

На правах рукописи



ГАЛИУЛЛИНА Альбина Фаритовна

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ**

Специальность 05.13.10

Управление в социальных и экономических системах

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный авиационный технический университет»
на кафедре технической кибернетики

Научный руководитель: **ЧЕРНЯХОВСКАЯ** Лилия Рашитовна,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **ГОРБАТКОВ** Станислав Анатольевич,
доктор технических наук, профессор
Уфимского филиала ФГБОУ ВО «Финансовый
университет при Правительстве Российской
Федерации»,
профессор кафедры «Математика и информатика»

МАССЕЛЬ Алексей Геннадьевич,
кандидат технических наук
ФГБУН Институт систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения
Российской академии наук,
старший научный сотрудник лаборатории
информационных технологий в энергетике №34
отдела энергетической безопасности №30

Ведущая организация Институт социально-экономических исследований
– обособленное структурное подразделение
ФГБНУ Уфимский федеральный
исследовательский центр Российской академии
наук, г. Уфа

Защита диссертации состоится 17 сентября 2019 г. в 9⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 212.288.12 на базе ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный технический университет» по адресу: 450008,
г. Уфа, ул. К. Маркса, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный технический университет» и на сайте
www.ugatu.su.

Автореферат разослан «__»_____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



О.Н. Сметанина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Повышение качества и уровня жизни граждан является одним из ключевых направлений государственной политики Российской Федерации. Одним из основных направлений повышения уровня жизни населения выступает совершенствование качества государственных и муниципальных услуг (ГМУ).

Органы власти различного уровня, оказывающие государственные и муниципальные услуги, можно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО), предназначенную для обеспечения максимального удовлетворения нужд жителей страны в государственных и муниципальных услугах. Между тем, согласно одному из важных направлений реализации Стратегии развития информационного общества в РФ, а также государственной программы РФ «Информационное общество (2011–2020 годы)», необходимо обеспечить повышение качества и оперативности предоставления ГМУ, в том числе в рамках реализации мероприятий по развитию электронного правительства (ЭП) и перевода государственных и муниципальных услуг в электронный вид.

На сегодняшний день процедуры предоставления электронных услуг, то есть ГМУ, оказанных на основе современных информационно-коммуникационных технологий, не вполне отработаны, и по тем или иным причинам не все ГМУ переведены в электронный вид. Помимо этого, несмотря на актуальность проблемы повышения качества и доступности ГМУ на сегодня не существует общей методики их совокупной оценки. Таким образом, особенную значимость приобретают вопросы, затрагивающие принятие быстрых и рациональных решений в проблемных ситуациях, складывающихся в ходе управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме.

В настоящее время требуется системный подход к управлению качеством процесса оказания ГМУ, предусматривающий использование интеллектуальных технологий и аналитических методов.

Степень разработанности темы исследования

Основные проблемы и вопросы улучшения системы оказания ГМУ нашли отражение в исследованиях и работах многих отечественных и зарубежных ученых: С.И. Неделько, С.Е. Нарышкина, Т.Я. Хабриевой, А.Ф. Ноздрачева, Ю.А. Тихомирова, И.У. Кулдыбаевой, Л.А. Душаковой, С.А. Шайдунова, О.В. Бучиной, М.В. Корниенко, И.А. Мурзиной, С.Н. Егорова, Akemi Takeoka Chatfield и других.

Стандартизация и регламентация, ставшие необходимым этапом для перевода государственных и муниципальных услуг в электронный вид, основаны на положениях и трудах как зарубежных, так и российских ученых: Э. Дюркгейма, Г. Форда, Э. Тейлора, С.П. Никанорова, С. Оптнера, В.М. Манохина, С.Б. Чернышева, А.В. Нестерова.

Проблема оценки качества услуг, включая государственные и муниципальные, изучена такими исследователями, как А. Парашураман, В.А. Зейтгамл, Л.Л. Берри, Л. Гастер, Г. Ван Рызин, С.И. Неделько, А.В. Осташков, Н.С. Мирзоян, С.С. Цукарь, А.Н. Лунев, Н.Б. Пугачева, М.В. Коптев и др.

Подход, основанный на совершенствовании организационного управления и моделях принятия решений (ПР), рассматривается в работах Д.А. Новикова,

В.Н. Буркова, Н.А. Коргина, А.А. Иващенко, А.А. Воронина, М.В. Губко, С.П. Мишина и др.

Подход к анализу сложных процессов и созданию систем поддержки принятия решений (ППР), основанный на онтологии, стал предметом изучения в трудах Т.Р. Грубера, Н. Гуарино, А.С. Нариньяни, Грунингера, В.Ф. Хорошевского, Т.А. Гавриловой, Н.Г. Загоруйко, Б.В. Доброва, С.В. Смирнова, В.А. Виттиха, В.А. Лапшина, Н.И. Юсуповой, О.Н. Сметаниной, В.И. Васильева, М.Б. Гузаирова, А.Г. Кравец, Д.С. Парыгина и других ученых.

Большой вклад в развитие теории систем массового обслуживания внесли А.К. Эрланг, А.Я. Хинчин, Б.В. Гнеденко, А.Н. Колмогоров, Е.С. Вентцель, Х. Таха, Т. Саати, А. Кофман, Р. Холл, Л. Липски, А.А. Боровков, Э.В. Минько, А.Э. Минько. Принципы и модели СМО применительно к системе предоставления государственных услуг рассматриваются в трудах В.А. Вертлиба, М.П. Фархадова.

Тем не менее, несмотря на значительное количество существующих исследований, недостаточно внимания уделяется подходам к обеспечению качества процесса предоставления ГМУ, основанным на инженерии знаний и теории систем массового обслуживания. При этом основной целью Стратегии развития информационного общества в РФ является создание условий для формирования в РФ общества знаний посредством создания условий для формирования пространства знаний и предоставления доступа к нему, совершенствования механизмов распространения знаний, их применения на практике в интересах личности, общества и государства. Помимо этого, недостаточно исследованными остаются вопросы управления качеством предоставления ГМУ в аспекте принятия оперативных, обоснованных и точных решений, оценки эффективности этих решений, основанных на применении интеллектуальных технологий. Это обуславливает необходимость исследования актуальной проблемы интеллектуальной ППР в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме.

Объектом исследования является процесс предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению качеством предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является повышение качества и эффективности процесса предоставления ГМУ в электронной форме на основе организации интеллектуальной поддержки принятия решений с применением теории систем массового обслуживания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать концепцию интеллектуальной ППР, основанную на методах управления качеством, методологии инженерии знаний и теории систем массового обслуживания.

2. Разработать онтологию ППР, отображающую логику представления знаний в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме как совокупности понятий, их свойств и отношений между ними.

3. Разработать метод управления знаниями, предназначенный для создания базы знаний (БЗ) на основе правил и прецедентов ПР в проблемных ситуациях для

интеллектуальной ППР в управлении качеством предоставления ГМУ в электронной форме, основанный на выполнении логических запросов и применении механизма логического вывода в онтологии. Разработать алгоритм интеллектуальной ППР, осуществляющий формирование рекомендаций для ПР в проблемных ситуациях, возникающих в процессе управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме.

4. Разработать модель процесса предоставления ГМУ в электронной форме с применением теории систем массового обслуживания, а также алгоритм выбора рациональной структуры системы массового обслуживания на основе имитационного моделирования.

5. Разработать методику оценки эффективности предоставления ГМУ в электронной форме на основе имитационного моделирования и системы нечеткого логического вывода (СНЛВ).

Научная новизна

1. Научная новизна предложенной концепции интеллектуальной ППР, основанной на методологии инженерии знаний, отличается применением метода непрерывного улучшения качества – системы циклов *PDCA-SDCA*, аналитического и имитационного моделирования СМО, что позволяет эффективно управлять качеством процесса предоставления ГМУ в электронной форме на системной основе, а также аккумулировать и использовать знания и опыт экспертов области государственного и муниципального управления и области искусственного интеллекта в проблемных ситуациях.

2. Научная новизна интегрированной онтологии ППР отличается модульной структурой семантической сети, что позволяет формировать рекомендации для ПР, осуществлять информационный поиск, а также обеспечивать коммуникацию между различными лицами, задействованными в предоставлении ГМУ. Онтология интегрирует в себе модели правил ППР и модели динамики предоставления услуг в электронном виде в форме описания систем массового обслуживания.

3. Научная новизна метода управления знаниями состоит в формировании встроенной в интегрированную онтологию базы знаний, состоящей из правил и прецедентов принятия решений в проблемных ситуациях, а также соответствующей установленным требованиям семантической целостности знаний, непротиворечивости, полноты, неизбыточности, непрерывности знаний, что позволяет обеспечивать обоснованность и точность принимаемых решений в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме.

4. Научная новизна алгоритма интеллектуальной ППР состоит в использовании для формирования рекомендаций базы нечетких правил и прецедентов, а также информационного поиска в интегрированной онтологии. Алгоритм позволяет обучать базу знаний посредством ввода новых правил и прецедентов принятия решений экспертами и оценивать эффективность принятых решений.

5. Научная новизна гибридной модели процесса предоставления ГМУ в электронной форме, представленной в виде аналитической и имитационной моделей систем массового обслуживания, позволяет оценить характеристики системы. Научная новизна алгоритма выбора рациональной структуры системы массового обслуживания состоит в применении онтологического анализа и имитационного моделирования, позволяющих выбрать структуру системы,

удовлетворяющую необходимым требованиям.

Методология и методы исследования

Результаты проведенных исследований основываются на методологии теории систем и системного анализа, теории ПР, теории СМО, теории нечетких множеств и нечеткой логики, методологии инженерии знаний, методах управления качеством, методах разработки интеллектуальных информационных систем, методах онтологического и объектно-ориентированного анализа.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическую и практическую значимость диссертационного исследования составляет алгоритм интеллектуальной ППР, осуществляющий формирование рекомендаций в условиях неопределенности в проблемных ситуациях, возникающих при управлении качеством предоставления ГМУ в электронном виде, с использованием информационного поиска в интегрированной онтологии, базы нечетких продукционных правил и прецедентов ПР в проблемных ситуациях. Практическую значимость представляет алгоритм выбора рациональной структуры системы массового обслуживания с применением онтологического анализа и имитационного моделирования, позволяющих выбрать такую структуру системы массового обслуживания, которая удовлетворяет необходимым требованиям. Практическую значимость также представляет методика оценки эффективности предоставления ГМУ, позволяющая на основе имитационного моделирования и СНЛВ оценить влияние управляющего воздействия в обратной связи на эффективность СМО посредством изменения значений параметров системы.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается актом внедрения в учебный процесс ФГБОУ ВО УГАТУ, а также актами внедрения в Филиал №2 Государственного учреждения – Региональное отделение Фонда социального страхования РФ по РБ и Управление земельных и имущественных отношений Администрации ГО г. Уфа РБ.

Положения, выносимые на защиту

1. Концепция интеллектуальной ППР в процессе предоставления ГМУ, предполагающая применение интеллектуальной поддержки принятия решений, основанной на методах управления качеством, методологии инженерии знаний и теории систем массового обслуживания (соответствует п. 10 паспорта специальности).

2. Интегрированная онтология поддержки принятия решений в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме, отображающая логику представления знаний в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме как совокупности понятий, их свойств и отношений между ними (соответствует п. 3 паспорта специальности).

3. Метод управления знаниями, включающий определение требований к БЗ, формирование БЗ на основе правил и прецедентов ПР в проблемных ситуациях и контроль соответствия БЗ установленным требованиям для интеллектуальной ППР в управлении качеством предоставления ГМУ в электронной форме. Алгоритм интеллектуальной ППР, осуществляющий формирование рекомендаций для ПР в проблемных ситуациях, возникающих в процессе управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме, с использованием базы нечетких правил и базы прецедентов ПР (соответствует п.п. 4, 10 паспорта специальности).

4. Модель процесса предоставления государственных (муниципальных) услуг в электронной форме с применением теории систем массового обслуживания и алгоритм выбора рациональной структуры системы массового обслуживания, осуществляемого на основе имитационного моделирования (соответствует п. 3 паспорта специальности).

5. Методика оценки эффективности предоставления государственных (муниципальных) услуг на основе имитационного моделирования и системы нечеткого логического вывода (соответствует п. 3 паспорта специальности).

Апробация результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: IX Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «Актуальные проблемы науки и техники» (Уфа, 2014); XX Международная научно-практическая конференция «Наука вчера, сегодня, завтра» (Новосибирск, 2015); XVII Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (Самара, 2015); IX Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения» (Уфа, 2015); Международная научно-практическая конференция «Приоритетные направления развития науки, техники и технологий» (Кемерово, 2016); Международная научная конференция теоретических и прикладных разработок «Научные разработки: евразийский регион» (Москва, 2019).

Связь темы исследования с научными программами

Работа выполнялась на кафедре технической кибернетики УГАТУ в период 2013–2018 гг. в рамках гранта РФФИ: №14-08-97023 «Интеллектуальная поддержка принятия решений при управлении инновационными проектами на основе обработки знаний и математического моделирования» (2014-2016 гг.).

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа включает в себя введение, четыре главы, заключение, библиографический список и приложения. Работа без библиографического списка и приложений изложена на 178 страницах машинописного текста. Библиографический список включает 140 наименований.

Публикации по теме диссертации

Основные результаты диссертационного исследования отражены в 16 работах, в том числе в 13 статьях, из них 5 – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ («Вестник УГАТУ», «Научное обозрение», «Информационные технологии», «Онтология проектирования», «Business Informatics» (журнал входит в базу Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science)), 1 – в издании, реферируемом ВИНТИ РАН, включенным в РИНЦ и международную базу Ulrich's Periodicals Directory, 7 тезисах докладов и трудах конференций, 2 свидетельствах о регистрации программы, 1 свидетельстве о регистрации электронного ресурса.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование актуальности темы исследования, степень разработанности темы, объект и предмет исследования, формулировка

цели и задач исследования, научная новизна и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе рассматривается нормативно-правовая база, в соответствии с которой в Российской Федерации осуществляется предоставление ГМУ в электронной форме, приводится анализ статистических данных, исследуются существующие в рассматриваемой предметной области проблемы. Отмечается, что в результате развития электронного правительства в Российской Федерации с каждым годом увеличивается количество предоставляемых электронных государственных и муниципальных услуг.

Вместе с тем, по итогам мониторинга качества перевода ГМУ в электронный вид, проведенного в 2016-2017 годах Министерством экономического развития РФ, была осуществлена оценка полноты и достоверности информации о порядке предоставления ГМУ. По результатам проверки, в среднем, полнота информации, размещенной на сайтах, составила 87%, а достоверность – 64%. Это невысокий показатель качества информации.

В ходе исследования выявлено, что существующие способы и подходы к организации процесса предоставления ГМУ в электронной форме не способны в полной мере охватить все присущие данному процессу закономерности, не учитывают наличие фактора неопределенности, характерного для исследуемого процесса, не обеспечивают в достаточной мере принятия необходимых мер для устранения выявленных в ходе проверок недостатков. В этой связи задача интеллектуальной ППР для управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме представляется весьма актуальной.

Во второй главе рассматриваются вопросы моделирования различных аспектов реализации процесса предоставления ГМУ в электронной форме, связанные с интеллектуальной ППР, и обеспечением его качества.

Предлагается общая концепция интеллектуальной поддержки принятия решений, предназначенной для обеспечения и повышения качества процесса предоставления ГМУ в электронной форме, которая основывается на методе непрерывного улучшения качества – системе циклов *PDCA-SDCA* и методологии инженерии знаний, а именно, на принципах управления знаниями.

Применение системы циклов *PDCA-SDCA* позволяет эффективно управлять качеством процесса предоставления ГМУ на системной основе. Управление знаниями же позволяет находить наиболее эффективные способы достижения поставленных целей для процесса и организации в целом и выполняет функции совершенствования деятельности. Процесс управления знаниями включен в качестве функции в последовательность деятельности по предоставлению ГМУ в соответствии с системой циклов *PDCA-SDCA*.

Цикл *PDCA* представляет собой процесс, в результате осуществления которого появляются новые стандарты. Полученные от цикла *PDCA* новые стандарты в цикле *SDCA* внедряются в процесс: проводятся требуемые изменения, далее осуществляется реальная деятельность, контролируются результаты предоставления ГМУ и проводятся требуемые корректирующие действия при отклонениях результатов. Таким образом, цикл *SDCA* используется для стандартизации процесса предоставления ГМУ, а *PDCA* – для его совершенствования.

Разработанная концепция интеллектуальной ППР содержит основные процессы цикла управления знаниями и включает визуальную объектно-ориентированную модель процесса предоставления государственных (муниципальных) услуг, онтологическую модель поддержки принятия решений и модель формирования правил, создание БЗ, что дает возможность аккумулировать и применять знания и опыт экспертов в проблемных ситуациях, возникающих в процессе предоставления ГМУ в электронной форме.

В рамках представленной концепции с целью обеспечения качества процесса предоставления ГМУ в электронной форме предлагается структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений, состоящая из отдельных функциональных компонентов, или модулей, обслуживающих функции принятия решений управляющими: онтология, построенная по модульному принципу; сформированная на основе онтологии БЗ, содержащая модуль правил и модуль прецедентов ПР; модуль выбора структуры СМО и адаптации параметров; модуль формирования рекомендаций по принятию решений на основе БЗ, СНЛВ, модуль имитационного моделирования.

В соответствии с методологией *Unified Modeling Language (UML)* разработан комплекс объектно-ориентированных моделей в виде специальных диаграмм, позволяющих создать концептуальное системное описание исследуемой предметной области: определить предъявляемые к ИСППР требования, описать функциональные возможности, концептуальную структуру и поведение ИСППР.

На основе объектно-ориентированных моделей в соответствии с дескрипционной логикой создана интегрированная онтология, представляющая собой целостную структурную спецификацию рассматриваемой предметной области, ее формализованное представление, включающее словарь терминов предметной области, а также логические выражения, которые описывают, как данные термины связаны друг с другом.

Созданную онтологию ППР в управлении качеством предоставления ГМУ можно представить как набор элементов:

$$Onto = \langle C, Pr, V, R, I, A, D \rangle,$$

где C – множество классов $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$; Pr – свойства классов (объектные свойства и свойства типов данных); V – значения свойств; R – множество отношений между классами $\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$; I – множество экземпляров класса $\{I_1, I_2, \dots, I_n\}$, которое устанавливается при помощи аксиом и установления конкретных свойств классов (фактов); A – множество аксиом $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$; D – множество алгоритмов логического вывода на онтологии $\{D_1, D_2, \dots, D_n\}$.

Структуру онтологии ППР можно представить в следующем в виде:

$$Onto = \langle Onto^{Meta}, Onto^{App}, InfF \rangle,$$

где $InfF$ – модели машин выводов, ассоциированных с онтологической системой $Onto$.

Метаонтология $Onto^{Meta}$ включает в себя такие универсальные понятия области управления знаниями, как «объект», «отношение», «атрибут», «значение» и т.п.

Предметная онтология $Onto^{App}$ имеет следующую структуру:

$$Onto^{App} = \langle Onto^{PMSDS}, Onto^{MSS} \rangle.$$

обслуживания заявки зависит от характера самой заявки и от состояния и возможностей обслуживающей системы. Структура обслуживающей системы определяется количеством и взаимным расположением каналов обслуживания.

Система предоставления государственных и муниципальных услуг представляет собой сложную многоканальную многофазную систему с неограниченной очередью, в которой может присутствовать как параллельное, так и последовательное обслуживание. Такие характеристики СМО, как среднее число заявителей в очереди и в системе, средняя продолжительность пребывания заявителя в очереди и в системе, исследуются с помощью аналитических и имитационных моделей в четвертой главе.

В третьей главе рассмотрены вопросы, связанные с формированием на основе созданной интегрированной онтологии базы знаний, содержащей правила и прецеденты принятия решений в проблемных ситуациях.

Одной из задач проводимых исследований является классификация проблемных ситуаций, возникающих в процессе управления качеством предоставления ГМУ и отображение множества задач ПР в проблемных ситуациях на множество правил ПР.

Правила, описывающие каузальные отношения, сформированы в *Protégé* на языке *SWRL* в виде дизъюнктов Хорна:

$$Rule: C_1(?x) \wedge C_2(?y) \wedge P_1(?x, ?y) \wedge C_3(?x, ?z) \rightarrow C_2(?z, ?y),$$

где $(C_1, C_2, C_3) \in C$; $P_1 \in P$; x, y – экземпляры или переменные; z – переменные или значения.

База знаний ИСППР содержит множество различных правил: правила оценки эффективности СМО, правила взаимодействия пользователя с ИСППР и др. В связи с этим правила объединены в блоки *Rules*: $KB = \bigcup \{Rules_j\}$, где KB – база знаний, $Rules_j$ – j -й блок правил. Формирование модуля правил, встроенных в интегрированную онтологию, показано на рисунке 2.

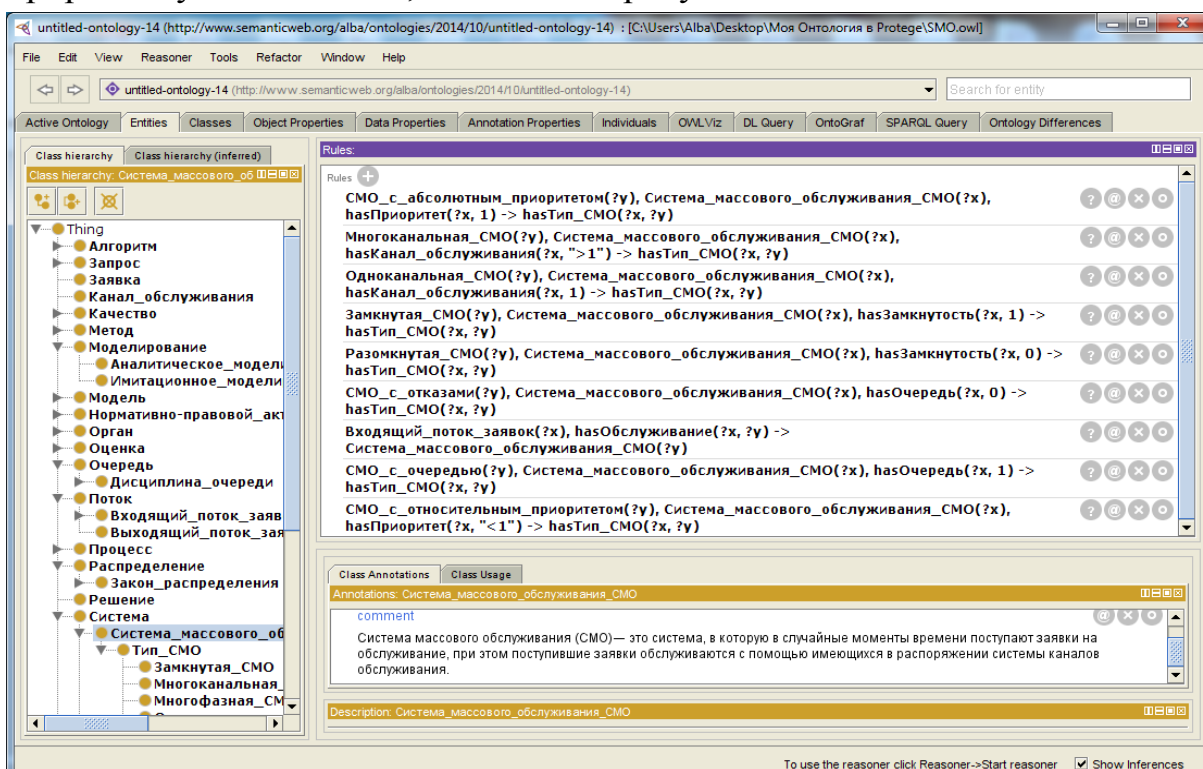


Рисунок 2 – Формирование правил принятия решений на основе онтологии

Тот или иной блок правил в БЗ отражает тот или иной класс проблемных ситуаций, возникающих в системе предоставления ГМУ. Такая структура правил позволяет ускорить поиск решений в БЗ.

Знания и опыт экспертов представляются в базе знаний также в форме прецедентов ПР в проблемных ситуациях.

Прецедент $Case_k$ есть совокупность следующих элементов:

$$Case_k = \langle Case_name_k, C_i, X_k^i, D_k, E_k \rangle,$$

где $Case_name_k$ – название прецедента (идентификатор); C_i – класс проблемной ситуации, к которой относится прецедент; X_k^i – множество значений признаков описания прецедента, относящегося к классу C_i ; D_k – подмножество управляющих решений, содержащихся в прецеденте; E_k – множество оценок эффективности принятых решений.

Информация о новой проблемной ситуации применяется для нахождения в базе прецедентов наиболее подходящего прецедента (прецедентов). Найденный прецедент применяется еще раз с целью получения решения новой проблемы (задачи). Затем предложенное решение, если это необходимо, может быть приспособлено к особенностям новой ситуации и использовано на практике. Если применение оказалось успешным, то проверенное решение вместе с разъяснением проблемной ситуации создает новый прецедент, который сохраняется в базе прецедентов. Для поиска прецедентов ПР в проблемной ситуации на основе метода ближайшего соседа (ближайших соседей) был разработан алгоритм поиска прецедентов, применяющий Евклидову метрику с целью определения степени сходства (близости) прецедентов из базы прецедентов ИСППР с текущей проблемной ситуацией.

Задачу принятия решения d^{PS} на основе совокупности решений, имеющих в обнаруженных в базе прецедентов k ближайших прецедентах, можно представить в виде кортежа:

$$d^{PS} = \langle D^{Case}, F, Sim^X, M, R^A \rangle,$$

с учетом $\xi = \{\xi_1, \dots, \xi_Z\}$, где: D^{Case} – набор альтернатив решений, имеющих в обнаруженных в базе прецедентов k ближайших прецедентах; F – набор критериев оценки альтернатив решений; Sim^X – совокупность значений близости между параметрами проблемной ситуации и параметрами прецедентов; M – набор методов, дающих возможность, согласно набору критериев F , получить воспроизведение набора альтернатив в совокупность векторных оценок результативности решений; R^A – совокупность решающих правил адаптации, формирующих отношения между значениями близости параметров проблемной ситуации и параметров прецедентов и действиями, вносящими корректировки в атрибуты классов решений; ξ – совокупность Z разновидностей среды решения задачи (нечеткая, вероятностная, детерминированная и пр.).

Благодаря представлению знаний в базе знаний в виде прецедентов, появляется возможность создать альтернативные модели типовых вариантов развития проблемных ситуаций и ПР и сохранить их в БЗ.

Для формирования БЗ предложен метод управления знаниями, который включает совокупность операций по разработке интегрированной онтологии ППР по управлению качеством предоставления ГМУ, формированию правил и прецедентов ПР в онтологии, проверке соответствия базы знаний требованиям

семантической целостности, полноты, непротиворечивости, избыточности и непрерывности, преобразованию детерминированных правил в нечеткие, имитационному моделированию.

Для оказания информационной поддержки принятия решений на уровне терминологии предметной области, а также поиска необходимых правил в *Protégé* используется модуль информационного поиска, позволяющий извлекать информацию из онтологии на основе запросов к данным на языке *SPARQL*. При помощи *SPARQL*-запросов можно определить связи между понятиями (классами онтологии) или определить множество понятий, удовлетворяющих определенным критериям. Пример запроса, позволяющего найти в онтологии функциональные требования к ИСППР для управления качеством предоставления ГМУ, представлен на рисунке 3.

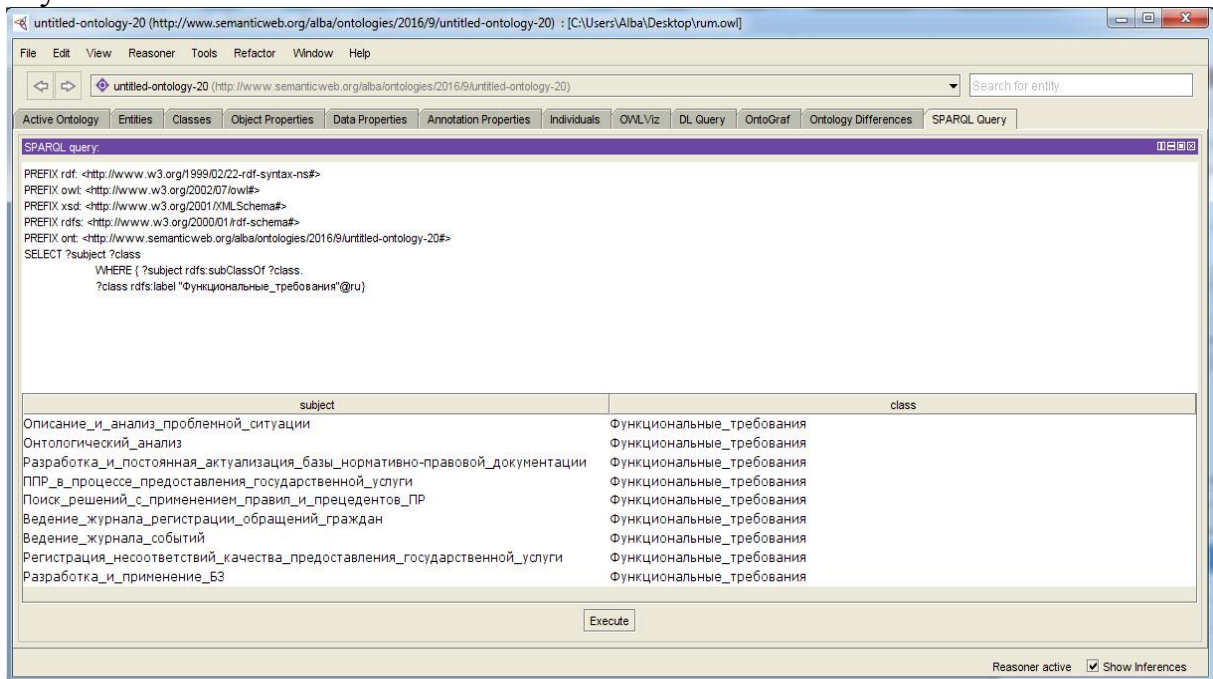


Рисунок 3 – Пример запроса к онтологии

Анализ системы предоставления государственных и муниципальных услуг показал, что принятие решений происходит в условиях неопределенности. Учет фактора неопределенности требует изменения подходов к поддержке принятия решений при управлении качеством предоставления ГМУ: изменяются формы представления исходных данных, используются специальные методы оперирования с нечеткой информацией, оптимизации и представления результатов. В контексте данного исследования для решения задач подобного типа, характеризующихся неопределенностью и нечеткостью необходимой для принятия решений информации, предложено развитие представление знаний об управлении качеством предоставления ГМУ от детерминированной модели представления знаний к нечеткой, на основе теории нечетких множеств Лотфи А. Заде. С целью адекватного представления знаний и опыта экспертов, характеризующихся, как и все человеческие рассуждения, неопределенностью лингвистического типа, предложено расширить детерминированную форму представления правил принятия решений в онтологии до нечетких правил в модели *Takagi-Sugeno-Kang (TSK)* в системе нечеткого логического вывода:

$$R_i : \text{Если } x_1 \text{ есть } A_1^i \text{ и } x_2 \text{ есть } A_2^i \text{ и } \dots \text{ и } x_n \text{ есть } A_n^i \text{ то } y_i = f(x_1^1, \dots, x_i^n),$$

где R_i – i -е правило ($i=1, 2, \dots, K$); x_j – ($j=1, 2, \dots, n$) – входные переменные; A_j^i – нечеткие подмножества, определенные при помощи гауссовых функций принадлежности; y_i – выход i -го правила.

Свойства классов сущностей в описании проблемных ситуаций преобразуются в нечеткие свойства, значения которых есть лингвистические переменные, описанные набором вида $L = \langle W, T, X, G, M \rangle$, где W – наименование лингвистической переменной; T – множество ее значений (терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является множество X ; G – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества T ; M – семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в нечеткую переменную, т.е. сформировать соответствующее нечеткое множество.

Разработан алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений в проблемных ситуациях, возникающих при управлении качеством предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме. Данный алгоритм с использованием нечеткой базы правил осуществляет процедуру поиска решений на основе нечетких правил принятия решений, сформированных в онтологической базе знаний, а также прецедентов принятия решений. Используя систему нечеткого логического вывода, данный алгоритм позволяет реализовать формирование рекомендаций для принятия решений в проблемных ситуациях.

В четвертой главе приводится описание аналитического и имитационного моделирования процесса предоставления государственных и муниципальных услуг, рассматриваемого как система массового обслуживания, для анализа характеристик процесса, выявления узких мест в нем и формирования предложений по повышению эффективности работы системы предоставления государственных и муниципальных услуг.

Разработан алгоритм моделирования и выбора рациональной структуры СМО с применением онтологического анализа, который содержит три цикла. Во *внутреннем цикле* имитируется процесс функционирования моделируемой СМО на интервале времени $[0, T_M]$. В *промежуточном цикле* организуется N -кратное повторение прогона модели, позволяющее после соответствующей статистической обработки результатов судить об оценках характеристик моделируемой структуры СМО. *Внешний цикл* охватывает оба предшествующих цикла и организует поиск оптимальных структур, алгоритмов и параметров СМО. Осуществляется проверка удовлетворительности полученных оценок характеристик процесса функционирования СМО $\overline{p_i^{(k)}}(t)$ требуемым, т.е. осуществляется проверка того, найдена ли рациональная, т.е. наилучшая по оцениваемым характеристикам структура СМО. Если наилучшая структура найдена, то все данные по ней заносятся в базу знаний. В данном цикле осуществляется изменение структуры, алгоритмов и параметров СМО на уровне установки параметров системы для очередной k -й структуры СМО. Здесь в случае необходимости могут быть изменены параметры: количество каналов C , количество фаз F , вид СМО V , ограничения O .

Данный алгоритм на основе имитационного моделирования позволяет построить СМО определенной структуры с требуемыми характеристиками, которая

в случае необходимости позволяет изменять и структуру системы, и ее параметры и при этом позволяет найти удовлетворяющий требованиям оптимальный вариант СМО. Для того, чтобы из нескольких вариантов СМО выбрать наилучший, предлагается использовать метод экспертных оценок – метод аналитической иерархии.

Оценка вариантов СМО осуществляется по следующим критериям, влияющим, в конечном счете, на эффективность процесса предоставления государственных и муниципальных услуг: технические характеристики (время обслуживания заявок, пропускная способность каналов обслуживания, время простоя каналов обслуживания, вероятность обслуживания заявок); экономические характеристики (стоимость реализации СМО, затраты на техническое обслуживание, затраты на сопровождение системы); характеристики надежности СМО (вероятность безотказной работы системы, вероятность восстановления работоспособного состояния системы).

Разработана система нечеткого логического вывода в среде *MATLAB* в подсистеме *Fuzzy Logic Toolbox*. Для определения эффективности системы массового обслуживания определены 3 входных лингвистических переменных: *ServiceTime* (время обслуживания), *ServiceQuality* (качество обслуживания), *ResourceCost* (затраты ресурсов на обслуживание) и одна выходная переменная – *Efficiency* (эффективность системы массового обслуживания).

Разработана модель, позволяющая провести оценку эффективности СМО на основе разработанной системы нечеткого логического вывода (рисунок 4).

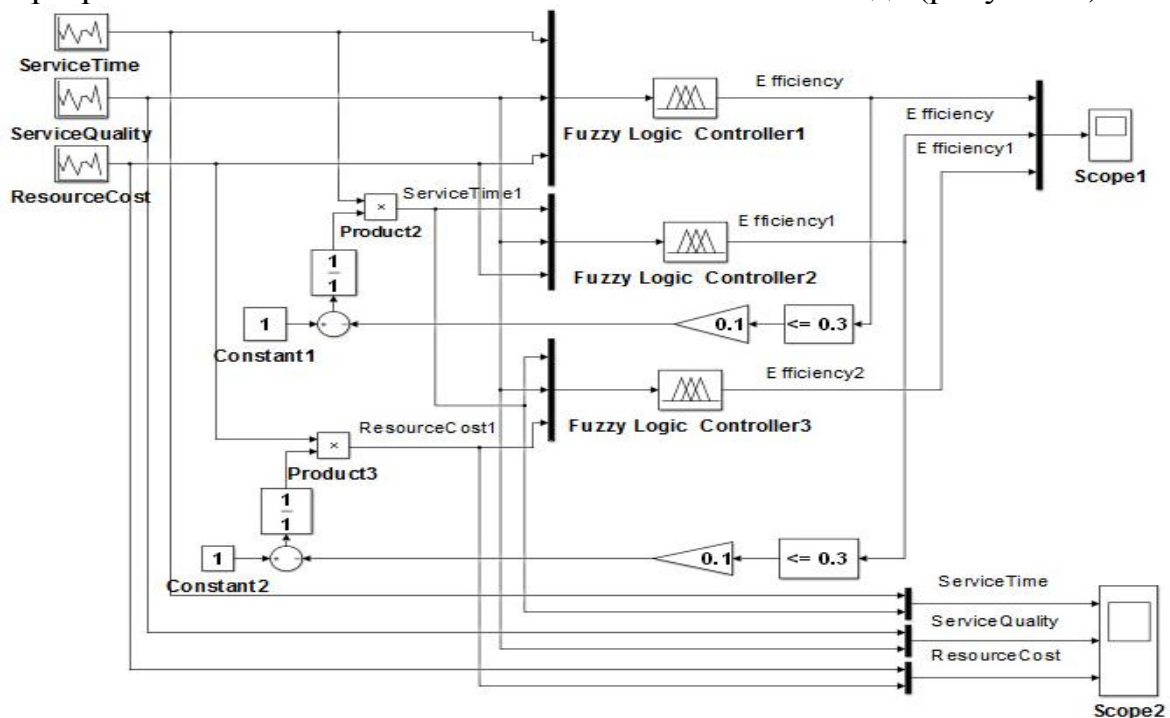


Рисунок 4 – Схема модели оценки эффективности СМО

Разработанная модель содержит две обратные связи, которые предназначены для осуществления управляющего воздействия на время обслуживания и затраты ресурсов на обслуживание. Модель при эффективности ниже 0,3 (ниже 30%), т.е. при низкой эффективности СМО, поэтапно уменьшает значения двух входных переменных на 10%: времени обслуживания и затрат ресурсов на обслуживание, – с целью повышения эффективности СМО.

Разработанная модель позволяет оценить влияние управляющего воздействия

в обратной связи на эффективность системы массового обслуживания посредством изменения значений таких параметров системы, как время обслуживания и затраты ресурсов на обслуживание. Результаты моделирования показали, что управляющее воздействие оказывает положительное влияние на эффективность системы и позволяет повысить ее до требуемого уровня. На основе указанной модели, позволяющей оценить влияние управляющего воздействия в обратной связи на эффективность СМО на основе разработанной СНЛВ, разработана методика оценки эффективности СМО.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе поставлена и решена научно-техническая задача, связанная с повышением качества и эффективности процесса предоставления ГМУ в электронной форме, – это интеллектуальная поддержка принятия решений на основе онтологического анализа и теории систем массового обслуживания.

В ходе проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Проведен анализ результатов исследований в области решения проблемы обеспечения качества и эффективности процесса предоставления ГМУ в электронной форме. Обоснована необходимость оказания интеллектуальной ППР для данного процесса. Разработана концепция интеллектуальной ППР, основанная на методологии инженерии знаний, отличающаяся применением метода непрерывного улучшения качества – системы циклов *PDCA-SDCA*, аналитического и имитационного моделирования СМО, что позволяет эффективно управлять качеством процесса предоставления ГМУ в электронной форме на системной основе, а также аккумулировать и использовать знания и опыт экспертов области государственного и муниципального управления и области искусственного интеллекта в проблемных ситуациях.

2. Разработана интегрированная онтология поддержки принятия решений, отличающаяся модульной структурой семантической сети, позволяющая формировать рекомендации для принятия решений, осуществлять информационный поиск, а также обеспечивать коммуникацию между различными лицами, задействованными в предоставлении ГМУ в электронной форме. Онтология интегрирует в себе модели правил ППР и модели динамики предоставления услуг в электронном виде в форме описания систем массового обслуживания.

