



**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 девятью 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., Бортников 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., Пермязова 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

## 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 домоладцев [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.

*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:

