозвеси с частицами оксида алюминия диаметром менее 10 мкм во время вдоха.

Установлено, что взвешенные частицы различного размера оседают в различных участках воздухоносных путей. Для частиц большего размера и массы (5-10 мкм) характерен инерционный механизм оседания, данные частицы оседают в трахее и главных бронхах, частицы размером 2,5-5 мкм – в долевыми бронхах, частицы размером менее 2,5 мкм способны проникать более глубоко в воздухоносные пути и легкие человека. Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися литературными данными [9].

Попадая в легкие, взвешенные частицы способны в них накапливаться и оказывать негативное влияние на состояние здоровья человека, способствовать появлению заболеваний. Результаты, полученные с помощью подмодели движения воздуха в крупных нижних дыхательных путях человека, являются входной информацией для моделирования движения газозвеси в легких человека. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы для решения задач по оценке риска здоровью человека от действия взвешенных частиц, осевших в нижних воздухоносных путях человека.



### Библиографический список

1. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М., Ланин Д.В. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов // Математическая биология и биоинформатика. 2012. № 2. С. 589-610.
2. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю. Моделирование процесса дыхания человека: концептуальная и математическая постановки // Математическая биология и биоинформатика. 2016. Т. 11. № 1. С. 64-80. doi: 10.17537/2016.11.64
3. Камалтдинов М.Р. Трехмерное моделирование моторики антродуоденальной области пищеварительного тракта для задач оценки риска здоровью при пероральной экспозиции химических веществ // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 68-77.
4. Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Lanin D.V., Chigvintsev V.M. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact // Computational and Mathematical Methods in Medicine. Vol. 2014, ArticleID 492489. 12 p.
5. Цинкер М.Ю. Трехмерное моделирование дыхательной системы человека для задач оценки рисков здоровью при ингаляционной экспозиции химических веществ // Гигиена и санитария. 2016. т. 95. № 1. С. 90-93.
6. Цинкер М.Ю. Исследование течение воздуха в крупных воздухоносных путях при патологии // математика и междисциплинарные исследования – 2017: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. 15-20 мая 2017 г. Пермь, 2017. С. 243-247.
7. Р. 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
8. Brain J.D., Valberg P.A. Models of lung retention based on the ICRP task group report // Arch. Environ. Health. 1974. Vol. 28, № 1. P. 1–11.
9. Б.А. Кацнельсон, О.Г. Алексеева, Л.И. Привалова, Е.В. Ползик. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика. Екатеринбург: УрО РАН, 1995. 325 с.

## **RESEARCH OF DUSTY AIRFLOW IN HUMAN AIRWAYS**

*Tsinker M. Yu.*

Federal budget scientific institution «Federal scientific center for medical and preventive health risk management technologies», Perm 614045, Russia, cinker@fcrisk.ru

The paper focuses on studying of inhalation of the air containing the weighted particulates of aluminum oxide. The authors examine non-stationary flow and deposit of gas suspension in biological channels (large lower human airways). Flow parameters are calculated with ANSYS CFX software package. We obtain parameters for flow of gas mixture with solid particles with different sizes during an inhalation at various time moments. The obtained results can be applied to solve tasks on assessing human health risks caused by dusty air.

Keywords: mathematical model, air flow, human airways, weighted particulates

## МЕТОД ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ СЛУХОВ В СООБЩЕНИЯХ МИКРОБЛОГОВОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER

*Черняев Александр Андреевич, Ивашко Александр Григорьевич*

Тюменский государственный университет 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,  
chernyaev.tmn@gmail.com

Рассматривается метод проверки на наличие слухов в средствах массовой информации. Для решения данной задачи исследованы различные модели оценки поведения пользователя, анализ текста сообщения, а также определение временных показателей распространения сообщений. Определены основные параметры, которые необходимы для определения является ли текст слухом. За время выполнения задачи были проанализированы популярные инструменты для получения данных из социальных сетей, а также вручную составлена и промаркирована выборка для обучения нейронной сети. Проведены множественные проверки модели нейронной сети для получения наиболее корректного результата. Анализ модели выполнен с применением таких метрик как ассурасу, recall, precision и F1 оценок. Так же в ходе выполнения исследуется задача о доверии к пользователю.

Ключевые слова: искусственный интеллект, слухи, нейронная сеть, сбор данных, анализ текста, оценка поведения пользователя.

### 1. Введение

Журналисты в современном мире должны конкурировать с огромным потоком данных обычных пользователей, из-за этого основным фактором качества становится время, за которое была опубликована новость. В результате чего большое число традиционных источников новостей сообщают о необоснованной информации из-за желания быть первыми [1][2].

Данная работа рассматривается как взаимодействие информационных технологий и искусственного интеллекта, так как включает методы обработки электронных данных и получение новых данных при помощи интеллектуального анализа.

### 2. Сбор данных для обучения

В качестве агрегатора данных было решено использовать микроблоговую социальную сеть Twitter. Данная социальная сеть позволяет писать короткие сообщения длиной не более 280 символов, включая изображения, ссылки на внешние сайты, смайлики и т.д. [3].

Для получения данных из данной социальной сети существует как официальный API, так и внешние инструменты. Было решено использовать Mozdeh разработанный Британской

исследовательской группой Statistical Cybermetrics Research Group. В ходе сбора данных было промаркировано более 3000 сообщений на русском языке, где 0 это не слух, а 1 - слух. Используя промаркированный набор данных, мы можем осуществлять обучение нейронной сети.

### **3. Определение основных параметров для определения слухов**

Чтобы определить является ли полученное сообщение слухом необходимо определить параметры, по которым можно судить о достоверности текста. Такие параметры могут быть получены как из самого текста, так и из внешних метрик, которые поступают вместе с текстом, а именно количество ретвитов, ответов других пользователей на сообщение, меток «Нравится», показатели распространения сообщения относительно времени и др. [4].

Были определены три основные группы параметров необходимых для корректной работы. Первая из них это лингвистические особенности текста. Было найдено в общей сложности 5 лингвистических особенностей, наиболее сильно влияющих на результаты модели [4]. В порядке убывания это:

- 1) Негативный оттенок сообщения;
- 2) Наличие вульгарных слов;
- 3) Наличие аббревиатур и сокращений;
- 4) Наличие смайликов в тексте;
- 5) Сложность текста. Оценивается путем подсчета количества символов в каждом слове в сообщении и делится на общее количество слов в этом сообщении.

Второй группой параметров выступают идентификаторы пользователя. Данная группа позволяет оценить уровень доверия к пользователю, который написал данное сообщение. Всего было выделено 5 показателей:

- 1) Оригинальность. Это показатель того насколько оригинальны сообщения пользователя в Twitter. Определяется как отношение количества оригинальных твитов и ретвитов;
- 2) Доверие. Данный показатель отображает доверие системы Twitter к данному пользователю через отметку «Доверенный пользователь»;
- 3) Влияние. Описывает количество подписчиков пользователя, т.е. тех, кто читает сообщения данного пользователя;
- 4) Роль. Определяет поведение пользователя относительно количества человек, которые подписаны на пользователя и тех, на кого данный пользователь подписан.

Соотношение количества подписчиков и количества подписок определяет роль пользователя.

- 5) Участие. Это совокупность показателей подписчиков, подписок, ответов, отметок «нравится» деленное на общее количество лет существования учетной записи, округленное в большую сторону.

Последняя группа определяет временные особенности распространения сообщения. Чтобы определить распространение сообщения необходимо построить дерево событий для ретвитов и ответов на данное сообщение. Описать особенности данного дерева можно при помощи 5 свойств.

- 1) Доля событий «Низкий-Высокий». Данная доля описывает количество событий, когда человек, у которого больше подписчиков, делает ретвит пользователя, у которого подписчиков меньше;
- 2) Доля узлов в наибольшем компоненте связности (НКС). НКС - это подграф с наибольшим количеством узлов в дереве. Доля определяется как количество узлов в НКС, деленное на количество узлов во всем дереве;
- 3) Соотношение оригинальных твитов. Определяет количество созданных пользователем твитов.
- 4) Доля твитов, содержащих внешние ссылки. Простое соотношение твитов содержащих внешние ссылки и общего количества твитов;
- 5) Доля изолированных узлов. Изолированным узлом можно назвать узлы, которые не получили ни ответа, ни ретвита. Доля определяется как отношение количества изолированных узлов на общее количество узлов в дереве [4][5].

Обработав собранную выборку по данным параметрам и выполнив предварительную обработку, включая очистку данных, была получена обучающая и тестирующая выборка.

#### **4. Модель для определения вероятности наличия слухов**

В ходе поиска параметров модели нейронной сети была определена модель с лучшими показателями. Ею является многослойный персептрон, состоящий из пяти скрытых слоев, в качестве функции активации используется гиперболический тангенс. В качестве метода обучения применялся стохастический градиентный спуск. Оценивая работу модели на тестовой выборке, были получены показатели, представленные в таблице ниже.

**Таблица. Оценки работы модели**

accuracy	0.891652
recall	0.899582
precision	0.853175
f1_score	0.875764

## **5. Заключение**

Полученные результаты позволяют в автоматическом виде проводить исследования на наличие слуха в сообщения микроблоговой социальной сети Twitter. Имея данный способ можно расширить до нескольких агрегатов, таких как ВКонтакте, Одноклассники и др.

### **Библиографический список**

1. Смит, К. Статистика социальной сети Twitter [Электронный ресурс] / К. Смит – Электрон. текстовые дан. Брайтон: [б.и.], 2017. - Режим доступа: <https://www.brandwatch.com/blog/twitter-stats-and-statistics/>, свободный.
2. Коршунов, А. Анализ социальных сетей: методы и приложения [Текст] / Коршунов А. Белобородов И. // Труды Института системного программирования РАН, том 26, вып. 1, 2014, стр. 439-456.
3. Клименко, С. Сбор маркетинговой информации и конкурентная разведка с использованием социальных сетей [Текст] / С. Клименко// Финансовая жизнь, том 1, вып. 1, 2012, стр. 27-31.
4. Vosoughi, S. Automatic Detection and Verification of Rumors on Twitter [Текст] // MIT-Массачусетс, Program in Media Arts and Sciences, 2015.
5. Alton Y. K. Chua, Snehasish B. Linguistic Predictors of Rumor Veracity on the Internet [Текст] /Alton, Y. Chua, K. Snehasish, B. // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. том 1, 2016.

## INFORMATION SYSTEM FOR VERIFICATION OF RUMORS IN MASS MEDIA

*Chernyaev Aleksandr A., Ivashko Aleksandr G.*

Tyumen State University, 6 Volodarskogo, Tyumen 625003, Russia, chernyaev.tmn@gmail.com

Annotation. The method of testing for the presence of rumors in the media is considered. To solve this problem, various models for assessing the behavior of the user, analyzing the message text, as well as determining the temporal indicators of message distribution have been investigated. The main parameters that are necessary to determine whether the text is a rumor are defined. During the execution of the task, popular tools for obtaining data from social networks were analyzed, and a sample for learning the neural network was manually compiled and marked. Multiple tests of neural network models have been carried out to obtain the most correct result. The analysis of the model is performed using metrics such as accuracy, recall, precision and F1 ratings. Also, in the course of execution, the task of trusting the user is investigated.

Keywords: artificial intelligence, rumor, neural network, data collection, text analysis, assessment of user behavior.

## ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ТРАБЕКУЛЯРНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ В БИОМЕХАНИКЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

*Чикова Татьяна Николаевна, Киченко Александр Александрович*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия,  
г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, ChikovaTN@gmail.com

В статье предложена биомеханическая модель перестройки трабекулярной костной ткани нижней челюсти человека, нагруженная усилиями жевательных мышц и реакциями височно-нижнечелюстного сустава в двумерной постановке. В качестве результатов приведены графики истории формирования структуры в отдельных участках, распределение пористости и ориентация трабекул. Показано, что места прикрепления мышц являются слабопористыми зонами по сравнению с серединой ветви нижней челюсти. Проведено сравнение решения с учетом зубного ряда, обладающего изотропными свойствами и без него. Рассмотрено приложение патологической нагрузки. Решена задача о начальном перемещении зуба. Верификация модели перестройки выполнена на примере задачи о всестороннем сжатии плоского образца из трабекулярной костной ткани. Полученные результаты для челюсти сравнены с имеющимися данными в литературе.

**Ключевые слова:** трабекулярная костная ткань, тензор структуры, нижняя челюсть.

Эволюция (перестройка) структуры трабекулярной костной ткани, образующей значительную часть нижней челюсти человека, представляет собой процесс поворота трабекул – костных едениц, составляющих каркас трабекулярной кости, в сторону воздействия преобладающей силы на рассматриваемую область [1, 2]. Механизм поворота на клеточном уровне реализуется путем резорбции (рассасывания) отдельных трабекул остеобластами и адаптации (костеобразования) остеокластами. На уровне органа, удобнее описывать трабекулярную структуру некоторой области тензорной величиной, пренебрегая свойствами отдельных трабекул. В своих работах Cowin предложил описывать состояние структуры и пористости трабекулярной кости в любой момент времени дифференциальными уравнениями [1]:

$$\dot{\tilde{K}} = f_1(\tilde{K}, \tilde{\varepsilon}, e), \dot{e} = f_2(\tilde{K}, \tilde{\varepsilon}, e), \dot{\tilde{\sigma}} = f_3(\tilde{K}, \tilde{\varepsilon}, e) \quad (1)$$

где  $\tilde{K}$  – девиатор тензора структуры,  $e$  – изменение доли твердого объема кости.

Используя систему уравнений (1) в рамках постановки задачи теории упругости, авторами был представлен механизм биологического явления перестройки трабекулярной



кости нижней челюсти, находящейся под влиянием жевательных мышц и реакций височно-нижнечелюстного сустава [3, 4].

Из решения задачи получены графики скорости изменения  $\tilde{K}$  и  $e$ , показывающие экспоненциальное течение периода перестройки (Рисунок 1).

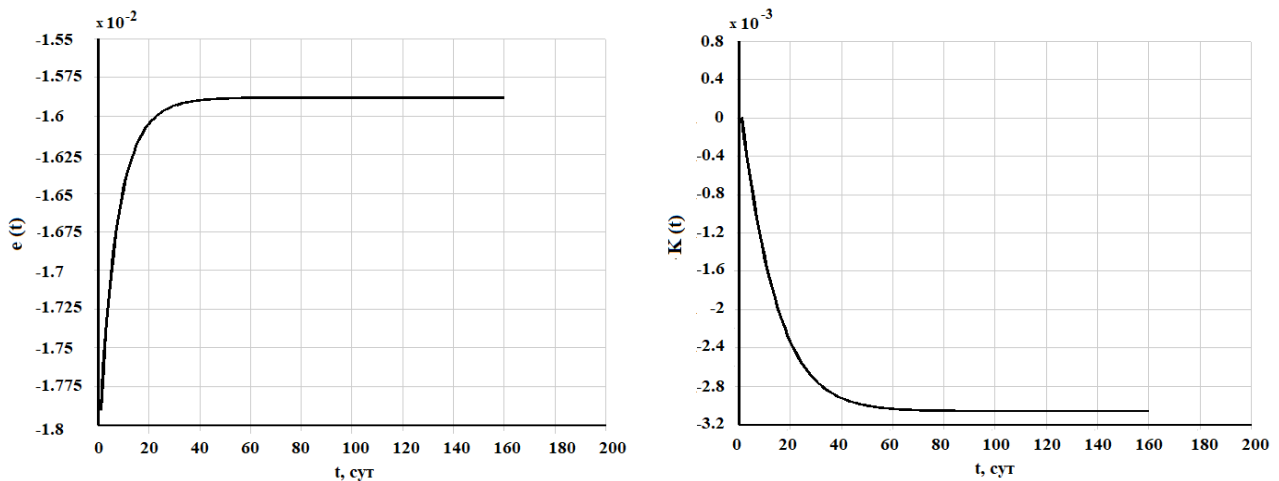


Рисунок 1 Изменение  $K_{11}(t) = K_{22}$ , и  $e(t)$

За ориентацию трабекул внутри костной ткани отвечают главные направления девиатора тензора структуры, которые при достижении оптимальности структурой, должны совпадать с главными направлениями тензора напряжений (Рисунок 2).

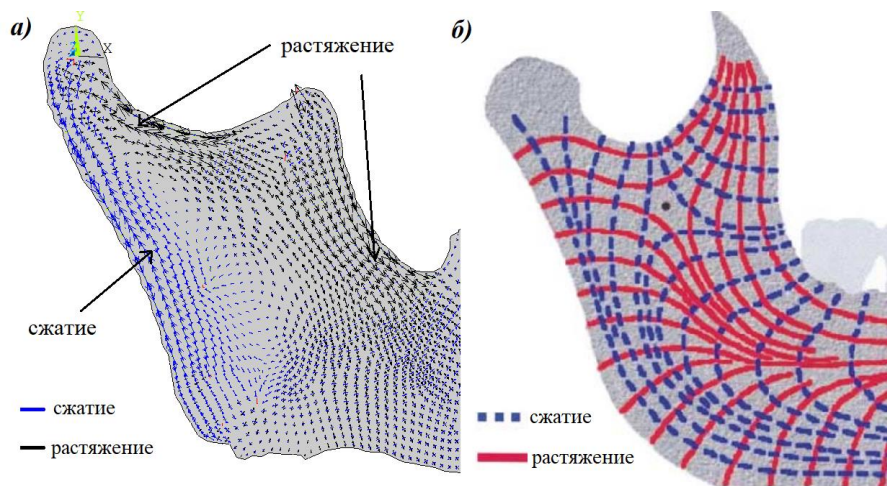
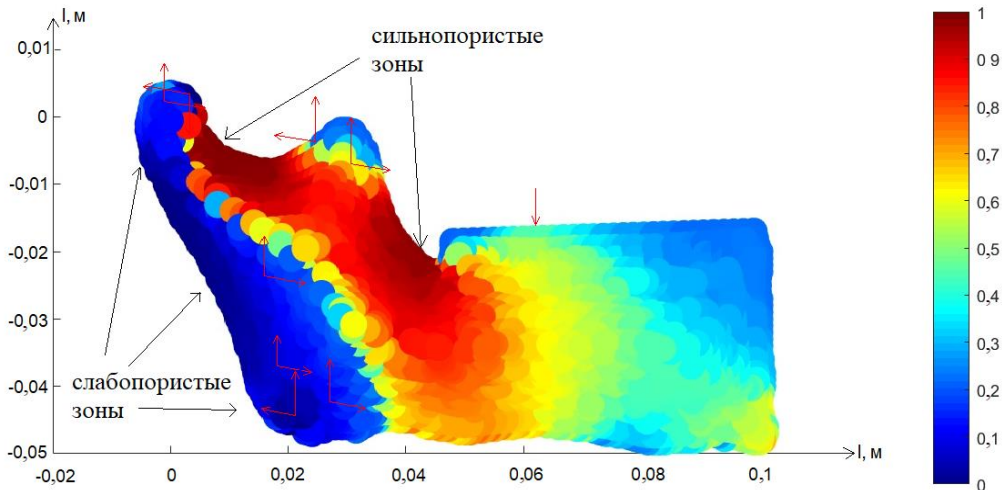


Рисунок 2 Упрощенное представление распределения напряжений: главные направления, подсчитанные в ANSYS (а), траектории, в среднем наблюдаемые в челюсти [5] (б)

Зная начальную пористость, из формул (1) также можно найти пористость. На Рисунок 3 приведен рисунок нормированной пористости, где единице соответствуют зоны наибольшей пористости, а нулю – наименьшей.



**Рисунок 3** Пористость по окончании перестройки, стрелками указаны точки приложения сил от жевательных мышц

В дальнейшем планируется детализировать модель нижней челюсти, включив в нее кортикальную ткань и периодонт, уточнить места прикрепления мышц, заменив суммарные результирующие реакции распределенной по поверхности нагрузкой; решить задачу в трехмерной постановке, проанализировать другие математические модели перестройки на мезоуровне; оценить влияние контрфорсов нижней челюсти.