3. Разработан метод управления знаниями, включающий определение требований к БЗ, формирование БЗ на основе правил и прецедентов ПР в проблемных ситуациях и применение БЗ для ППР, основанный на выполнении логических запросов и применении механизма логического вывода в онтологии. База знаний, встроенная в интегрированную онтологию, и соответствующая установленным требованиям семантической целостности знаний, непротиворечивости, полноты, неизбыточности, непрерывности знаний, позволяет обеспечивать точность и обоснованность принимаемых решений в области управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме. Разработан алгоритм интеллектуальной ППР, осуществляющий формирование рекомендаций для ПР в проблемных ситуациях, возникающих в процессе управления качеством предоставления ГМУ в электронной форме, в условиях неопределенности с использованием базы нечетких правил и базы прецедентов ПР в проблемных ситуациях, а также информационный поиск в интегрированной онтологии.

Алгоритм позволяет обучать базу знаний посредством ввода новых правил и прецедентов принятия решений экспертами и оценивать эффективность принятых решений.

4. Разработана гибридная модель процесса предоставления ГМУ в электронной форме, отличающаяся применением теории массового обслуживания, представленная в виде аналитической и имитационной моделей систем массового обслуживания, позволяющая оценить характеристики системы. Разработан алгоритм выбора рациональной структуры системы массового обслуживания, состоящий в применении онтологического анализа и имитационного моделирования, и позволяющий выбрать структуру системы, удовлетворяющую необходимым требованиям.

5. Разработана методика оценки эффективности предоставления ГМУ, заключающаяся в применении модели оценки эффективности системы массового обслуживания на основе имитационного моделирования и СНЛВ, позволяющей оценить влияние управляющего воздействия в обратной связи на эффективность СМО посредством изменения значений параметров системы.

ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. **Галиуллина А.Ф.**, Сильнова С.В., Черняховская Л.Р. Оценка эффективности управления производственным процессом с применением имитационного моделирования на основе систем массового обслуживания // Вестник УГАТУ. – Уфа: УГАТУ, 2015. – Т. 19, № 1 (67). – С. 115–122.

2. **Галиуллина А.Ф.** Моделирование процесса предоставления государственных услуг // Научное обозрение. – 2015. – №22. – С. 253–263.

3. Черняховская Л.Р., Гвоздев В.Е., **Галиуллина А.Ф.** Поддержка принятия решений для оценки качества предоставления государственных услуг с применением онтологического анализа // Онтология проектирования. – Самара: Новая техника, 2016. – Т. 6, №2 (20). – С. 193–204.

4. Черняховская Л.Р., **Галиуллина А.Ф.**, Сабитов И.И. Оценка эффективности предоставления государственных услуг с использованием системы нечеткого логического вывода // Информационные технологии. – 2016. – Т. 22, №8. – С. 563–568.

5. Chernyakhovskaya L.R., **Galiullina A.F.** Development of requirements for a decision support system aimed at quality assessment of public services provided based on the ontological approach // Business Informatics. – 2017. – No. 1 (39). – P. 36–47.

В других изданиях

6. **Галиуллина А.Ф.** Имитационное моделирование деловых процессов как систем массового обслуживания // Актуальные проблемы науки и техники. Девятая Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Том 1. Информационные и инфокоммуникационные технологии. Сборник трудов / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2014. – С. 226–230.

7. **Галиуллина А.Ф.** Аналитическое моделирование деловых процессов как систем массового обслуживания для оценки их показателей эффективности // Наука вчера, сегодня, завтра / Сб. ст. по материалам XX междунар. науч.-практ. конф. – № 1 (18). – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. – С. 11–15.

8. Управление реализацией инновационных проектов на основе методов интеллектуальной поддержки принятия решений / Черняховская Л.Р., Гвоздев В.Е., **Галиуллина А.Ф.**, Малахова А.И., Ровнейко Н.И. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конференции (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия) / Под ред.: акад. Е.А. Федосова, акад. Н.А. Кузнецова, проф. В.А. Виттиха. – Самара: Самарск. науч. центр РАН, 2015. – С. 414–418.

9. **Галиуллина А.Ф.** Онтология управления качеством предоставления государственных услуг // Мавлютовские чтения: Материалы IX Всероссийской молодежной научной конференции: В 3 т. Том 2 / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2015. – С. 692–695.

10. **Галиуллина А.Ф.** Выбор структуры системы массового обслуживания по результатам моделирования процесса предоставления государственных услуг с применением экспертного метода // Мавлютовские чтения: Материалы IX Всероссийской молодежной научной конференции: В 3 т. Том 3 / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2015. – С. 1004–1007.

11. **Галиуллина А.Ф.** Поддержка принятия решений для управления качеством предоставления государственных услуг // Научная мысль. – 2016. – №1. – С. 142–153.

12. Черняховская Л.Р., **Галиуллина А.Ф.** Разработка системы нечеткого логического вывода для оценки эффективности массового обслуживания при предоставлении государственных услуг // Приоритетные направления развития науки, техники и технологий: сборник материалов Международной научно-практической конференции (29 февраля 2016 года), Том II – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. – С. 208–214.

13. **Галиуллина А.Ф.**, Черняховская Л.Р., Галиуллин А.Ф. Концепция интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении качеством предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме // Научные разработки: евразийский регион: материалы международной научной конференции теоретических и прикладных разработок (г. Москва, 16 марта 2019 г.). / отв. ред. Д.Р. Хисматуллин. – Москва: Издательство Инфинити, 2019. – С. 161–170.

Объекты интеллектуальной собственности

14. Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2015610861. Моделирование систем массового обслуживания / Черняховская Л.Р., **Галиуллина А.Ф.**, Сабитов И.И. Зарег. 20.01.2015 г. М.: Роспатент, 2015.

15. Свид-во о регистрации электронного ресурса №21272. Алгоритм поиска рациональной структуры системы массового обслуживания с применением онтологического анализа и имитационного моделирования / Черняховская Л.Р., **Галиуллина А.Ф.** Зарег. 27.10.2015 г. Хроники Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование», 2015. №10 (77). С. 74.

16. Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018619204. Программа поиска ближайших прецедентов с расчетом мер сходства / Атнабаева А.Р., Мулюков Р.Р., Черняховская Л.Р., **Галиуллина А.Ф.** Зарег. 02.08.2018 г. М.: Роспатент, 2018.