#### Библиографический список

1. Cowin S.C. Wolff's law of trabecular architecture at remodeling equilibrium // J. Biomech. Engineering. 1986. V. 108. P. 83–88.
2. Киченко А.А. и др. Постановка начально-краевой задачи о перестройке трабекулярной костной ткани // Российский журнал биомеханики. 2012. Т. 16. № 4. С. 36–52.
3. Никитин В.Н. Реализация методики коррекции прикуса человека // Российский журнал биомеханики. 2016. Т. 20. № 1. С. 48–57.
4. Тверье В.М. и др. Биомеханический анализ развития и функционирования зубочелюстной системы человека // Российский журнал биомеханики. 2007. Т. 11. № 4. С. 84–104
5. Meyer C. et al. Photoelastic analysis of bone deformation in the region of the mandibular condyle during mastication // J. Cranio-Maxillofacial Surgery. 2002. V. 30. P. 160–169.

# **THE APPLICATION OF CANCELLOUS BONE TISSUE REMODELLING EQUATIONS IN THE MANDIBLE BIOMECHANIC**

*Chikova Tatyana, N., Kichenko Aleksandr A.*

Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Av. 29, Perm, Russia, 614000,  
ChikovaTN@gmail.com

Annotation. The paper proposed a biomechanical model of the cancellous bone tissue adaptation in the human mandible, loaded with the efforts of the masticatory muscles and temporomandibular joint reactions in a two-dimensional formulation. As a result, graphs of the history of the of structure formation in certain areas, the distribution of porosity and the orientation of trabeculae are presented. It has been shown that muscle attachment sites are weakly porous zones compared with the middle of the mandible ramus. A comparison of the solution with and without a dentition has been made. Considered the application of pathological load. Solved the problem of the initial movement of the tooth. The verification of the model was performed using the example of the problem of comprehensive compression of a flat specimen of cancellous bone tissue. The results obtained for the jaw were compared with the available data in the literature.

Key words: cancellous bone tissue, fabric tensor, mandible.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ИГРОКОВ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ONLINE-ИГРАХ**

*Шардина Анастасия Юрьевна, Городилов Алексей Юрьевич*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия,  
г. Пермь, ул. Букирева, 15, shardina.anastasya@yandex.ru

В статье описывается решение проблемы прогнозирования возврата или ухода игроков в многопользовательских онлайн-играх. Для исследования проблемы применяются методы data mining, а именно решается задача кластеризации. С помощью нее выявляются кластеры игроков со схожими характеристиками. Из алгоритмов кластеризации для анализа данных используются алгоритм k-means и алгоритм иерархической агломеративной кластеризации. В результате исследований делается вывод о том, что иерархическая кластеризация справляется с решением поставленной проблемы лучше алгоритма k-means, но требуется дополнительная обработка данных для исключения игроков, неподходящих для анализа. После обработки результат кластеризации улучшается, что позволяет использовать его для достаточно достоверного предсказания ухода игроков и более детального изучения полученных кластеров для выделения закономерностей, объединяющих уходящих игроков.

Ключевые слова: информационные технологии, data mining, кластеризация.

На сегодняшний день в онлайн-игры вовлечено большое количество интернет пользователей, что приносит большой доход их создателям, и этот доход можно приумножить за счет использования современных информационных технологий. Дело в том, что доход разработчиков напрямую зависит от числа постоянных пользователей. Однако во всех онлайн сервисах и играх большая доля новых пользователей достаточно быстро прекращает использование соответствующих приложений. Причиной может быть множество факторов, например, сложность, неудобство использования, платность контента, а также эмоциональные и многие другие факторы. Проблема заключается в том, что покидающие игру пользователи, как правило, просто уходят, не оставляя обратной связи, что не позволяет проанализировать причины ухода и принять меры по улучшению сервиса. Если заранее по поведению игроков предсказывать их неудовлетворенность игрой, то, вовремя предлагая им различные игровые бонусы, можно было бы увеличить процент возврата пользователей в игру. В решении описанной проблемы может помочь одна из задач, решаемых методами Data mining, а именно задача кластеризации. Кластеризация позволяет выполнить разбиение

совокупности игроков на однородные группы, в которых они будут обладать общими свойствами. Проанализировав те группы, в которых преобладают ушедшие игроки, можно сделать вывод о причинах их ухода из игры. В данной работе поставленная задача решается на примере многопользовательской ролевой онлайн-игры Lordmancer2.

**Структура данных об игроках.** В игре Lordmancer2 имеется система логирования, которая позволяет сохранять на сервере основные действия пользователей во время игры. Для анализа были взяты данные за промежуток времени с 1 октября по 8 ноября 2018 года. За этот период времени было зарегистрировано 6075 пользователей, из которых 5695, поиграв несколько дней, больше не возвращались в игру. Исходные данные представлены в виде 7 таблиц формата csv, общее количество анализируемых полей равно 37. Имеющиеся данные дополняются также атрибутом возврата игрока в игру, который определяется по количеству дней, прошедших с его последнего посещения игры. Если это количество превышает три дня, будем считать, что пользователь покинул игру и, скорее всего, в нее больше не вернется. Атрибут возврата игрока не включается в данные, к которым применяется кластеризация.

**Методы кластеризации.** На настоящий момент известно множество алгоритмов кластеризации. К числу основных подходов можно отнести следующие: иерархические методы (алгоритмы агломеративной (CURE, ROCK, CHAMELEON) и дивизивной (BIRCH, MST) иерархической кластеризации), основанные на разделении данных алгоритмы (K-means, K-medoids, PAM, CLOPE, Affinity propagation), графовые методы, основанные на концентрации объектов методы (DBSCAN, AUTOCLASS, SNOB, MCLUST, Mean shift), грид-методы, методы мягких вычислений и другие [1, 2]. Многие алгоритмы реализованы в виде готовых библиотек, доступных для использования. Одной из таких библиотек является библиотека scikit-learn для языка программирования Python, которая помимо реализации многих популярных алгоритмов кластеризации (K-means, Affinity propagation, Mean shift, агломеративная кластеризация, DBSCAN, BIRCH и других) содержит также другие полезные инструменты для анализа данных (например, функции оценки качества выполненной кластеризации) [3].

В целом все алгоритмы кластеризации априори имеют схожие характеристики, поэтому заранее выбрать наиболее подходящий для решения поставленной задачи метод проблематично. Для дальнейшего исследования были выбраны алгоритм k-means и алгоритм иерархической агломеративной кластеризации. Главное достоинство алгоритма k-means заключается в его быстродействии, поэтому в основном его выбирают для работы с

большими данными. Алгоритм k-means применялся и показывал хорошие результаты, например, при обработке новостного потока, при распознавании воздушных объектов [4]. Иерархическая агломеративная кластеризация по сравнению с k-means требует больших вычислительных затрат, но имеет набор параметров, позволяющих произвести ее настройку, а также более интуитивно понятна для решаемой задачи. Этот алгоритм был успешно применен при изучении различий в маркетинговой стратегии фирм США, Японии, Великобритании [5].

**Обработка и подготовка данных.** Для применения алгоритмов кластеризации необходимо преобразование исходных данных к специальному виду. Такое преобразование включает в себя связывание данных из всех исходных таблиц и агрегирование значений атрибутов из этих таблиц. Результатом преобразования является массив векторов, каждый из которых соответствует одному уникальному игроку и содержит набор из 14 агрегированных характеристик этого игрока. Алгоритм описанного преобразования реализован на языке C#, поскольку C# удобен для создания интерфейса и обладает высокой производительностью и надежностью.

К подготовленным данным были применены реализованные в библиотеке scikit-learn алгоритмы k-means и иерархической агломеративной кластеризации. Для последнего было найдено наиболее удачное сочетание параметров метрики и критерия связывания: манхэттенское расстояние и критерий связывания, использующий среднее расстояние каждого наблюдения двух наборов. Для оценки качества полученной кластеризации использовались как встроенные в библиотеку scikit-learn внутренние метрики (например, «Силуэт»), так и самостоятельно разработанные, учитывающие специфику решаемой задачи.

Результат алгоритма иерархической кластеризации оказался лучше, чем алгоритма k-means. Оценки качества полученных кластеров оказались достаточно хорошими, однако при детальном рассмотрении получившихся кластеров оказалось, что их размер крайне неравномерен: в один из них попадают почти все игроки. Такой результат не позволяет сделать никаких выводов про абсолютное большинство игроков. Для улучшения результатов кластеризации была проведена предварительная фильтрация данных.

В результате анализа были выявлены и исключены из общего набора игроки, которые остановились на прохождении обучения, а также игроки, которые прошли обучение, но уровень созданного ими героя так и не повысился даже до первого. Это означает, что никаких полезных для исследования записей об их действиях в игре не сохранилось. Также были исключены игроки, которые начали играть за 3 дня до конца наблюдаемого отрезка

времени, поскольку в отношении них нельзя однозначно утверждать, остались ли они в игре или покинули ее. После исключения перечисленных групп для анализа осталось 2743 игрока, из них 185 игроков, вернувшихся в игру.

**Результаты.** После проведенной фильтрации набора данных удалось улучшить результат иерархической кластеризации. Наиболее удачный результат получился при иерархической агломеративной кластеризации с эвклидовой метрикой и с ward-связью при разбиении на 16 кластеров. Из выделенных кластеров удалось получить “хорошие” кластеры, в которых почти все игроки относятся к одной категории. Например, в один кластер попали 49 ушедших из игры пользователей, далее получился единственный кластер, в котором число оставшихся игроков превышает число ушедших (47 остались, 27 ушли), а также были выделены кластеры со следующей структурой: 242 ушедших игрока и 1 оставшийся, 363 ушедших и 2 оставшихся, 291 ушедших и 5 оставшихся. Таким образом, после предобработки данных, удалось для некоторых категорий пользователей, достаточно достоверно предсказывать, уйдут они из игры или нет.

#### **Библиографический список**

1. *Rokach L., Maimon O.* Clustering Methods. // Maimon O., Rokach L. (eds) Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Springer, Boston, MA. 2005.
2. *Нейский, И.М.* Классификация и сравнение методов кластеризации. // Интеллектуальные технологии и системы. Сборник учебно-методических работ и статей аспирантов и студентов. М.: Изд-во ООО "Элике +", 2006. - Выпуск 8.
3. Clustering – scikit-learn [Электронный ресурс] [Режим доступа: scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html] [Дата обращения: 10.11.2018]
4. Антропов В.В. Применение алгоритмов кластеризации k-means и g-means в задачах распознавания воздушных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №7 (61). Часть 3. С.6–9
5. Иерархическая кластеризация [Электронный ресурс] URL: <https://economy.ru.info/info/87444/> (Дата обращения: 21.03.2019).

## **THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO PREDICT THE BEHAVIOR OF PLAYERS IN ONLINE MULTIPLAYER GAMES**

*Shardina Anastasya Yu., Gorodilov Aleksey Yu.*

Perm State University, 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia, shardina.anastasya@yandex.ru

The article describes a solution to the problem of predicting the return or withdrawal of players in multiplayer online games. To research the problem, data mining methods are used, namely, the clustering problem is solved. Thus, clusters of players with similar characteristics are identified. K-means algorithm and hierarchical agglomerative clustering algorithm are used for data analysis. The research concluded that hierarchical clustering is better for solving the problem than k-means algorithm, but hierarchical algorithm requires extra data processing to exclude unsuitable for analysis players. After processing, the result of hierarchical algorithm improves, which allows you to use this result for reliable prediction of players' withdrawal and a more detailed study of clusters to identify patterns that unite outgoing players.

Keywords: information technologies, data mining, clustering.



*Научное издание*

## **МАТЕМАТИКА И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – 2019**

Материалы Всероссийской научно-практической конференции  
молодых ученых с международным участием  
(г. Пермь, 15–18 мая 2019 г.)

Издается в авторской редакции  
Компьютерная верстка: *И. В. Рожков, Н. С. Лашов*

---

Объем данных 10,8 Мб  
Подписано к использованию 23.05.2019

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

ОРГАНИЗАТОРЫ:



СПОНСОРЫ  
И ПАРТНЕРЫ  
ФОРУМА:



СПОНСОРЫ  
И ПАРТНЕРЫ  
МЕХАНИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
ФАКУЛЬТЕТА:

