

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

На правах рукописи



Ташкин Артём Олегович

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА С
ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ФОЛКСОНОМИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

2.3.4. Управление в организационных системах

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент,
Голлай Александр Владимирович

Челябинск – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, АББРЕВИАТУР И ТЕРМИНОВ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПОДХОДОВ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА.....	22
1.1 Обзор структур организационных систем управления городским хозяйством	22
1.2 Анализ средств поддержки принятия решений в управлении городским хозяйством	25
1.3 Анализ подходов в управлении состоянием доступности ОСИ для МГН в организационных системах	30
1.4 Применение систем поддержки принятий решений в управления социальной инфраструктурой.....	32
1.5 Анализ проблемы информационной доступности данных об ОСИ для МГН.....	37
1.6 Анализ разработок в области информационных систем для МГН....	41
1.7 Анализ СППР управления доступностью ОСИ и геоинформацион- ных систем для МГН.....	46
1.8 Требования к функционалу СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	56
1.9 Применение геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений для МГН	62
1.10 Фолксномический подход в разработке СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	64
1.11 Анализ моделей поддержки принятия решений при управлении доступностью ОСИ	69
1.12 Подходы и алгоритмы структуризации социально-ориентированных данных о доступности ОСИ для МГН	71
1.13 Выводы по главе 1	75

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА.....	77
2.1 Алгоритмы и схемы поддержки принятия решений в управления доступностью ОСИ для МГН.....	77
2.2 Концептуальная модель совершенствования процесса управления доступностью социальной инфраструктуры для МГН	82
2.3 Модель обработки фолксномических данных о доступности социальной инфраструктуры с помощью теории АФП.....	85
2.4 Онтологическая модель системы управления доступностью ОСИ для МГН	91
2.5 Методы классификации и структуризации разнородных данных.....	95
2.6 Математическая модель формирования онтологии на основе теории АФП и ГИС-технологий.....	101
2.7 Математическая модель назначения ролей пользователей СППР их полномочий доступа к данным.....	109
2.8 Обзор основных критериев оценки эффективности методов информационной поддержки при управлении состоянием социальной инфраструктуры для МГН.....	112
2.9 Методы оценки эффективности программно-технической составляющей СППР.....	115
2.10 Выводы по 2 главе	119
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ СППР УПРАВЛЕНИЯ ДОСТПНОСТЬЮ ОСИ ДЛЯ МГН	121
3.1 Разработка и реализация СППР управления доступностью ОСИ для МГН в виде комплекса программных продуктов	121
3.2 Информационно-аналитический модуль.....	133
3.3 Модуль виртуальных трехмерных панорам.....	135
3.4 Модуль социальной сети.....	140
3.5 Оценка программно-технической эффективности разработанной СППР	142
3.6 Аналитическая модель программно-технической составляющей СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	149

3.7	Имитационная модель оценки качества СППР управления доступностью ОСИ для МГН с помощью теории СМО	152
3.8	Компьютерная реализация имитационной модели СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	161
3.9	Выводы по главе 3	164
ГЛАВА 4. АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ В ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ДОСТУПНОСТЬЮ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ГОРОДЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКЕ		
4.1	Результаты испытаний моделей и алгоритмов, эксплуатации программной реализации СППР в условиях города Ханты-Мансийска...	168
4.2	Результаты внедрения СППР управления доступностью ОСИ для МГН в структуру муниципального управления города Ханты-Мансийска.....	172
4.3	Адекватность используемых методов и технологий в разработке СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	185
4.4	Анализ эффективности разработанной системы в условиях города Ханты-Мансийска, оценка влияния на качество управления доступностью ОСИ для МГН.....	190
4.5	Повышение эффективности функционирования разработанной СППР управления доступностью ОСИ для МГН.....	199
4.6	Перспективные направления улучшения разработанной системы интеллектуальной поддержки в организационных системах управления социальной инфраструктурой	202
4.7	Выводы по главе 4.....	204
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ		205
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		207
ПРИЛОЖЕНИЕ 1		226
ПРИЛОЖЕНИЕ 2		227
ПРИЛОЖЕНИЕ 3		228

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, АББРЕВИАТУР И ТЕРМИНОВ

Сокращения:

ОСИ - Объект социальной инфраструктуры, физическое представление объекта (строение, сооружение, тротуар и др.)

ГИС - Географическая информационная система

СППР - Система поддержки принятия решения

МГН - Маломобильные группы населения

СМО - Система массового обслуживания

ИС - Информационная система

ПрО - Предметная область

СУБД - Система управления базами данных

АФП - Анализ формальных понятий

ОАД - Онтологический анализ данных

ОСС - «Ограничения существования» свойств

БСС - Базовые семантические суждения

ИАМ - Информационно-аналитический модуль

ЭВМ - Электронно-вычислительная машина

БД - База данных

ГП – Государственная программа

СППР для МГН, СППР управления доступностью ОСИ для МГН, СППР управления доступностью ОСИ и другие формулировки принимать как «Система поддержки принятия решений в сфере управления доступностью объектов социальной инфраструктуры для маломобильных групп населения»

Обозначения:

O – множество ОСИ

P – множество признаков объектов

U – множество субъектов (пользователей)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Значительную часть современного общества составляют маломобильные группы населения (далее МГН). Данная категория граждан ограничена в перемещении и испытывает проблемы взаимодействия с социальной инфраструктурой: в первую очередь это лица с ограниченными возможностями (инвалиды), составляющие по данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) более 15% населения мира, а также лица, перемещающиеся, например, с багажом или коляской. Исследователи выделяют три основные проблемы взаимодействия МГН с социальной инфраструктурой: первая связана с физическими барьерами объектов социальной инфраструктуры (далее ОСИ), вторая заключается в недоступности информации об ОСИ, а третья включает ряд социальных проблем, вызванных отношением к МГН внутри общества. Вопросам изучения социальной инфраструктуры уделено внимание со стороны таких ученых, как Дж. Гэлбрейт, П. Самуэльсон, А. Хиршман, М. Олсон, Ж. Тироля, Ж.Т. Тощенко, М.Г. Николаев, О.В. Согачева, О.И. Радина.

В цивилизованном мире уделяется значительное внимание проблеме создания безбарьерной среды и улучшению качества жизни МГН, в том числе со стороны с федеральных и муниципальных органов власти в Российской Федерации, создающих федеральные законы и реализующих федеральные целевые программы (ФЗ и ФЦП), направленные на принятие управленческих решений проблем в области обеспечения доступности ОСИ для МГН. Проблематика поддержки принятия решений в системах управления отражена в работах Т. Демарко, Т. Листера, В.Н. Буркова, О.Н. Ильиной, Е.В. Коновальчука, Д.А. Новикова, В.И. Воропаева, А.В. Будыльского, Дж. Сазерленда, К. Швабера, М. Кона, В.М. Белова, С.С. Гусева, А.А. Захаровой, А.В. Чувакова, С.В. Поршнева, Т.В. Авдеенко, L. Veus-Dukic, I.L. Lampra, A. de G. Contessoto, A.R. Amorim, S. Moorthy, P. Heck, A. Zaidman, G. Lucassen, F. Dalpiaz, S. Brinkkemper и др.

Эффективность решений управления городским хозяйством в области обеспечения доступности социальной инфраструктуры и информационной

поддержке МГН может быть повышена за счет использования электронных карт городских территорий и ОСИ (цифровой город) и геоинформационных технологий. Большой вклад в решение задач управления территориями, идентификации пространственных объектов и развитие геоинформационных технологий внесли такие ученые как В.В. Сергеев, Ю.Г. Васин, В.С. Титов, В.В. Еремеев, А.В. Кошкарев, А.А. Варламов, С.А. Гальченко, Д.А. Шаповалов, А.П. Сизов, В.С. Тикуннов, А.В. Бакланов, Г. Бобински, Н.И. Глумов, М. Н. ДеМерс, Ю.Д. Зраенко, А.В. Кошкарёв, Б.Г. Литвак, О.В. Логиновский, Э. Митчелл, В.М. Мишин, А.И. Орлов, В.П. Раклов, Р. Томлинсон, А.Л. Федотов, А.В. Чернов и др. Разновидность социально-ориентированных систем для МГН, использующих в качестве основного инструмента визуализации геоинформационные средства, в ряде исследований называются картами доступности (Disabled maps). Также существуют системы поддержки принятия решений (СППР), используемые органами власти в качестве инструмента информационной поддержки при управлении доступностью ОСИ. Анализ современных разработок в данной области показывает, что требования к подобным ресурсам плохо формализованы, проекты изолированы и несвязны, отсутствует единая база данных, интерфейсы систем не стандартизированы, используются различные картографические основы. Проблема совершенствования существующей системы управления городским хозяйством в области управления доступностью ОСИ требует выработки методов получения и обработки информации о городской среде, совместной обработки пространственных и социально-экономических данных для обеспечения поддержки принятия решений.

Большой вклад в теорию автоматического управления внесли ученые: Дж. Максвелл, И.А. Вышнеградский, А.М. Ляпунов, Б.А. Петров, Е.П. Попов, А.А. Красовский, Г.С. Поспелов, А.С. Шаталов, В.В. Солодовников, А.И. Кухтенко, А.А. Фельдбаум, В.М. Кунцевич, В.С. Пугачев, В.Г. Болтянский и многие другие. Проблемой управления экономическими системами занимались: Б. Пирсон, М.Х. Мескон, А.М. Новиков, И.Ю. Квятковская, Н.И. Астахова, Г.И. Москвитина.

Огромные объемы данных, архивы структурно-геометрических форм объектов картографического пространства, сложность географического ориентирования, обязательность учета в вычислениях количественных атрибутов (тип здания, назначение, параметры доступности и др.), а как следствие, проблематичность анализа данных определяют значительные затраты времени на выработку управленческих решений, что требует применения средств автоматической обработки и анализа, инструментов интеллектуальной поддержки. Вопросы создания моделей информационных систем, описаны в трудах ученых А.Н. Колмогоров, А.М. Ляпунов, С.В. Яблонский, В.М. Вдовин, А. И. Михайлов, Edgar F. Codd, М.Р. Когаловский.

Процесс поддержки принятия решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН включает предварительную обработку данных, классификацию задач управления, управляющее воздействие, объект управления, результат воздействия и обратную связь от объекта управления, выраженную в виде реакции от МГН, представляющую набор текстовых, графических, количественных, качественных и иных неструктурированных социально-экономических данных, в связи с чем актуальна проблема разработки методов структуризации подобных наборов данных. Проблемой управления данными информационных систем занимались ученые: М.К. Румизен, В.М. Глушкова, Ю.А. Шрейдер, К. Вииг, Р.Ф. Гиляревский, Л.С. Козачкова, К. Ньюэлл, Д. Смит, А.Л. Гапоненко, И. Нонаки, Х. Такеучи, Б.З. Мильнер, А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский. Для анализа и структуризации социально-экономических данных, объектно-признакового представления недостаточно. Необходимы методы, учитывающие фолксономическую структуру данных, как правило, состоящую из трёх множеств: $O = \{o_i\}_{i=1}^I$ – множество объектов, $P = \{p_j\}_{j=1}^J$ – множество признаков, $U = \{u_n\}_{n=1}^N$ – множество пользователей, генерирующих множества объектов и признаков. Применение онтологических моделей представления данных отражено в трудах P. Fitsilis, V. Gerogiannis, L. Anthopoulos, Y. Lin, V. Hilaire, N. Gaud, A. Koukam, J. Werewka, P. Szwed, G. Rogus, M. Adnan, M. Afzal и др. Вопросы применения онтологии к

автоматической обработке данных исследовались в трудах российских и зарубежных исследователей П. Воссена, Ю.А. Загорулько, Б. Магнини, А.С. Нариньяни, О.А. Невзоровой, С. Ниренбурга, В. Раскина, В.Ш. Рубашкина, М.Г. Мальковского, G. Miller, X. Феллбаум, T.R. Gruber. В качестве методологической основы в области управления знаниями в социальных и экономических системах, онтологического инжиниринга и использованы труды ученых: N. Xiong, A. Aamodt, M. Nilsson, M. Sollenborn, N. Guarino, В.Н. Юдина, П.Р. Варшавского, А.М. Новикова, Т.А. Гавриловой, И.В. Захаровой, А.Ф. Тузовского, В.И. Хабарова, В.Ф.Хорошевского. Фолксономические структуры данных могут быть организованы с помощью теории анализа формальных понятий (АФП). В работах Загорулько Ю.А. Загорулько, Г.Б. Загорулько, В.А. Виттиха, П.В. Ситникова, А. М.Коллинз, М.Р. Киллиан, Э. Ф. Лофтус, Тим Бернерс-Ли, Джим Хендлер, Ф. Симиано, А. Хотхо и др. описаны возможности применения методов анализа и структуризации данных, в том числе, организованных по принципу фолксономии, для поддержки принятия решений в системах управления. Развитию теории АФП способствовали труды ученых, таких как: R. Wille, В.Ganter, G. Birkhoff, M. Barbut, В. Monjardet, O. Ore, J. Poelmans, С. Carpineto, G. Romano, G. Stumme, S.Doerfel, R. Jäschke, С.О. Кузнецов, И.Д. Виноградов, А.А. Незнанов, С.И. Гуров. Задачи классификации пространственных объектов в цифровой среде, а также структуризация социально-экономических данных от МГН, организованных по принципу фолксономии, можно считать одними из ключевых задач для принятия решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН.

Анализ научных публикаций по теме исследования позволяет утверждать, что, несмотря на значительное количество работ, непосредственно посвященных структуризации социально-ориентированных и данных с целью информационной поддержки в ходе принятия управленческих решений, вопрос разработки моделей и алгоритмов систем поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН остается недостаточно проработанным. Разработка и создание алгоритмов анализа и структуризации фолксономических данных, их обработки для поддержки процесса принятия

решений, с помощью онтологических моделей на основе теории анализа формальных понятий представляет научный интерес и требует детального исследования. Обращает на себя внимание также недостаточная изученность вопросов, связанных со спецификой в области управления данными, направленными на повышение уровня доступности ОСИ для МГН. Разработка и реализация СППР управления социальной инфраструктурой города для МГН с применением геоинформационных технологий и фолксономического подхода, представляет собой научно-техническую проблему, разрешение которой позволит ускорить процесс, повысить качество и эффективность принятия управленческих решений в сфере обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН и, как следствие, обеспечить повышение уровня жизни в России, развитие социально-экономического сектора и цифровой среды.

Цель диссертационного исследования: повышение эффективности процесса управления городским хозяйством в области обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН за счет исследования и разработки моделей и алгоритмов поддержки принятия решений и реализации на их основе СППР управления доступностью ОСИ для МГН с применением геоинформационных технологий и фолксономического подхода, а также создание имитационных моделей для проверки качества работы.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи исследования:**

1. Анализ существующих подходов, методов и технологий, используемых для поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности социальной инфраструктуры города, исследование разработок управления доступностью ОСИ для МГН, определение классов разработок, формализация требований к функционалу СППР.

2. Выбор адекватных методов, направленных на обеспечение поддержки процесса управления состоянием доступности социальной инфраструктуры для

МГН на основе социально-экономических пространственно-ориентированных, картографических, семантических и фолксономических данных.

3. Разработка концептуальной модели и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе выбранных методов обработки и структуризации фолксономических данных с помощью теории анализа формальных понятий и визуализации посредством геоинформационных технологий.

4. Реализация системы поддержки принятия решений в сфере управления состоянием доступности социальной городской среды для МГН, применение разработанных математических моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки.

5. Апробация и исследование эффективности и качества функционирования разработанной системы поддержки принятия решений в сфере управления состоянием доступности социальной инфраструктуры для МГН на практическом примере в г. Ханты-Мансийске, а также с помощью создания имитационных моделей.

6. Внедрение разработанной системы поддержки принятия решений в процесс управления городским хозяйством г. Ханты-Мансийска в области обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН, исследование результатов внедрения.

Объект исследования – комплексный процесс поддержки принятия решений в области управления городским хозяйством и обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН.

Предмет исследования – методы, модели и алгоритмы информационной поддержки с применением ГИС-технологий и фолксономического подхода, а также их практическое использование для создания системы поддержки принятия решений управления доступностью ОСИ и оценки эффективности внедрения.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Выполнен анализ структур управления в организационных системах городского хозяйства, а также существующих подходов, методов и технологий, используемых на практике для поддержки принятия решений в сфере управления состоянием доступности социальной инфраструктуры города. Произведен анализ разработок в области управления доступностью ОСИ для МГН, определены классы разработок, описаны требования к необходимому функционалу.

2. Определены ключевые потребности в области поддержки принятия решений по обеспечению доступности ОСИ на различных уровнях управления городским хозяйством. Обоснован выбор технологий и методов извлечения, анализа и классификации социально-экономических, пространственно-ориентированных, семантических и фолксономических данных для информационной поддержки и повышения эффективности управления социальной инфраструктурой города.

3. Разработан новый алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений на основе совместного применения, совершенствования и адаптации технологий и методов обработки, структуризации и визуализации разнородных данных. Создана концептуальная модель системы поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН, отражающая декомпозицию элементов системы, связи и потоки данных.

4. Предложен подход к модернизации существующей организационной системы управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН посредством разработки новых интерфейсов поддержки принятия решений в рамках предложенной концептуальной модели СППР. Разработаны новые математические модели представления и структуризации фолксономических данных, предложена архитектура и математическая модель функционирования СППР.

5. Разработана программная реализация системы поддержки принятия решений на основе применения сервисно-ориентированной архитектуры, разработанных моделей и алгоритмов, позволяющая увеличить качество,

оперативность и эффективность принимаемых решений при управлении доступностью ОСИ для МГН.

6. Созданы компьютерные имитационные модели для проведения экспериментов, определяющих качество программного продукта, отражающие алгоритм функционирования разработанной СППР в виде СМО. Проведено исследование функциональной эффективности программно-технических средств реализации СППР, получены показатели значений для различных параметров, проведена оптимизация СППР.

7. Произведено внедрение разработанной СППР в действующую организационную систему управления социальной инфраструктурой города Ханты-Мансийска. Осуществлена практическая верификация теоретических положений и алгоритмов, выполнена оценка результата внедрения и эксплуатации СППР. Произведено исследование эффективности и качества работы СППР, приведен аналитический, вычислительный и графический метод оценки.

На защиту выносятся:

1. Результаты анализа структур управления в организационных системах городского хозяйства, а также существующих подходов, методов и технологий, используемых на практике для поддержки принятия решений в сфере управления состоянием доступности социальной инфраструктуры города. Результаты анализа разработок в области управления доступностью ОСИ для МГН, формализованные классы разработок, требования к необходимому функционалу СППР. (соответствует п. 1 паспорта специальности 2.3.4).

2. Новый алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений на основе совместного применения методов обработки, структуризации и визуализации разнородных данных, включая теорию анализа формальных понятий и геоинформационные технологии. Концептуальная модель системы поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН, отражающая компоненты системы, связи элементов, потоки и наборы данных. (соответствует п. 3 паспорта специальности 2.3.4).

3. Новый интерфейс поддержки принятия решений, направленный на модернизацию существующей организационной системы управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН с использованием разработанной концептуальной модели СППР. Новые математические модели представления и структуризации фолксономических данных, математическая модель функционирования СППР. (соответствует п. 7 паспорта специальности 2.3.4).

4. Оригинальная программная реализация системы поддержки принятия решений на основе применения сервисно-ориентированной архитектуры, разработанных моделей и алгоритмов, внедренная в структуру управления городским хозяйством Ханты-Мансийска, обеспечивающая увеличение качества, оперативности и эффективности принимаемых решений при управлении доступностью ОСИ для МГН. (соответствует п. 4 паспорта специальности 2.3.4).

5. Компьютерные имитационные модели, отражающие алгоритм функционирования разработанной СППР в виде СМО, обеспечивающие проведение экспериментов, определяющих качество программного продукта. Критерии оценки эффективности, качества и надежности разработанной СППР, аналитический, вычислительный и графический метод оценки результата внедрения и эксплуатации СППР. (соответствует п. 2 паспорта специальности 2.3.4).

Теоретическая значимость работы заключается в предложенных математических моделях и алгоритмах структуризации и представления разнородных социально-ориентированных данных, в развитии на их основе технологии интеллектуальной поддержки при управлении организационными системами городского хозяйства, реализованной в виде СППР, позволяющей повысить качество принимаемых решений при управлении доступностью ОСИ для МГН, а также в разработанных компьютерных имитационных моделях для комплексной оценки эффективности СППР.

Практическая значимость работы заключается в повышении эффективности принятия решений в области управления доступностью ОСИ

для МГН за счет применения разработанных моделей и алгоритмов в реализации и внедрении разработанной системы поддержки принятия решений в организационную систему управления городским хозяйством Ханты-Мансийска. Интерфейс интеллектуальной поддержки служит для удовлетворения потребностей в получении формализованных пространственных данных, в качестве инструмента географического ориентирования, как информационно-справочная система поддержки принятия решений, обеспечивающая возможности социального обмена информацией. Система используется органами муниципального управления для принятия управленческих решений в отношении обеспечения информационной и физической доступности объектов социальной инфраструктуры, а также МГН в качестве инструмента пространственного ориентирования, внедрена в работу регионального общественного движения инвалидов-колясочников Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Преобразование» и в Федеральное учреждение Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России» в качестве системы поддержки принятия решений в области доступности ОСИ для МГН.

Методы исследования. Исследование выполнено с использованием методов теории управления системами, теории принятия решений, методов автоматической обработки текста, методов теории автоматического управления, теории проектирования информационных систем, обработки изображений, теории множеств, системного анализа, теории анализа формальных понятий, методов теории графов, объектно-ориентированных методов анализа и проектирования ИС, математического и имитационного моделирования, геоинформационных технологий. Для проведения экспериментов и обработки их результатов использовались методы вариационного исчисления, теории оптимизации и объектно-ориентированного программирования.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов обеспечивается корректным применением использованных методов, строгими доказательствами всех утверждений, согласием вычислительных

экспериментов между теоретическими положениями и результатами, что подтверждается результатами научных работ исследования, апробацией на научных конференциях, положительными итогами использования практических результатов в виде программного продукта «СППР в управлении социальной инфраструктурой города в области доступности ОСИ для МГН geowheel.ru», а также патентом и свидетельствами о государственной регистрации баз данных и программ для ЭВМ. Все результаты, выносимые на защиту, являются новыми и получены автором лично.

Апробация результатов работы. Результаты работы докладывались на 12 всероссийских и международных научно-практических конференциях:

1. Ташкин А.О. Автоматизированная система предоставления услуг населению г. Ханты-Мансийска, – Материалы IV Международного IT-форума. г. Екатеринбург., Издательство Уральского университета. – 2011. – С.192 -193.

2. Ташкин А.О. Методика создания объединенной геопространственной базы данных для исследования анализа динамики экологических демографических и иных процессов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования» / Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий. – Ханты-Мансийск: ООО Издательство Юграфика. – 2013. – С. 39-41.

3. Ташкин А.О., Семенов С.П. Разработка геоинформационной системы для решения задач информационного обеспечения людей с ограниченными возможностями. Электронный сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития» – Ханты-Мансийск: Изд. Югорского гос. ун-та. – 2013. – С. 105 – 107.

4. Семенов С.П., Ташкин А.О. Интерактивная геоинформационная система для маломобильных граждан. Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», Барнаул, 20-24 октября, 2015. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2015. – С. 1007-1010.

5. Семенов С.П., Кононенко С.П., Ташкин А.О. Создание социально-ориентированных геоинформационных систем с применением возможностей фолксономического подхода. Материалы III международной научно-практической конференции Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития 13-14 ноября 2015 г, г. Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет. –2015 – С. 105-107.

6. Ташкин А.О., Семенов С.П., Славский В.В. Математическая модель социально-ориентированной геоинформационной системы для маломобильных групп населения. // Международная конференция «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе», посвящённой дню рождения великого русского математика академика П.Л. Чебышёва: Тезисы / (Сургут, 16- 20 май 2016 г): Тезисы докладов. Сургут: НЦ СурГУ. – 2016. – 256 с.

7. Тякунов А.С., Славский В.В., Ташкин А.О. Анализ графов социальных взаимодействий в реальной и виртуальной среде. МАК: «Математики – Алтайскому краю»: сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2017. – С. 208-211.

8. Ташкин А.О., Семенов С.П., Славский В.В. Социально-ориентированные геоинформационные системы, модели и методы реализации. Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции / АУ «Югорский НИИ информационных технологий». – Ханты-Мансийск, 2017. – С. 62-68.

9. Семенов С.П., Ташкин А.О. Оценка эффективности ГИС для маломобильных групп населения. Информационные технологии и системы. Седьмой Междунар. науч. конф. (ИТиС - 2019): науч. электрон, изд. Ханты-Мансийск. – 2019. – С. 121-125.

10. Пронь С.П., Семенов С.П., Ташкин А.О., Токарева Е.В. Агентно-ориентированные имитационные модели для реальных городских процессов // Сборник трудов Всероссийской конференции по математике с международным

участием "МАК-2019" / АлтГУ [и др.]. – Барнаул: Изд-во АлтГУ. – 2019. – С. 169–173.

11. Семенов С.П., Пронь С.М., Ташкин А.О. Многоподходная имитационная модель динамики миграции населения города // МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. – 2020. – С. 169-173.

12. Семенов С.П., Пронь С.М., Ташкин А.О. Моделирование системы управления доступностью объектов социальной инфраструктуры // МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. – 2021. – С. 153-158.

В рамках встреч и заседаний с представителями маломобильных групп населения с 2014 по 2022 проводился ежегодный семинар по развитию доступности ОСИ для МГН в ХМАО-Югре. Также основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах ЮГУ. Результаты диссертационного исследования отражены в научно-исследовательских отчетах в рамках грантовой поддержки научными и инновационными фондами РФ.

Публикации

Полученные научные результаты изложены в 26 опубликованных работах, из них 7 работ в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 в зарубежном издании, входящем в рецензируемую международную базу данных SCOPUS, 1 учебное издание, имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014616827 от 18 января 2014 г. (Приложение 2).

Качество исследований подтверждается поддержкой со стороны государственных научных и инновационных фондов РФ, а именно:

1. «Социально-экономическая геоинформационная система для людей с ограниченными возможностями». Грант «Золотая инновация». Департамент экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, 2013 год.

2. «Справочная система «Трехмерный город, доступный для всех». Конкурс «Умник». Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере на территории ХМАО – Югры, 2014-2016 (2 года).

3. «Фолксномический подход в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем». Российский фонд фундаментальных исследований. Проект РФФИ № 15-41-00092. 2016-2018 (3 года).

Личный вклад автора. Все основные результаты получены автором лично, в частности, проведенная формализация структур управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН, математическая модель анализа и классификации фолксномических данных с использованием теории анализа формальных понятий, алгоритм и концептуальная модель технологии информационной поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН на основе геоинформационных технологий, программная реализация системы поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН, результаты оценки качества функционирования программной реализации с помощью теории СМО, результаты внедрения, апробации и комплексной оценки общей эффективности СППР.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка в алфавитном порядке. Объем диссертации составляет 228 страниц, включая 64 рисунка, 14 таблиц и список литературы из 238 наименований и 3 приложения.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, определены цель и задачи диссертационной работы, сформулированы научная новизна и основные положения, выносимые на защиту, а также методы исследования, используемые в работе, обоснована научная и практическая значимость, раскрывается содержание основных разделов.

В **первой главе** содержится обзор основных понятий предметной области исследования, результатов анализа разработок в исследуемой области. Рассматриваются подходы к управлению в социально-ориентированных

экономических системах, описана область применения систем поддержки принятия решений. Описана структура социально-ориентированных данных об объектах социальной инфраструктуры города, организованных по принципу фолксономии.

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов, направленных на повышение эффективности управления городским хозяйством в области обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН. Описана разработка гибридной математической модели анализа и классификации социально-ориентированных данных, организованных по принципу фолксономии с помощью применения теории АФП. Описан алгоритм и концептуальная модель технологии информационной поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН на основе геоинформационных технологий и предложенной математической модели. Приведены критерии оценки эффективности предложенных моделей и алгоритмов.

Третья глава посвящена разработке и программной реализации социально-ориентированной системы поддержки принятия решений на базе геоинформационных технологий, обеспечивающей инструмент управления и оценки уровня доступности ОСИ с точки зрения МГН, а также средство информационной поддержки, управления, коммуникации граждан и органов власти. Описано использование предложенных алгоритмов и методов, направленных на реализацию технологии интеллектуальной поддержки в виде программного продукта и составляющих его модулей. Приведены результаты оценки функциональной эффективности программно-технической составляющей СППР с помощью теории систем массового обслуживания (СМО), создания имитационных моделей и проведения анализа возможных сценариев и условий работы.

В четвертой главе описывается внедрение разработанной СППР управления доступностью ОСИ для МГН в систему управления городским хозяйством Ханты-Мансийска, приведено исследование вопросов, связанных с апробацией и оценкой эффективности. Приведены результаты аналитического,

вычисленного и графического методов оценки качества разработанной СППР. Предложены варианты повышения эффективности СППР, а также перспективные направления улучшения функциональных характеристик разработки.

В **заклучении** приводятся основные результаты и формулируются выводы по диссертационной работе.

В **приложении 1** содержится копия акта о внедрении результатов диссертационного исследования в региональное общественное движение инвалидов-колясочников ХМАО – Югры «Преобразование»

В **приложении 2** содержится копия акта о внедрении результатов диссертационного исследования в Федеральное учреждение Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России»

В **приложении 3** содержится копия свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Благодарности

Автор выражает искреннюю глубокую благодарность и признательность своему научному руководителю Голлай Александру Владимировичу, Логиновскому Олегу Витальевичу за постановку задачи и консультации, верному другу в вопросах науки Семёнову Сергею Петровичу; профессорам Славскому Виктору Владимировичу и Пяткову Сергею Григорьевичу за ценные советы по построению моделей и методов; коллективу кафедры цифровой экономики Югорского Государственного Университета за плодотворные обсуждения и конструктивную критику в ходе работы над диссертацией; коллективу Южно-Уральского Государственного Университета за тёплый приём и возможность соискательства. Особую благодарность выражаю моей семье и близким за понимание и поддержку.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПОДХОДОВ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА

1.1 Обзор структур организационных систем управления городским хозяйством

Город можно рассматривать как искусственно созданную сложную организационную систему для реализации расширяющихся потребностей населения. Городское хозяйство или его часть, включая элементы городской среды, объекты социальной инфраструктуры и население возможно представить с помощью теории организационных систем [60, 149]. Изучением вопроса организационных систем занимались такие ученые как: Mintzberg, Н., Fariborz Damanpour, Rajiv Sabherwal, Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. и другие.

Организационные системы поддержки принятий решений в управлении городской средой определяются её структурой, составом и соотношением различных уровней организации управления. Структура включает в себя состав и характеристики элементов управления, их соотношение и формы взаимосвязи на каждом уровне управления. Тип структуры определяется принципом, который положен в основу управления, а также степенью устойчивости среды. Определяющими факторами для организационной системы управления являются: цели управления, функции и процедуры их выполнения, информационные потоки и технические средства по их обработке и распределению, изменения под воздействием стратегии управления в соответствии с изменениями во внешней среде [11, 56, 66, 159].

В настоящее время среди широкого спектра различных инструментов поддержки принятия решений в управлении городским хозяйством муниципалитетов значительное внимание уделяется вопросу унификации и совершенствования методов реализации комплексных моделей организационной структуры органов муниципального и федерального уровней, направленных на повышение эффективности социально-экономического развития муниципалитетов, повышения качества жизни

населения. Повышение эффективности функционирования организационной структуры управления исполнительного органа местного самоуправления позволяет оптимизировать работу подразделений, сократить время выполнения функций и задач, повысить качество предоставляемых населению услуг, сократить расходы бюджета. Структура управления государственного органа определяется составляющими ее звеньями и иерархическими уровнями управления. Каждый уровень характеризуется своей совокупностью звеньев, отношения между звеньями управления поддерживаются с помощью горизонтальных (координационных) и вертикальных (иерархических) связей [72, 73]. Организационная структура системы управления городским хозяйством включает в себя органы федеральной и муниципальной власти такие как:

1. Правительство РФ, и федеральные органы власти, надзорные органы.
2. Аппарат губернатора.
3. Городской управляющий.
4. Администрация города.

В составе структурных подразделений органов местного самоуправления существуют различные ведомства и управления, которые можно сгруппировать следующим образом:

- отраслевые (Управление здравоохранения, Управление транспорта, Соц. защита, ЖКХ, Культура и т.д.);
- функциональные (Правовое управление, Архив, Финансово-экономические службы и т.д.);
- вспомогательные (Исполнительные органы, подразделения, референтуры т. д.);
- территориальные (Администрации районов (для крупных городов), Управляющие компании и т.д.).

На рисунке 1 представлена схема организационной структуры управления городским хозяйством города на примере Администрации Ханты-Мансийска.



Рисунок 1. Структура управления Администрации г. Ханты-Мансийска

Организационную структуру управления городским хозяйством на примере Ханты-Мансийска можно охарактеризовать как линейно-функциональную, построенную по принципу сочетания и взаимного дополнения линейных и функциональных полномочий, с элементами дивизиональной организационной структуры. Преимуществами организационной структуры данного типа можно считать уменьшение дублирования функций, четкую систему взаимосвязей подразделений, более глубокую проработку принимаемых решений. В качестве недостатков можно выделить недостаточную гибкость оргструктуры, жесткость вертикальных связей, недостаточную ответственность подразделений за принимаемые решения [74, 75]. На основе осуществленного анализа фактического состояния функционирования организационной структуры управления городским хозяйством на примере Ханты-Мансийска удалось выявить ряд несовершенств, которые требуют решения и заключаются в следующем:

1. Недостаточная проработанность процедур обеспечения ответственности и контроля за деятельностью органов местного самоуправления.
2. Смещение процедур осуществления властных и хозяйственных полномочий органов местного самоуправления.
3. Дублирование функций, загруженность работников.
4. Отсутствие четких оперативных процедур внутриведомственных и внешних взаимодействий.
5. Отсутствие единого специализированного программно-технического средства управления процессами городской среды.
6. Отсутствие систем интеллектуальной поддержки управления социальной инфраструктурой.

Таким образом, выявленные проблемы требуют разработки рекомендаций, направленных на их устранение и повышение эффективности функционирования организационной структуры управления городским хозяйством.

В диссертационной работе предлагается оценивать эффективность совершенствования структуры управления городским хозяйством через улучшение отдельных компонентов качества жизни, зависящих от местных условий и определяемых качеством предоставления жителям конкретных услуг на примере города Ханты-Мансийска.

1.2 Анализ средств поддержки принятия решений в управлении городским хозяйством

Процесс принятия решений в управлении городским хозяйством с целью обеспечения качественных социальных эффектов, связанных с планированием территорий, бюджетированием, оперативным информированием и иными задачами в управления объектами социальной инфраструктуры (ОСИ) города и затрагивает широкий круг процессов, связанных с накоплением, обработкой и анализом данных о городской среде, характеристиках ОСИ, общественного мнения, а также контролем

корректности процесса управления со стороны федеральных и муниципальных органов [4, 7, 76].

Огромные объемы разнородных данных о городской среде, содержащие текстовую, числовую, графическую, пространственно-ориентированную и иную информацию затрудняют процессы ручной обработки и анализа данных из-за их разнородности, недостаточной связности и формализованности. Аккумуляция и автоматизация процессов учета данных об ОСИ чаще всего служит для выполнения конкретной задачи различных ведомств органов власти и учреждений, зачастую носит закрытый характер без возможности передачи, в том числе между ведомствами. Для оперативного принятия решений относительно управления ОСИ города и обеспечения доступности информации о них необходимы средства, автоматизирующие процессы накопления, обработки и анализа с целью выработки качественных управленческих решений и удовлетворения информационных потребностей граждан [32].

Данные городского хозяйства включают в себя информацию о недвижимости, ключевых социальных, экономических и технических характеристиках ОСИ, архивы картографических данных, структурно-геометрических форм и иных объектов информационного пространства. Сложность географического ориентирования, обязательность учета в вычислениях количественных и качественных атрибутов (тип здания, назначение, параметры доступности и др.), а как следствие, проблематичность анализа данных определяют значительные затраты времени на выработку управленческих решений в области управления ОСИ, что требует создания автоматизированных методов совместной обработки данных об ОСИ, характеристиках недвижимости, мнения граждан и иной ключевой информации [45, 129].

Автоматизированные системы контроля и управления недвижимостью и городским хозяйством позволяют сократить затраты времени и материальных ресурсов для населения, предприятий, учреждений бюджетной сферы, за счет введения объективного учета социально-экономических характеристик и функций ОСИ, что позволит обеспечить эффективные управление изменениями городской среды, а именно [78]:

- повышение качества оперативного учета, планирования, распределения ресурсов и социальных услуг городского хозяйства;
- улучшение системы контроля за корректным управлением, использованием ресурсов и услуг города;
- построение единого информационно-телекоммуникационного пространства ОСИ города;
- автоматизация процессов комплексного обслуживания ОСИ города;
- создание объективной оценки качества управленческих решений и социальных услуг;
- рационализация расходов ресурсов потребителей и поставщиков социальных услуг;
- более точное соответствие нормативно-законодательным актам, юридическим целям;
- обеспечение прозрачности информации, прямого доступа к данным;
- улучшение продуктивности и качества процесса принятия решений, планирования в области социальной инфраструктуры.

Недвижимость одна из первых отраслей сферы управления городским хозяйством в 1970-1980 годах была представлена как информационная система с элементами автоматизации, применение которой служило оптимизации жизненного цикла и снижению издержек управления и владения недвижимостью [79, 90]. Подобные системы получили название САФМ-систем (Computer Aided Facility Management), а также ряд подобных являющихся продолжением и развитием FM, CIFM, TIFM, IWMS, UIFM. Изучением вопроса применения систем управления недвижимостью занимались такие ученые как: Warner T. Koiter, Йенс Нейви, Dr. John Williams, Thomas Madritsch, Е. И. Тарасевич, Юрий Саруханян и др.

Сфера управления городским хозяйством и недвижимостью охватывает интересы лиц и организаций с самыми различными целями включая предприятия, занимающихся управлением недвижимостью, управляющие компании и ЖКХ, органы власти и население, предъявляющие индивидуальные требования к системе автоматизации [82,

202, 218, 219]. В зависимости от группы потребителей услуг к системе автоматизации управления недвижимостью предъявляются различные требования:

1. Предприятия, занимающихся управлением недвижимостью.

- Учет и снижение расходов на оперативные задачи.
- Контроль и увеличение эффективности использования недвижимости.
- Управление недвижимостью информацией о ней.
- Поддержка регламентов и законодательных норм.
- Управляющие компании и ЖКХ.
- Управление недвижимостью и информацией о ней.
- Контроль качества и сроков процессов управления недвижимостью.
- Нормативно-правовое обеспечение.
- Поддержка регламентов и законодательных норм.
- Организация плановых процессов.
- Увеличение количества и повышение качества услуг.
- Ведение и предоставление отчетности.
- Обеспечение взаимодействия с организациями городского хозяйства и органами власти.

2. Органы власти.

- Управление недвижимостью и информацией о ней.
- Контроль и сокращение операционных расходов.
- Контроль за исполнением регламентов и законодательных норм.
- Контроль и увеличение эффективности использования недвижимости.
- Контроль качества и сроков процессов управления недвижимостью.
- Нормативно-правовое обеспечение.
- Обеспечение межведомственного взаимодействия.
- Обеспечение взаимодействия с организациями городского хозяйства и населением.

3. Население.

- Удовлетворение информационных потребностей.

- Обеспечение взаимодействия с организациями городского хозяйства и органами власти.

Учитывая специфику сферы городского хозяйства, данные о недвижимости и ОСИ содержат существенные массивы информации, а также сопровождаются сложными организационными процессами, что обуславливает необходимость повышения эффективности управления и применения автоматизированных систем. Внедрение интеллектуальных, «умных», систем в городскую инфраструктуру обеспечивает повышение уровня комфортности, качества и эффективности обслуживания населения, снижение расходов на управление и коммунальные ресурсы, обеспечивает рост инноваций в экономической сфере [92, 171]. Преобразование городского пространства в информационную систему составляет более 5% роста ВВП экономик ведущих стран. Системами «Умного города» являются интеллектуальные сети (Smart grid), геоинформационные и транспортные системы, интеллектуальные здания (Smart house) [5, 46, 126, 167]. Существующие решения в области управления городским хозяйством можно разделить на уровни автоматизации:

1. Физическое лицо - автоматизация на этом уровне предполагает сервис для населения для удовлетворения информационных потребностей, информирования о событиях, обращения в органы муниципального контроля.
2. Недвижимость – установка программно-технических средств управления зданием, инженерной автоматике, диспетчеризация, удаленный мониторинг, управление безопасностью.
3. ОСИ - внедрение в структуру городского хозяйства в рамках социально-экономических функций ОСИ, оперативное управление.
4. Управляющие компании ЖКХ, предприятия, занимающихся управлением недвижимостью – обеспечение процесса принятия решений для эффективного управления городским хозяйством, взаимодействие с населением, информационная доступность.
5. Орган государственной власти – включает в себя 3 предыдущих уровня автоматизации, а также аппаратно-программные средства и

инструменты для комплексного управления и мониторинга городских процессов, ведения отчетности, документооборота.

Автоматизация обеспечивает упрощение процессов, происходящих при управлении ОСИ, экономию потребления ресурсов, увеличение безопасности и комфорта, повышение эффективности в принятии решений. Значительная часть продуктов в области поддержки принятия решений при управлении городским хозяйством направлена на управляющие компании, подобные разработки представлены различными программными продуктами. Важным аспектом в развитии подобных систем является возможность интеграции с порталами ГИС ЖКХ и Реформа ЖКХ [108, 151, 229]. Часть разработок направлена на бытовую автоматизацию для физических лиц (сотрудников, диспетчеров), с помощью которых пользователь может самостоятельно использовать инструменты автоматизации управления недвижимостью и удовлетворения информационных потребностей [82, 148].

1.3 Анализ подходов в управлении состоянием доступности ОСИ для МГН в организационных системах

Использование теории управления для обеспечения процессов, происходящих в социально-экономических системах, возможно в рамках применения общих подходов теории управления организационными системами [61, 160]. Наличие системы поддержки принятия решений в управлении социально-ориентированными системами позволит снизить неопределённость, ускорит время принятия решений за счет возможности обработки больших данных, хранения пространственной, организационно-экономической информации и корректной идентификации ОСИ [64, 224].

Система поддержки принятия решений зачастую является частью структуры управления и представляет собой совокупность объекта управления и субъекта управления, которые связаны между собой посредством информации [183, 234, 225]. Субъект и объект управления связаны прямой связью, от субъекта к объекту управления, отражающей директивы и обратной связью, отражающей выполненные задачи и

принятые решения [44, 93]. На рисунке 2 представлена концептуальная структура модели системы управления доступностью ОСИ. Информация формируется объектом управления и отражает внутреннее состояние объекта, а также отражает степень влияния внешней среды, которая в свою очередь влияет и на объект и субъект управления, решения которого зависят от внешних факторов [77, 161].

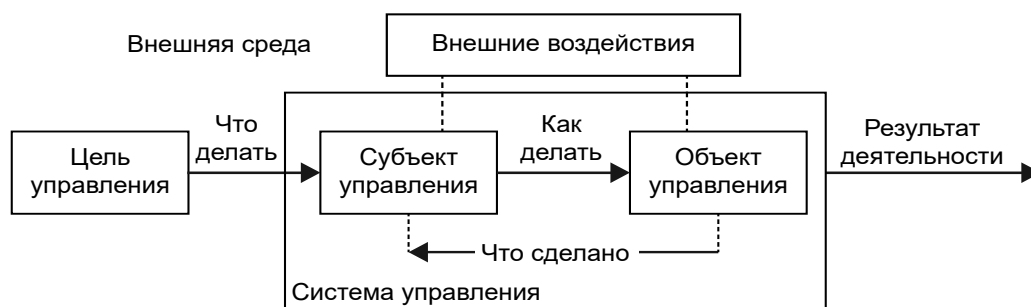


Рисунок 2. Схема системы управления

В России, с целью исполнения законов и госпрограмм, активно идут процессы по раскрытию информации органами государственной власти относительно физической доступности ОСИ с целью повышения информированности граждан, а также паспортизация ОСИ и введение стандартов для упрощения предоставления и пользования информацией. Для поддержки принятия решений в данной области возможно применение различных системы управления подобной информацией, систем поддержки принятия решений (СППР) в сфере территориального управления [45, 165].

Одним из направлений обеспечения информационной доступности ОСИ является создание различных информационных систем, систем управления и поддержки принятия решений, направленных на удовлетворение потребностей маломобильных групп населения (МГН), в том числе людей с ограниченными возможностями. Всемирная тенденция, направленная на обеспечение условий равного сосуществования, социальную адаптацию и интеграцию ущемленных слоев населения, что выдвигает ряд вопросов, связанных с эффективным и удобным методом управления информацией об ОСИ. Процессы информационного обеспечения, обработки и анализа данных, направленных на поддержку принятия решений в сфере управления доступностью ОСИ для МГН, являются трудоемкими и требуют длительного времени обработки из-за

большого объема, а также тяжело поддаются идентификации и сопоставлению ввиду поступления из нескольких источников, что приводит к возникновению ошибок и принятию неверных управленческих решений [81, 106, 128].

Применительно к теме исследования система управления обеспечивает поддержку процесса принятия решений в области управления доступностью объектов социальной инфраструктуры и информацией о них для повышения качества жизни МГН [164, 223]. В цивилизованном мире уделяется значительное внимание проблеме создания безбарьерной среды и улучшению качества жизни МГН, в том числе со стороны с федеральных и муниципальных органов власти в Российской Федерации, создающих федеральные законы и реализующих федеральные целевые программы (ФЗ и ФЦП), направленные на решение проблем в области обеспечения доступности ОСИ для МГН [174-177].

Одной из наиболее важных проблем, которые встают перед разработчиками подобных систем, является проблема технической реализации ввиду разнородности и слабой структурированности исходных данных, что является одним из основных направлений исследований в данной работе [10, 53]. Сегодня во многих муниципальных образованиях России созданы информационные порталы, целью которых является удовлетворение информационных потребностей в области доступности ОСИ для МГН. Однако часто такие ресурсы не имеют средств анализа данных и решают ограниченный ряд проблем. В работе описаны средства по расширению возможностей анализа социально-ориентированных данных с целью получения формализованной информации об ОСИ [190].

1.4 Применение систем поддержки принятия решений в управлении социальной инфраструктурой

Одной из основных задач в социально-ориентированных системах управления является задача поддержки процесса принятия решений и взаимодействия с данными. Вопросам моделирования социально-ориентированных информационных систем на современном уровне уделено

внимание в трудах таких ученых как М.Р. Когаловский, Н.Г. Загоруйко, С.В. Смирнов [109, 123, 217]. Набирающие темп процессы информатизации в различных регионах России, органы государственного управления в качестве центральной задачи ставят повышение эффективности управления на основе системного подхода к информационному сопровождению, формирование единого информационного пространства, а также качественного информационно-аналитического обеспечения решения задач социального и экономического развития. Интеграция процессов управления и информатизации в социальной сфере, приводит к необходимости создания информационно-аналитических систем поддержки принятия решений (СППР), в которых организуются процессы накопления, аналитической обработки территориальной информации, содержится инструментарий для социально-экономического моделирования и принятия решений [152, 189].

Оснащение государственных органов управления регионального и муниципального уровней системами поддержки принятия решений (СППР) является актуальной задачей в связи с необходимостью изучения больших объемов взаимосвязанных данных при помощи информации на разных уровнях детализации с различных точек зрения для принятия управленческих решений [27, 49].

Системы поддержки принятия решений (СППР) (англ. Decision Support Systems, DSS) – компьютерные автоматизированные системы, ориентированные на решение задач управления, представляющие собой класс информационных систем, являющихся человеко-машинными системами с применением математического аппарата, позволяющие лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктурированных проблем в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных и помогают людям быстро и точно оценить ситуацию и принять решение [86, 221].

СППР состоит из двух основных подсистем — лица, принимающего решения (пользователя), и информационной системы (ИС). Функция лица,

принимающего решения, как компонента СППР, состоит не только в вводе данных, но и в принятии решений на основе полученной информации и собственной интуиции. СППР отличаются от других управленческих информационных систем тем, что они направлены на повышение эффективности решений, а не на облегчение процесса принятия решений [64, 158].

Концептуальная модель СППР, соответствующая данному определению, представлена на рисунке 3. Интерфейс «пользователь-система» содержит средства взаимодействия с пользователем. Блоки анализа проблем и принятия решений включают в себя процедуры и методы, позволяющие сформулировать поставленную проблему, с помощью баз данных (БД), моделей (БМ) и знаний (БЗ) проанализировать возможности ее решения и получить результат. В СППР включаются также средства для извлечения данных и знаний, построения моделей и манипулирования ими [101, 221].

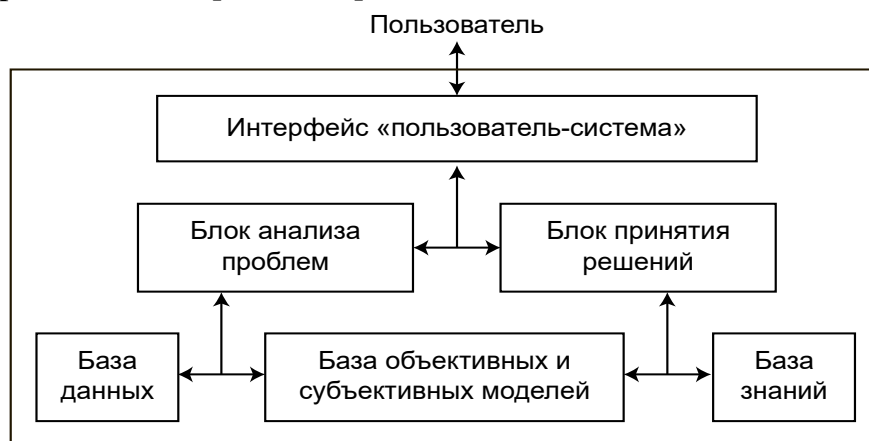


Рисунок 3. Принципиальная схема СППР

Входами СППР являются атрибуты, факторы и признаки, описывающие состояние объектов и процессов, по которым требуется принятие решений, а также знания экспертов предметной области. Выходами СППР являются результаты анализа данных, на основе которых генерируются решения, а также сами решения. В зависимости от входных параметров, из базы знаний получают необходимую информацию. Алгоритм работы системы формируется с помощью математического

моделирования для различных значений параметров. Структура СППР представлена на рисунке 4 [64, 100].

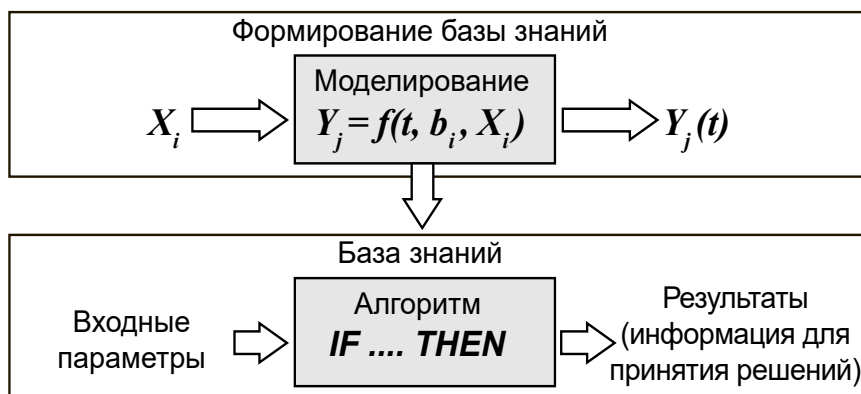


Рисунок 4. Структура СППР

Современные инструменты и технологии создают новые возможности и методы для развития СППР, включающие аппаратные средства, прикладные математические модели, методы искусственного интеллекта, хранилища данных (Data Warehouse), многомерные базы данных, интеллектуальный анализ данных, многомерный анализ данных (OLAP), телекоммуникационные технологии, информационный поиск, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др. [29, 88, 106].

Методологические и технологические подходы к построению СППР для органов власти основаны на том, что процесс принятия управленческих решений представляет собой непрерывный итеративный процесс и характеризуется высокой информативностью и сложностью реальных проблем, необходимостью проведения системного анализа для их решения, согласования принимаемых решений на всех уровнях власти, а также постоянной социально-экономической динамикой [28, 137].

Процесс поддержки принятия решения в области обеспечения доступности социальной инфраструктуры связан с выявлением структурных особенностей в неструктурированных территориальных социально-экономических данных, комплексных показателей ОСИ и территорий, а также пространственных данных поступающих динамично от различных источников [40]. Этот процесс технологически реализуется на

основе концепции Хранилища Данных (Data Warehousing), основным преимуществом которой является то, что разрозненные данные интегрируются, становятся проблемно-ориентированными, структурированными во времени, что позволяет исследовать динамические тенденции и реализовывать различного рода аналитические приложения. Информационно-аналитическая поддержка этого этапа реализуется так называемыми средствами Интеллектуального анализа данных (Data Mining), спектр используемых методов которых, в зависимости от задачи, весьма широк: от продвинутых статистических методик, включая регрессионный, кластерный анализ, генетические алгоритмы, нейросетевые технологии и др. [41, 119, 186]. В ходе этих процессов, данные структурируются по проблемам предметной области, преобразуются в стратегическую информацию, что подготавливает основу для поддержки принятия решений, обеспечиваемого современной технологией компьютерного моделирования. Компьютерные модели выступают как центральное звено процесса принятия решений и позволяют исследовать сложные, слабоформализованные социально-экономические динамические системы, в условиях неопределенности информации и действия большого количества факторов стохастической природы [59, 120].

В управлении ОСИ отсутствует эффективный экономический механизм стратегического партнерства органов федеральной, региональной и муниципальной власти, управляющих компаний, нет качественного инструмента информационной поддержки граждан относительно характеристик доступности ОСИ, нет методологии, обеспечивающей процесс поддержки принятия решений в управлении ОСИ [130, 170, 204]. Повышение достоверности и точности принимаемых управленческих решений возможно достичь за счет реализации методик поддержки принятия решений обеспечения доступности ОСИ городов с учетом требований адаптации и для мобильных групп населения, объективной оценки уровня доступности ключевых характеристик ОСИ, возможности быстрого реагирования на динамику изменений внешней и внутренней среды. Комплексный подход в организации процесса управления ОСИ на федеральном, региональном и муниципальном уровнях позволит

качественно повысить эффективность принимаемых решений в цикле управления доступностью ОСИ [101, 131]. Для реализации данных задач разработан порядок формирования моделей поддержки принятия решений для управления доступностью ОСИ города (Рисунок 5).



Рисунок 5. Схема формирования моделей поддержки принятия решений для управления доступностью ОСИ города

1.5 Анализ проблемы информационной доступности данных об ОСИ для МГН

Во многих развитых странах мира значительное внимание уделяется проблеме создания безбарьерной среды для маломобильных групп граждан. В данную категорию граждан входят люди, ограниченные в перемещении: не только инвалиды, но и люди, ограниченные временными обстоятельствами, например, перемещаются с багажом или коляской [179, 190].

- Около 15% населения мира живут с какой-либо формой инвалидности, и численность инвалидов растет (Рисунок 6).
- К категории инвалидов «примыкают» маломобильные группы населения (далее МГН) - люди, испытывающие затруднения при передвижении, получении услуг или информации.
- МГН составляют люди с временным нарушением здоровья, беременные женщины, люди старших возрастов, люди с детскими колясками и т.п.



Рисунок 6. Процентная доля населения людей ограниченными возможностями различных стран мира.

По данным Всемирной организации здравоохранения, а также согласно оценке глобальной численности населения 2022 года:

- В Российской Федерации в настоящее время насчитывается около 13,4 млн. инвалидов, что составляет около 8,9 % населения страны.
- Общее число инвалидов в РФ сократилось за полгода с 13,1 миллиона человек до 12,85 миллиона.

Существуют две основные проблемы в перемещении маломобильных граждан: первая связана с физической недоступностью объектов

социальной инфраструктуры, а вторая заключается в недоступности информации о каждой из локаций ОСИ [114]. Первая проблема решается установкой новых конструкций на существующие объекты застройки и проектировании новых зданий с учетом интересов маломобильных граждан, Рисунок 7.

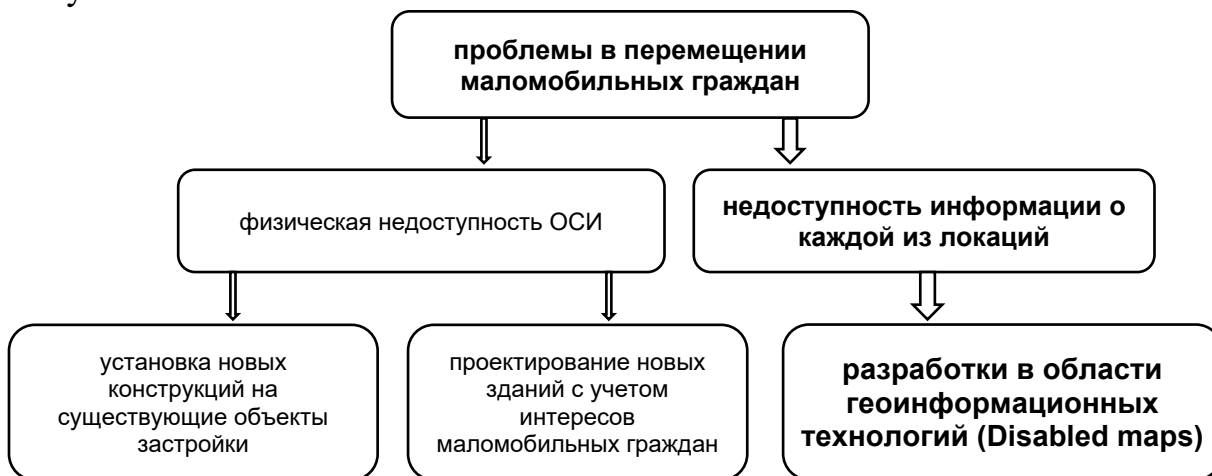


Рисунок 7. Блок-схема проблем доступности ОСИ для МГН.

Проблеме отсутствия информации о доступности объектов социальной инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями во многих странах уделяется внимание со стороны федеральных программ социальной поддержки, в том числе в Российской Федерации. Органы государственной власти обеспечивают разработку и развитие информационных ресурсов, направленных на решение проблемы информационной доступности об ОСИ. Такие ресурсы часто называют картами доступности (Disabled maps) [122, 190].

Карты доступности созданы во многих регионах России, в Европе, Америке и Азии. Было выявлено множество разработок в области геоинформационных систем, предназначенных для использования людьми с ограниченными возможностями. Подобные системы создаются различными организациями, реализующими функционал, устройство и интерфейс каждой системы для решения индивидуальных задач, ввиду ограниченного перечня поставленных перед каждой разработкой задач. Требования к подобным ресурсам, зачастую, плохо формализованы, нет единой методики создания интерфейса системы и структуры базы данных.

Региональные российские проекты и проекты других стран не имеют стандартизированных интерфейсов, используют различные картографические основы, используются различные средства реализации. Все это снижает эффективность использования подобных систем маломобильными гражданами, а также лишает разработчиков возможности использовать унифицированные средства разработки [56, 94, 188].

Одним из возможных и наиболее популярных решений задачи информационной доступности являются разработки в области геоинформационных технологий [13, 71]. Сведения о доступности ОСИ размещаются на информационном ресурсе, опубликованном в глобальной сети интернет, отражающем уровень доступности социальных объектов для маломобильных граждан, а также содержащем важные характеристики ОСИ для свободного доступа определенных категорий граждан с ограниченными возможностями [63, 214]. Часто такие ресурсы используют в качестве основного инструмента визуализации карты и геоинформационные основы Яндекс-карты, OpenStreetMap, GoogleMaps.

Обобщая опыт в разработке подобных систем, можно произвести классификацию ОСИ по степени их доступности. Основопологающим «критерием» доступности является наличие специально оборудованных конструкций (пандусов, поручней, дверей и др.) на входе в здания. Как правило, именно вход является одним из основных барьеров для человека с ограниченными возможностями, так как зачастую имеет лестницу или иные конструкции [58, 70]. Существуют федеральные и региональные регламенты, ГОСТы, отвечающие за требования к оформлению подобных картографических проектов, которые так же должны быть учтены. В приложении к приказу Минтруда России №627 от 25 декабря 2012 г., а так же в методическом пособии Министерства труда и социальной защиты РФ [174-177] подробно описана методика классификации ОСИ по степени их доступности, руководствуясь которой все ОСИ предлагается разделить на три категории доступности (Таблица 1).

Таблица 1. Категории доступности

Наименование категории	Описание	Пандус	Поручни	Низкий порог	Входная дверь, откр. в оба направл.
Свободный доступ	Доступ к ОСИ возможен без дополнительных усилий (выполнены все условия)	+	+	+	+
Затрудненный доступ	Включает в себя частично адаптированные ОСИ (выполнено более 2 условий)	+	+	+	
			+	+	+
		+	+		+
Доступ невозможен	Локация не адаптирована для людей с ограниченными возможностями (Выполнено 2 и менее условий)	+	+		
		+		+	
		+			+
		+			
			+		
				+	
				+	+
			+		+
		+	+		

Как правило, для идентификации категории доступности ОСИ используются следующие цвета: зеленый – свободный доступ, синий – затрудненный доступ, красный – доступ невозможен.

1.6 Анализ разработок в области информационных систем для МГН

Карты доступности, предназначенные для использования людьми с ограниченными возможностями и решающие задачи, общей целью которых является удовлетворение информационных потребностей относительно ОСИ используются во многих странах. В исследовании произведен анализ информационных ресурсов (более 300 ресурсов), опубликованных в глобальной сети интернет, решающих задачу удовлетворения информационных потребностей маломобильных групп граждан относительно уровня доступности ОСИ [190]. Были выбраны наиболее удачные ресурсы для ознакомления с техническими возможностями, функциональными особенностями, информационной и графической наполненностью, интерфейсом разработок [99]. Поиск и отбор информационных ресурсов производился в несколько итераций, а именно:

- Поиск и выявление множества социально-направленных ресурсов, направленных на удовлетворение общественных потребностей.
- Выделение подмножества ресурсов, направленных на удовлетворение потребностей маломобильных групп населения.
- Выявление ресурсов, использующих инструменты геоинформационного проектирования и удовлетворяющих информационные потребности людей с ограниченными возможностями (предметная область исследования).
- Выявление различных типов ресурсов, порождение классов и их признаков для, определение принадлежности рассматриваемых ресурсов к определенным классам.
- Анализ, сравнение ресурсов, отвечающих требованиям выделенного класса геоинформационных систем для маломобильных групп населения.

В исследовании представлена одна из возможных реализаций задачи классификации множества ресурсов для маломобильных групп населения, опубликованных в глобальной сети интернет. Для решения задачи предлагается разработать правило, позволяющее выделить из всей совокупности ресурсов, представленных в интернете то множество ресурсов, которое направлено на удовлетворение информационных потребностей МГН [190, 192]. Для разработки правила требуется определить набор признаков, позволяющих произвести описание характерных свойств множества ресурсов для МГН. Тогда правило может быть сформулировано следующим образом: если рассматриваемый ресурс обладает определенным набором признаков, то этот ресурс относится к множеству ресурсов для МГН; если же ресурс не удовлетворяет хотя бы одному признаку, то данный ресурс к этому множеству не относится. Для определения набора признаков, были установлены требования к ним, а именно:

1. Признак должен являться булевой переменной;
2. Признак должен отражать одно характерное свойство ресурса.

Обозначим искомое множество информационных ресурсов для МГН – \mathfrak{M} . В данной работе для идентификации множества \mathfrak{M} предлагается использовать следующие признаки:

- m_1 Ресурс должен оказывать информационную поддержку маломобильным группам населения (Функции ресурса должны удовлетворять информационные потребности маломобильных групп населения).
- m_2 Ресурс должен содержать информацию относительно ОСИ (Данные ресурса должны содержать информацию, описывающую один или несколько объектов социальной инфраструктуры).
- m_3 Ресурс должен содержать характеристики доступности ОСИ с точки зрения МГН (Данные ресурса должны описывать информацию об уровне доступа ОСИ для МГН, содержать конкретные интересующие целевую аудиторию характеристики).
- m_4 Ресурс должен содержать пространственные данные относительно определенной локации (Данные ресурса должны содержать географическую информацию относительно местности, на которой расположен ОСИ).
- m_5 Ресурс должен содержать отмеченные графическим или текстовым методом условные обозначения доступности определённых зон, или локаций ОСИ (Данные ресурса должны содержать информацию, представленную в понятном для восприятия виде, описывающую уровни доступа наиболее важных зон ОСИ).
- m_6 Ресурс должен обеспечивать достаточной информацией для пространственного ориентирования (Информации, предоставляемой ресурсом должно быть достаточно для свободного перемещения).

Используя перечисленные признаки из множества всех ресурсов, опубликованных в глобальной сети интернет, были выделены ресурсы, оказывающие информационную поддержку МГН. Если определенный ресурс Res_1 удовлетворяет каждому из признаков $(m_1, m_2, m_3, \dots, m_n)$, то данный ресурс принадлежит множеству \mathfrak{M} . Выделенное множество \mathfrak{M} ресурсов для МГН включило в себя широкий диапазон ресурсов различной направленности.

После проведения анализа ресурсов и их свойств, было замечено, что из множества \mathfrak{M} можно выделить 4 класса: Класс А (Ресурсы для печати),

Класс В (Целевые и коммерческие проекты), Класс С (Интерактивные карты), Класс D (СППР и интерактивные геоинформационные системы) [231, 232]. Каждый класс в свою очередь должен отвечать определенному набору признаков, что позволит произвести описание характерных свойств класса и создать правила, позволяющие отнести ресурс к тому или иному классу. Правила предлагается сформулировать таким же образом, как и в случае выделением множества ресурсов для МГН, то есть: если рассматриваемый ресурс обладает определенным набором признаков, то этот ресурс относится к множеству ресурсов для МГН; если же ресурс не удовлетворяет хотя бы одному признаку, то данный ресурс к этому множеству не относится.

Класс А. Ресурсы для печати (карты, буклеты, брошюры, текстовая информация с описанием уровня доступности ОСИ). Для идентификации множества ресурсов класса А предлагается использовать следующие признаки:

- a₁ Ресурс должен быть выполнен в виде графического или текстового файла с возможностью его распечатки;
- a₂ Информация ресурса должна быть статична, без возможности взаимодействия с пользователем;
- a₃ Пространственные и атрибутивные данные ресурса должны быть подготовлены владельцем ресурса, не иметь связи с иными информационными и картографическими ресурсами;
- a₄ Ресурс должен содержать пространственную информацию относительно только определенной локации, назначаемой владельцем ресурса;
- a₅ Ресурс должен обновляться и изменяться только владельцем ресурса по личному предпочтению.

Из ресурсов данного класса можно выделить следующие наиболее яркие разработки:

1. Сайт местного самоуправления города Даребин, Австралия - <http://www.darebin.vic.gov.au/>
2. Сайт департамента управления доступностью ресурсов и сервисов университета Северной Каролины, США - <http://ods.uncg.edu/student-services/campus-map/>

3. Сайт транспортных сетей Лондона – <https://tfl.gov.uk/maps>

Класс В. Целевые и коммерческие проекты (системы для туристических агентств, сайты оказания услуг инвалидам и иные ресурсы). Для идентификации множества ресурсов класса В предлагается использовать следующие признаки:

- b₁ Ресурс должен служить для достижения определенных целей в области предоставления услуг МГН;
- b₂ Ресурс должен быть наполнен сведениями о доступности ОСИ согласно целевого назначения проекта;
- b₃ Ресурс должен использовать любые удобные средства разработки и реализации проекта с целью достижения поставленных задач.

Из ресурсов данного класса можно выделить следующие наиболее яркие разработки:

1. Маршруты троп для инвалидных колясок – <http://www.trailink.com/>
2. Информационный ресурс доступа маломобильных граждан к определённым локациям DisabledGo - <http://www.disabledgo.com/>
3. Центр занятости и социального развития Канады - <http://www.esdc.gc.ca/eng/disability/arc/virtualtour/index.shtml>

Класс С. Интерактивные карты (Карты местности, карты расположения зданий организаций и иные ресурсы). Для идентификации множества ресурсов класса С предлагается использовать следующие признаки:

- c₁ Ресурс должен быть интерактивным, то есть иметь возможность взаимодействия с пользователем;
- c₂ Ресурс должен быть выполнен в виде карты с использованием технологий сайтостроения;
- c₃ Ресурс должен иметь четкую пространственную привязку к определенной локации, назначаемой владельцем ресурса;
- c₄ Ресурс должен иметь встроенные инструменты поиска, навигации или выполнения иных функций для взаимодействия с пользователем.

Из ресурсов данного класса можно выделить следующие наиболее яркие разработки:

1. Карта кампуса университета Западного Вашингтона - <http://www.wwu.edu/map/>
2. Карта кампуса Калифорнийский технологического института – <http://www.caltech.edu/content/campus-maps>

Класс D. СППР и интерактивные геоинформационные системы (системы, разработанные на базе инструментов геоинформационного проектирования с учетом требований людей с ограниченными возможностями). Для идентификации множества ресурсов класса D предлагается использовать следующие признаки:

- d₁ Ресурс должен быть сложной программно-технической системой, действующей при функционировании различные и инструменты и технологии;
- d₂ Ресурс должен содержать информационную базу о доступности ОСИ с возможностью пополнения информации владельцем и пользователями ресурса.
- d₃ Ресурс должен быть специально разработан для задач обеспечения сведениями относительно доступности ОСИ для МГН.

Данный класс является наиболее интересным применительно к тематике исследования.

1.7 Анализ СППР управления доступностью ОСИ и геоинформационных систем для МГН

Отдельной группой в многообразии социально-ориентированных систем для МГН и ресурсов можно выделить СППР и системы, использующие инструменты геоинформационных технологий (класс D) [19, 32, 113]. Подобные разработки, как правило, решают проблему поддержки принятия решений и пространственного ориентирования и служат для получения необходимой информации относительно определенного географического объекта, включая инструменты поиска необходимой информации и подходящего ее представления в геопространственной плоскости.

Разработки в данной области применяют пространственно-ориентированные данные и их модели, используют различные методы накопления, структуризации и хранения информации, задействуют расчётные модели и, как правило, представляют пользователю информацию в виде интерактивной карты [21, 91]. Такие системы решают проблему поддержки принятия решений и удовлетворения потребностей в получении информации относительно определенных объектов и географических зон (описание ландшафта, гидрографии, дорожной сети в координатной плоскости, координаты зданий и сооружений и иных объектов и др.), а также используются маломобильными группами населения и людьми с ограниченными возможностями как инструмент пространственного ориентирования.

Для разработки и создания СППР управления доступностью ОСИ для МГН и удовлетворения информационных потребностей МГН было подобно изучено класс D (Интерактивные ГИС, СППР управления доступностью ОСИ для МГН) [4, 7, 211]. Разработки данного класса были исследованы с точки зрения использования МГН в качестве инструмента удовлетворения информационных потребностей относительно уровня доступности ОСИ. Были выбраны наиболее удачные ресурсы для изучения функциональных особенностей, уровня наполненности информацией, интерфейса и иных характеристик разработок.

1. ГИС для МГН - wheelmap.org (Рисунок 8).

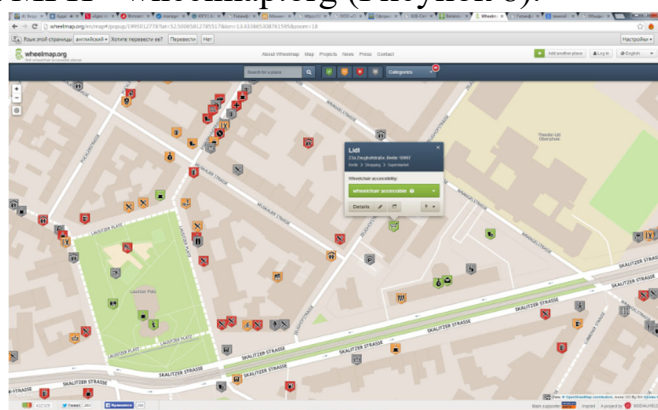


Рисунок 8. Снимок экрана wheelmap.org

Разработка немецкой некоммерческой организации Sozialhelden реализована на картографической основе OpenStreetMap - открытого сетевого картографического ресурса. На данный момент на карте отмечено около 250 000 ОСИ всего мира, разбитых на 12 различных категорий.

Оценка общественного места зависит от 2 основных показателей: высоты ступенек и оборудованности туалетных комнат. Wheelmap использует в обозначении три цвета маркеров на карте для определения уровня доступности локаций. Пользователи системы могут вносить и корректировать информацию относительно интересующих ОСИ, добавлять информацию на карту, загружать фотографии, добавлять комментарии. Основным недостатком данного ресурса – отсутствие блока социальной сети и, соответственно, возможности пользователям системы делиться опытом перемещения.

Достоинства ресурса:

- Проект Wheelmap доступен на 16 языках;
- Система доступна в виде мобильных приложений для Apple iOS и Android;
- В системе реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Интегрированы инструменты трансляции записей в социальные сети;
- Присутствует возможность добавления ОСИ и их характеристик;
- Между элементами множества ОСИ существуют определенные связи, позволяющие быстро отобразить ОСИ со схожими или смежными параметрами.

Недостатки ресурса:

- Система ориентирована только на инвалидов-колясочников;
- ОСИ показаны точками, нет инструментов линейной и площадной визуализации;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной части ОСИ;
- Отсутствует возможность обмена опытом перемещения между пользователями;
- Нет описания входа в здание, только краткая информация о наличии пандусов;
- Нет информации о возможности перемещения внутри здания;

- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;

2. СППР для МГН - Accessible.net (Рисунок 9).

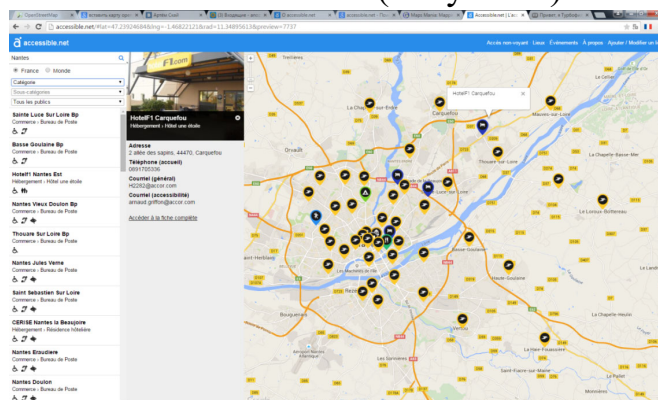


Рисунок 9. Снимок экрана Accessible.net

Accessible.net является французский разработкой компании Kernix для людей с ограниченными возможностями. Ресурс предоставляет поиск доступных мест по категориям на карте, в том числе ресторанов, гостиниц, музеев и т.д. Различные организации, занимающиеся во Франции вопросами МГН, разработали более 300 различных критериев доступности, чтобы обеспечить точную информационную поддержку по каждому объекту ОСИ. Данные критерии позволяют более точно описать степень доступности для каждой категории людей с ограниченными возможностями. Accessible.net является победителем проектов по инновационным веб-службам (AAPW20), организованной Государственным секретарем перспективного развития цифровой экономики Франции, а также имеет иные награды в качестве системы обеспечения информационной доступности относительно ОСИ.

Достоинства ресурса:

- Система содержит интегрированные панорамы Google для визуального ознакомления с локацией;
- В системе реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- Содержит достаточное описание характеристик, предоставленных ОСИ;
- Содержит краткую информацию о социальных услугах, оказываемых ОСИ;
- Содержит информацию о доступе к локации, включая транспортную сеть;

- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Присутствует возможность добавления ОСИ и их характеристик.

Недостатки ресурса:

- Не реализована возможность пользовательского взаимодействия;
- Отсутствует возможность комментирования информации ресурса;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация.
- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания.

3. ГИС для МГН - <https://www.axsmar.com/> (Рисунок 10).

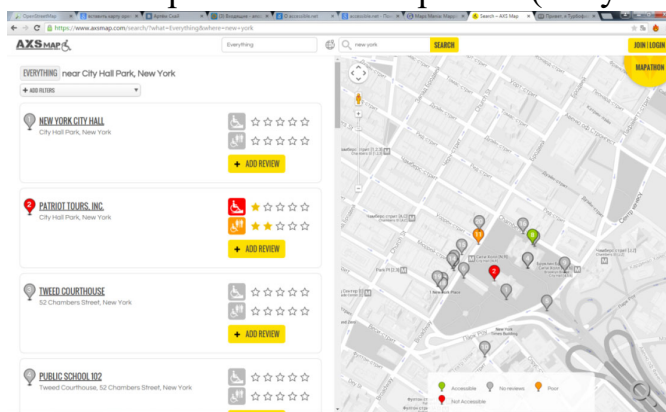


Рисунок 10. Снимок экрана axsmar.com

Разработанная компаниями DaSilva и AXS Lab, Нью-Йорк, США проект AXSmap, доступен сети интернет с ПК и мобильных устройств Android и iPhone в виде приложений. Система содержит информацию о кафе, магазинах, местах работы, отдыха и т.д. Карта содержит возможность добавления ОСИ, комментирования оценки конкретных уровней доступа, описывающих детально ключевые элементы локаций. В проекте реализована возможность межпользовательского взаимодействия с целью организации поддержки и наполнения системы. Функции системы позволяют осуществить поиск ОСИ, оценку уровня доступности, а также обмен информацией между пользователями данной системы и иных ресурсов, таких как социальные сети.

Достоинства ресурса:

- Присутствует возможность отображения текущего местоположения при просмотре системы с устройств, в конструктиве которых предусмотрен спутниковый навигатор;
- В системе реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Присутствует возможность добавления ОСИ и их характеристик;
- Реализована возможность комментирования и отправки отзывов по каждому ОСИ.

Недостатки ресурса:

- Выбрана картографическая основа, имеющая меньшее информационное наполнение, нежели аналогичные основы;
- Система плохо адаптирована для работы в различных браузерах;
- Интерфейс системы требует доработки;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Не реализована возможность пользовательского взаимодействия;
- Отсутствует возможность обмена опытом перемещения между пользователями;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация.
- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ

4. СППР «Доступная среда» - zhit-vmeste.ru/map (Рисунок 11).

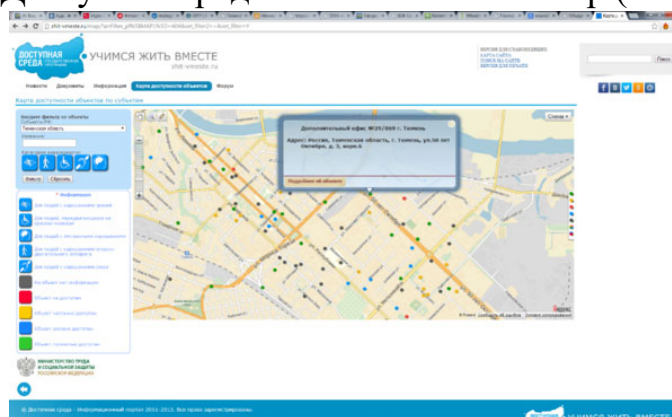


Рисунок 11. Снимок экрана zhit-vmeste.ru/map

Система реализована на картографической основе компании Яндекс (Яндекс-карты) с целью исполнения государственной программы «Доступная среда» по всем регионам России. На карте выведены сразу все категории доступности: для людей с нарушениями зрения, передвигающихся на креслах-колясках, с умственными нарушениями, с нарушениями опорно-двигательного аппарата, с нарушениями слуха.

Достоинства ресурса:

- На карте отражены характеристики ОСИ для широкого числа категорий граждан с ограниченными возможностями
- Реализована возможность добавления комментариев к ОСИ

Недостатки ресурса:

- Система плохо адаптирована для работы в различных браузерах;
- Не реализована функция поиска ОСИ по адресу и иным критериям;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;
- Отсутствует возможность обмена опытом перемещения между пользователями;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация.
- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ;
- Интерфейс системы требует доработки в части взаимодействия с пользователем;
- В информации об ОСИ не отражен паспорт объекта по гос. стандарту (требование только для РФ).

5. Город без барьеров - <http://www.kartadostupnosti.ru/> (Рисунок 12).

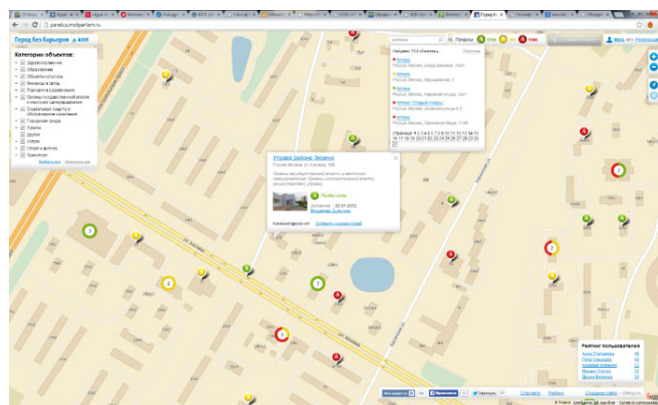


Рисунок 12. Снимок экрана kartadostupnosti.ru

Система разработана фондом поддержки инвалидов «Единая страна» по заказу муниципалитета г. Москва. Создание сайта - Articul Media. Система организована на картографической основе компании Яндекс (Яндекс-карты, г. Москва). На карте отмечены объекты, оборудованные пандусами, а также проблемные участки, где пандусы отсутствуют и передвижение затруднено.

Достоинства ресурса:

- В системе реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Интегрированы инструменты трансляции записей в социальные сети;
- Присутствует возможность добавления объектов;
- Организован рейтинг пользователей системы.

Недостатки ресурса:

- Система ориентирована только на инвалидов-колясочников
- Не реализована функция поиска ОСИ по адресу;
- Карта регионально привязана, за пределы г. Москва карта не распространяется;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация
- Отсутствует возможность обмена опытом перемещения между пользователями;

- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ
- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;
- В информации об ОСИ не отражен паспорт объекта по гос. стандарту (требование только для РФ).

6. Барьеров нет – barierov.net (Рисунок 13).

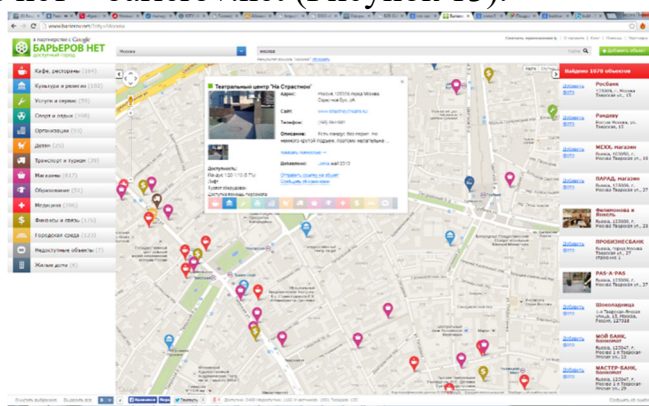


Рисунок 13. Снимок экрана barierov.net

Проект «Доступный город - БАРЬЕРОВ.НЕТ» реализуется Региональным общественным фондом правовой защиты и поддержки инвалидов "Без Барьеров" в партнёрстве с Google и Ottobock. ОСИ внесены в общий каталог, разделенный по различным тематикам, присутствует поиск по базе объектов, так-же можно выбрать город. Система развернута на картографической основе Google, имеет клиент-серверную архитектуру.

Достоинства ресурса:

- В системе реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- Реализована функция поиска ОСИ по адресу;
- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Интегрированы инструменты трансляции записей в социальные сети;
- Присутствует возможность добавления объектов;
- Организован рейтинг пользователей системы;

Недостатки ресурса:

- Система ориентирована только на инвалидов-колясочников;

- Не карта регионально привязана, за пределы г. Москва карта не распространяется;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация;
- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ;
- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;
- В информации об ОСИ не отражен паспорт объекта по гос. стандарту (требование только для РФ).

7. Карта Ульяновской области – www.karta73.ru (Рисунок 14).

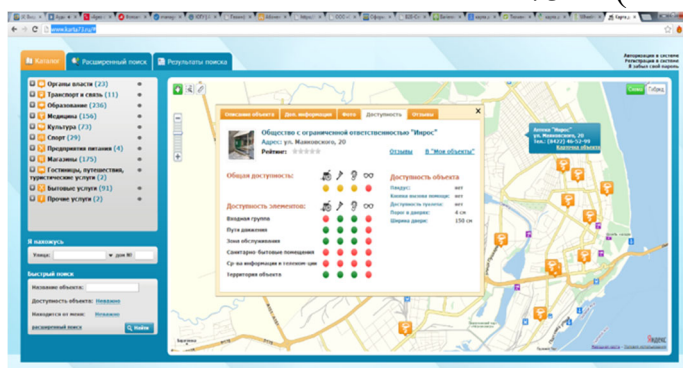


Рисунок 14. Снимок экрана www.karta73.ru

Система реализована на картографической основе компании Яндекс (Яндекс-карты). На карте отмечены объекты для различных категорий людей с ограниченными возможностями.

Достоинства ресурса:

- Реализована функция интеллектуального поиска;
- На карте отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- Система ориентирована на широкое количество категорий граждан с ограниченными возможностями;
- В системе указано подробное описание уровня доступности элементов ОСИ;

- Реализована возможность комментирования и отправки отзывов по каждому ОСИ;

Недостатки ресурса:

- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация;
- Отсутствие возможности обмена опытом перемещения между пользователями;
- Нет информации о возможности перемещении внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ
- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;
- В информации об ОСИ не отражен паспорт объекта по гос. стандарту (требование только для РФ).

Проведенный анализ ресурсов класса интерактивных ГИС для МГН и СППР управления доступностью ОСИ для МГН позволил изучить общие модели работы разработок, их функционал, информационную составляющую, инструменты взаимодействия с пользователем.

1.8 Требования к функционалу СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Для разработки и реализации системы поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН необходимо определить, какие характеристики и функции подобных систем являются обязательными, желательными, а какие следует ограничить. В контексте исследования описан выбор наиболее оптимальных требований к функционалу СППР управления доступностью ОСИ для МГН и удовлетворения информационных потребностей людей с ограниченными возможностями [134, 141, 190]. Для определения требований к ресурсам предметной области были проведены следующие мероприятия:

- Произведен сравнительный анализ разработок, направленных на удовлетворение информационных потребностей МГН.
- Произведен анализ научной нормативной литературы [174-177], регламентирующей методики реализации ресурсов для МГН.

- Проведены семинары с целевой аудиторией - предполагаемыми пользователями системы, а именно людьми с ограниченными возможностями.
- Проведены переговоры с муниципальными и федеральными органами власти с целью определения необходимых задач, возлагаемых на ресурсы СППР для МГН.

Выполнение перечисленных мероприятий позволило выделить и сравнить функциональные особенности ресурсов с целью определения их недостатков. Была произведена группировка выявленных недостатков функциональных характеристик ресурсов по типам:

Тип 1. Инженерные недостатки:

- Система плохо адаптирована для работы в различных браузерах;
- Интерфейс системы требует доработки в части взаимодействия с пользователем;

Тип 2. Функциональные недостатки:

- Отсутствует возможность добавлять ОСИ;
- Отсутствует возможность добавления фотографий ОСИ;
- Не реализована функция поиска ОСИ по адресу;
- Система ориентирована только на определенную категорию людей с ограниченными возможностями;
- Отсутствует обратная связь для пользователей системы;
- Не реализована возможность межпользовательского взаимодействия;
- Отсутствует возможность обмена опытом перемещения между пользователями;
- Отсутствует возможность комментирования информации ресурса.

Тип 3. Картографические недостатки:

- Карта регионально призвана, за пределы выделенной местности карта не распространяется;
- На карте отмечены только доступные, недоступные ОСИ не отмечены;
- Отсутствует возможность визуализации доступности определенной зоны или части ОСИ;
- Нет инструментов линейной и площадной визуализации ОСИ, присутствует только точечная визуализация.

Тип 4. Информационные недостатки:

- Нет описания входов в здание, содержится только краткая информация о наличии конструкций;
- Нет информации о возможности перемещения внутри здания;
- Недостаточная наполненность информационной базы ОСИ;
- В информации об ОСИ не отражен паспорт объекта по гос. стандарту (требование только для РФ).

Проведенный анализ ресурсов, выявление недостатков, выполнение мероприятий по анализу литературы и взаимодействия с фокус-группой (пользователями СППР управления доступностью ОСИ для МГН) позволило сформулировать требования к функционалу ресурсов для людей с ограниченными возможностями:

Инженерные требования:

- Система должна функционировать на мобильных устройствах Android, iOSApple;
- Система должна быть адаптирована для работы в различных, как старых, так и современных браузерах;
- Интерфейс системы в части взаимодействия с пользователем должен быть спроектирован с учетом интересов и непосредственно с участием конечных пользователей системы.

Функциональные требования:

- Система должна быть ориентирована на широкое количество категорий граждан с ограниченными возможностями
- В системе должно быть указано подробное описание уровня доступности элементов ОСИ;
- В системе должна быть реализована функция поиска, включающая поиск по категории ОСИ, по адресу и иные критерии поиска;
- Должна присутствовать возможность добавления ОСИ и их характеристик;
- В системе должен быть реализован каталог ОСИ с функцией поиска;
- Должна быть реализована возможность добавления подробного описания ОСИ, его фотографий, и иных необходимых сведений;

Социально-ориентированные требования:

- Должна быть реализована возможность комментирования и отправки отзывов по каждому ОСИ;

- В системе должны присутствовать инструменты трансляции записей в социальные сети;
- Должна быть реализована обратная связь для пользователей системы;
- Должен быть реализован механизм межпользовательского взаимодействия;
- Каждый пользователь должен иметь возможность обмена опытом перемещения;
- Пользователи должны иметь рейтинг для возможности оценки социальной значимости мнения.

Картографические требования:

- Карта не должна быть регионально призвана, должна иметься возможность увеличения географического охвата системы;
- На карте должны быть отражены фото объекта и контактные данные организаций;
- На карте должны быть отмечены не только доступные, но и недоступные ОСИ;
- Должна быть реализована возможность отражения доступности только определенной части ОСИ;
- Должны присутствовать инструменты точечной, линейной и площадной визуализации ОСИ.

Информационные требования:

- В информации ОСИ должен присутствовать паспорт объекта, заполненный по государственному стандарту;
- Каждый из ОСИ должен иметь описание входа в здание, информацию о наличии пандусов, сведения о возможных барьерах;
- Должна присутствовать информация о возможности перемещения внутри зданий;
- База данных системы должна иметь достаточную наполненность информацией об ОСИ.

Исходя из сформулированных требований к функционалу ресурса для людей с ограниченными возможностями был предложен обязательный функционал подобных ресурсов. Установлено, что информационный ресурс для лиц с ограниченными возможностями обязательно должен обеспечивать:

- Удовлетворение информационной потребности относительно выбранного объекта социальной инфраструктуры.
- Поиск и получение наиболее полной информации об уровне доступности выбранной локации, технических характеристиках, визуальном представлении, в виде интерактивной карты.
- Добавление объектов в систему с возможностью отметки на карте, загрузки фотографий, добавлением описания, загрузкой паспорта, комментированием и др.
- Учет объектов социальной инфраструктуры, контроль полноты и корректности вносимых данных.
- Реализация обратной связи для пользователей системы.
- Реализация внутренней связи между пользователями системы по принципу социальной сети (система рейтинга пользователей, мгновенные сообщения, комментирование и др.)
- Регистрация обращений пользователей системы в режиме реального времени.
- Формирование каталога объектов социальной инфраструктуры.
- Паспортизация объектов социальной инфраструктуры (обследование объектов по нормативам на предмет доступности).

Исходя из установленного возможно представить методику функционирования СППР управления доступностью ОСИ для МГН и сформулировать основные информационные потоки и компоненты процесса управления доступностью ОСИ.

Для удобной организации информации о процессе управления доступностью ОСИ для МГН разработана схема (Рисунок 15), отражающая цепочки взаимосвязанных компонентов и методов необходимых для реализации СППР.

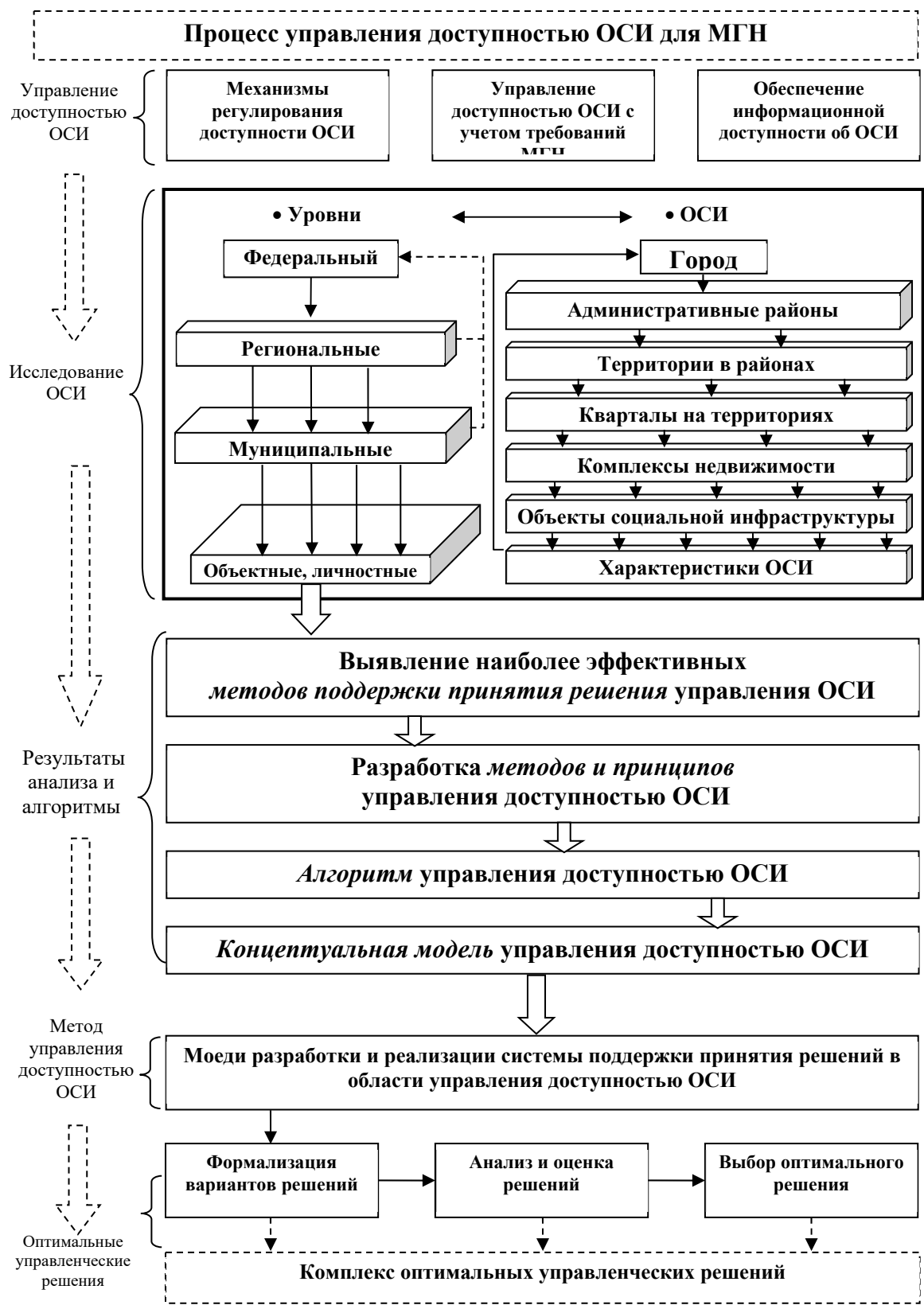


Рисунок 15. Структурная схема разработки системы поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ

1.9 Применение геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений для МГН

Построение системы поддержки принятия решений (СППР) представляет собой сложную и нетривиальную задачу, которая еще больше усложняется неточностью, неполнотой и противоречивостью исходной информации, значительной территориальной распределенностью данных и дефицитом времени [7, 45]. Проблема в том, что, зачастую, существующие методы и подходы к организации информационно-аналитического обеспечения недостаточно эффективны. Существенное упрощение процесса принятия решений в условиях нечеткости и неопределенности исходной информации вызывает необходимость создания адаптивных систем, обеспечивающих полнофункциональный процесс поддержки принятия решений для решения необходимой задачи.

Большая часть информации, с которой сталкивается человек, имеет пространственную привязку. В связи с этим имеется огромное число сфер для применения ГИС в различных областях жизнедеятельности человека – начиная с профессиональной деятельности человека, заканчивая планированием повседневных дел, таких как посещение магазинов. Ни одна задача в области социально-экономического развития не обходится без картографических материалов, так как они представляют большую важность и ценность при принятии решений [42, 67]. Формирование данных материалов является сложным и трудозатратным процессом, включающим в себя сбор информации, структуризацию, актуализацию и обновление данных, создание моделей и алгоритмов анализа и получения информации. В области разработки и использования геоинформационной технологии можно отметить таких ученых, как Roger Tomlinson, Говард Фишер (Howard Fisher), David J. Cowen, Kang-tsung Chang, D. N. Phadke, Michael N. DeMers, Берлянт А.М., Тикунов В.С. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я, Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Кошкарев А.В., Коновалова Н.В., Капралов Е.Г.

Геоинформационные системы появились в тот момент, когда с анализом информационных потоков было трудно справиться вручную, а технические средства уже позволяли выполнять задачи моделирования географического пространства и решать пространственные задачи.

Особенностью ГИС является возможность объединения любой разнородной информации по признаку местоположения, возможность совместить и проанализировать эту информацию, тем самым увеличивая полезность этой информации. Исследование моделей и методов поддержки принятия решений на основе ГИС, формирующихся множеством взаимодействующих быстротечных пространственно-распределенных процессов, является актуальной научно-технической задачей. Зачастую, ГИС используют как один из элементов СППР [4, 68].

Очевидно, что наиболее информативным способом оценки условий размещения объектов социальной инфраструктуры является их представление на географических картах и планах. Карты составляют основу градостроительной документации и широко используются во многих сферах деятельности. Принципиальной особенностью исследований, связанных с разработкой СППР для МГН, является тесная взаимосвязь с ГИС, поскольку все социально-экономические процессы и объекты социальной инфраструктуры имеют пространственную привязку (локацию) к географическим координатам.

В настоящее время в градостроительной и социально-экономической деятельности, связанной с решением территориальных задач, наблюдается переход к использованию цифровых пространственных данных и ГИС как основного инструмента их обработки. Также следствием активного внедрения ГИС в современную жизнь стало появление в открытом доступе в сети интернет большого объема космических снимков, пространственных моделей, навигационных данных, различного рода справочников, привязанных к картам [125]. Это дает возможность собрать множество сведений о территории для анализа, поиска маршрутов или объектов.

Географические информационные технологии можно рассматривать как средство, позволяющее ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений, обеспечивающее реализацию запросов и функций анализа пространственных данных, представления результатов анализа в наглядном и удобном для восприятия виде. Геоинформационные СППР решают круг задач на основе пространственных данных и могут быть рассмотрены как класс СППР для управления пространственной информацией.

Современные ГИС располагают широким арсеналом базовых методов пространственного анализа, которые могут быть встроены в СППР в виде комплексных процедур, настроенных на решение прикладных задач и использование определенных наборов данных. Разработка и внедрение современных программ обработки геоданных в совокупности с передовыми методиками по структуризации социально-ориентированных данных, позволяющими обеспечить максимальную информационную поддержку в принятии правильных управленческих решений, способствуют эффективному планированию работ по обеспечению доступности ОСИ и информации о них. В настоящее время в мире разработано множество ГИС [19, 113]. Наиболее известными из них являются такие разработки как ArcGIS, MapInfo, Bentley, Quantum GIS, которые предлагают большое количество универсальных методов анализа пространственных данных. В данной работе активно использовались методы пространственного анализа, реализуемые большинством современных программных продуктов ГИС.

1.10 Фолксономический подход в разработке СППР управления доступностью ОСИ для МГН

В последнее время в интернет-технологиях зачастую применяют фолксономический подход в организации данных - структуризации информации посредством произвольно выбираемых тегов (тег - именованный раздел элемента, характеризующий и описывающий данные) [43]. «Фолксономия является результатом личной неосознанной маркировки информации и объектах для собственного поиска. Маркировка производится в социальной среде (совместного использования и открытой для других). Факт маркировки производится человеком, потребляющим информацию» – Томас Ван Дер Вал [50]. У фолксономического подхода есть потенциал для объединения коллективных знаний и данных пользователей информационной системы для того, чтобы значительно усовершенствовать процесс получения полезных сведений. Структура вида (U, O, P, I) называется фолксономией, где $I \subseteq U \times O \times P$. Запись $(U, O, P) \in I$ означает, что объект O пользователь U пометил признаком P .

Термин фолксономия используется как омоним таксономии – фасетной классификации. Фолксономия имеет место в неиерархических сообществах, таких как общедоступные интернет-ресурсы. Данный способ представления данных обладает рядом преимуществ по сравнению с более традиционными типами таксономической (иерархической) и фасетной классификации. Наблюдаемая тенденция развития фолксономического подхода является прямым следствием ограничений таксономии (если объект можно привязать только к одному узлу, становится невозможным описать все его необходимые качества) и фасетизации (необходимость существования заранее продуманной и слабо расширяемой системы тегов). Фолксономия предоставляет ряд дополнительных преимуществ: возможность использование наглядных средства навигации среди всего информационного пространства тегов, а также актуализация в реальном времени набора категорий классификатора. Пользователь избавлен от «входного барьера», поскольку для начала работы (классифицирования) не нужно обладать знанием о существующем классификаторе, при этом обратная связь мгновенна: при назначении объекту тега, пользователь сразу может получить информацию о том, что еще помечено тем же тегом, сколько людей поместили этот объект и какие теги пересекаются [201]. Можно выделить ряд характерных свойств фолксономического подхода:

- Характеристики объекта информационного пространства подбираются аутентично, то есть сообразно аудитории, работающей с информационным ресурсом.
- Подход позволяет классифицировать один объект сразу с нескольких точек зрения, например, объект «камень» может иметь характеристики «красный» и «лежит».
- Характеристики объектов могут добавляться постоянно, что будет увеличивать релевантность объекта классификации.
- Подход является произвольной классификацией, создаваемой самими пользователями, что не позволяет выстраивать четкие иерархические классификаторы, с наличием заранее заданных рубрик и систематизированных связей.
- Подход основан на спонтанном сотрудничестве группы людей с целью организации контента и полностью отличается от

традиционных формальных методов классификации на основе индексных терминов (методов фасетной классификации).

- Подход позволяет выстраивать определенную терминологию для невербальной коммуникации между посетителями информационного ресурса, отражающую специфическую область знаний.
- Подход наделен недостатками, такими как: наличие форм множественного числа, полисемия, синонимия, глубина (специфичность) использования меток, отсутствие взаимосвязей между создаваемыми терминами.
- Поскольку организаторы информации обычно являются ее же основными пользователями, фолксономический подход дает результаты, более точно отражающие совокупную концептуальную модель информации группы.

Фолксономический подход зачастую рассматривают в качестве одного из ключевых элементов в организации и развитии семантической сети, в рамках которой информация содержит метаданные, описывающие ее содержимое. Информационным объектом может быть текст страницы сайта или базы данных, пост блога, изображение, видеофильм, аудиозапись. Примером фолксономической организации данных можно считать «облако тегов» – представленные в произвольном порядке ключевые слова, размер шрифта которых отражает насколько востребована информация по данному тегу (ключевому слову). Примерами использования фолксономического подхода для реализации социально-ориентированных систем могут служить ряд известных интернет-ресурсов. В таблице 2 представлен список некоторых из них.

Таблица 2. Ресурсы, использующие фолксономический подход

№	Наименование	Описание компонента ресурса, реализованного с использованием фолксономического подхода
1	Google	Разработки компании Google используют фолксономический подход в качестве основного инструмента сортировки информации в поисковой системе: поисковая машина выявляет ресурсы в сети по популярности использования пользователями и наиболее лингвистически соответствующе запросу. Так же следует отметить использование народного подхода в организации Google-карт, блогов и фотоснимков, где используется народный подход при классификации и оценке.

2	Яндекс	Очень популярным ресурсом, использующем фолксономический подход является «Народная карта Яндекс», создаваемая силами пользователей. В области картографирования проект «Яндекс-пробки» является лидером народного мнения в России относительно плотности автомобильного потока. Так же компания Яндекс в своих проектах использует рейтинг пользовательской оценки в качестве основного инструмента сортировки, применяемого в таких проектах как: Яндекс-фото, Яндекс-маркет, и др.
3	M@IL.RU	Одним из ярких примеров применения фолксономического подхода в организации системы, является проект, под названием «Ответы.M@IL.RU». Данный ресурс содержит вопросы, задаваемые пользователями по разнообразным тематикам и ответы на данные вопросы различными пользователями. Лучший из ответов на поставленный вопрос определяется так же пользователями системы.
4	WIKIPEDIA	Википедия – это пример комбинирования таксономического и фолксономического подходов. Создаются каталоги, что характеризуют систему, как таксономическую, а также статьи пользователей и система оценки статей и отдельных их частей, что определяет систему как содержащую элементы народного мнения.
5	Youtube, Flickr	Ресурсы Youtube, Flickr содержат медиаданные различных пользователей и имеют интегрированную систему рейтинга и релевантности медиаданных и пользователей, что делает данную систему фолксономичной с точки зрения организации.
6	LastFM	Система, хранящая музыкальные медиафайлы пользователей содержит метаданные аудиоресурсов, по которым происходит классификация по жанрам.

Анализ показал, что применение фолксономического подхода, как правило, направлено на достижение определённой цели в части функционала какой-либо системы, при этом основная часть системы использует традиционные методы классификации [117]. Использование подхода при реализации ИС, в том числе СППР, как правило, определяется строго поставленными задачами ввиду ограниченности возможностей подхода. Несмотря на привлекательность, массовому применению фолксономического подхода мешает наличие существенных недостатков, таких как:

- Недостаточная точность предоставления данных, наличие форм множественного числа семантических данных, аббревиатур и сокращений, полисемия, синонимия и пр.

- Сложность представления данных различных контекстных групп, языков.
- Отсутствие основного классификатора данных.
- Отсутствие взаимосвязей между объектами информационного пространства.

Проблема недостаточной точности предоставления данных наблюдается на современных интернет-ресурсах, использующих «народную классификацию». Например, в тегах встречаются различные формы слова, существительные в единственном и множественном числе, сокращения, аббревиатуры, слова с опечатками, синонимы и омонимы. Сложность представления данных увеличивается из-за использования разных языков и его форм, отсутствием стандартной индексации, обусловленного различным уровнем интерпретации информации пользователями ресурсов, генерирующих данные и их принадлежности к разным контекстным группам. Также семантическая информация может быть подана с личностной оценкой, что относится как к содержимому объекта информационного пространства, так и к его метаданным [48, 65].

Помимо лексических неточностей фолксономического подхода существует проблема отсутствия взаимосвязанности данных: данные вносятся в хаотичном порядке, от различных категорий пользователей, не структурированы, не имеют логических связей и ассоциаций. Каждая сгенерированная пользователем информация индивидуальна, обладает уникальными характеристиками и данными об объекте информационного пространства [195].

При использовании таксономического подхода объект в классификаторе можно привязать только к одной его характеристике, что делает невозможным при помощи такой структуры описать все его признаки. Фолксономический подход лишен этого недостатка, однако не имеет структуры, нет элементарных отношений (род-вид) между узлами, что не позволяет определить объекты, более общего или более частного порядка [116, 197]. Отсутствие связей, указывающих схожие свойства объектов, родительскую связь и иные характеристики делает невозможным осуществить их полноценную классификацию.

На практике фолксномический подход не заменяет таксономический подход, а возлагает на себя некий функционал по описанию характеристик объекта. Объединение двух подходов позволяет достичь более точного и полного описания свойств объекта: с помощью таксономического подхода можно задать категорию объекта информационного пространства и его постоянные характеристики, а с помощью фолксномического описать его признаки и точные свойства.

Для решения проблемы отсутствия взаимосвязанности данных при использовании фолксномического подхода, наиболее популярным решением является ввод дополнительной системы взаимосвязей ключевых характеристик с другими ключевыми характеристиками объектов информационного пространства, при которой любая характеристика может иметь любое количество связей любого типа с другими характеристиками. Подобный тип организации данных называют семантической сетью и зачастую используются в экспертных системах как база знаний [1, 51]. Во избежание трудностей, вызванных многообразием и несогласованностью фолксномических данных принято использовать набор определённых характеристик для объектов информационного пространства.

1.11 Анализ моделей поддержки принятия решений при управлении доступностью ОСИ

Задача, связанная с разработкой моделей поддержки принятия решений, направленных на реализацию методов структуризации социально-ориентированных данных, требует наличия научно-практической базы для проведения исследований. Огромную роль в области организации информационного процесса в автоматизированных системах играют труды таких ученых как Артамонов В.С., Башарин Г.П., Клейнрок Л., Малыгин И.Г., Советов Б.Я., Щербаков О.В. и других [63, 121, 207]. Существенный вклад в становление и развитие концепции информационного хранилища внесли ученые К. Дейт (Date С.), У. Инмон (Inmon W.), Кузнецов С.Д., Львов В.В., Дж. Ульман, Цегелик Г.Г., Вольфенгаген В.Э., Кузин Л.Т., П. Чен

(Chen P.), Тиори Т. (Teogey T.), Фрай Дж. (Fry J.) и другие [103, 127, 215, 233].

Массивы данных социально-ориентированных систем, сгенерированные в результате взаимодействия субъектов информационного пространства организованы по принципу фолксномии и формируют общую структуру данных, состоящую из трёх множеств: $U = \{u_n\}_{n=1}^N$ – множество субъектов (пользователей), генерирующих два других множества, $O = \{o_i\}_{i=1}^I$ – множество объектов и $P = \{p_j\}_{j=1}^J$ – множество признаков [6, 34, 102]. Формированию принципов фолксномии на современном уровне уделено внимание в трудах ученых Thomas Vander Wal, Joshua Porter, Lehman & Wille, С.О. Кузнецов, Д.И. Игнатов, Й. Пульманс [50, 12, 97, 116]. Разработка математических моделей структуризации данных социально-ориентированных информационных систем обусловлена необходимостью повышения качества информационного поиска, обработки и представления результатов. Для структуризации данных информационных систем зачастую применяются методы, направленные на построение онтологии информационного пространства выбранной ИС [15, 39, 104]. Онтология является моделью знаний, которая может использоваться для описания семантики объектов ИС. В общепринятом смысле онтология – раздел философии, изучающий фундаментальные принципы бытия, характеризующие определенную предметную область. В 80-х годах термин «онтология» мигрировал из философии в область компьютерной науки, он был использован рядом исследовательских сообществ по искусственному интеллекту (ИИ) вначале в области инженерии знаний, в обработки естественных языков, а затем, в представлении знаний. Вопросы применения онтологии к автоматической обработке данных исследовались в трудах российских и зарубежных исследователей П. Воссена (P.Vossen), Ю.А. Загорулько, Б. Магнини (B. Magnini), А.С. Нариньяни, О.А. Невзоровой, С. Ниренбурга (Nirenburg S.), В. Раскина (Raskin V.), В.Ш. Рубашкина, М.Г. Мальковского, Miller G., Х. Феллбаум (C. Fellbaum), Т.Р. Грубер [36, 110, 155, 156, 184]. Основные методологические подходы извлечения и структуризации данных ИС были заложены в публикациях Доброва Б.В. (2009), Соченкова И.В., Тихомирова

И.А. (2009), Сидоровой Е.А. (2015), P.N. Mendes (2008), A. Niculescu-Mizil (2017), E. Agichtein (2000), A. Yates (2013), D. Zelenko (2003) [53, 104, 105, 203, 208]. Активно исследуется и развивается онтологический подход к представлению знаний предметной области, на основании которого разрабатываются интеллектуальные информационные системы. В качестве методологической основы в области управления знаниями в социальных и экономических системах, онтологического инжиниринга использованы труды ученых: Xiong N., Aamodt A., Nilsson M., Sollenborn M., Guarino N., Юдина В.Н., Варшавского П.Р., Новикова А.М., Гавриловой Т.А., Захаровой И.В., Тузовского А.Ф., Хабарова В.И., Хорошевского В.Ф.

1.12 Подходы и алгоритмы структуризации социально-ориентированных данных о доступности ОСИ для МГН

Содержательная постановка задачи классификации социально-ориентированных данных состоит в следующем. Для проведения исследования были использованы социально-ориентированные массивы данных об ОСИ. Общая структура таких данных, состоит из трёх множеств: $O = \{o_i\}_{i=1}^I$ – множество объектов, $P = \{p_j\}_{j=1}^J$ – множество признаков, $U = \{u_n\}_{n=1}^N$ – множество субъектов (пользователей), которые генерируют множества объектов и признаков [173, 176]. Данные слабо связаны (loosely coupled), не имеют единой структуры, множество признаков распределено между множеством объектов и каждый признак принадлежит только «своему» объекту. Задача классификации также затруднена в связи со сложностью структуры данных, включающей три множества, для структуризации которых объектно-признакового представления недостаточно [14, 20, 34]. Такие подходы как иерархическая кластеризация или метод k -средних, способны выявить группы схожих объектов предметной области, но при этом не показывают общее признаковое описание объектов, которое повлекло это сходство [102].

Требуется разработка методологической цепочки взаимосвязанных процедур, направленных на структуризацию и классификацию данных социально-ориентированных систем, организованных по принципу

фолксономии. Важную роль при формализации модели представления данных имеет структура и состав данных. В рамках исследования необходима разработка механизма формирования связей, для изучения взаимодействия семантики, синтаксиса и морфологии данных социально-ориентированной системы. Для решения данной задачи предлагается произвести разработку онтологии предметной области, посредством создания математической модели с использованием методов теории анализа формальных понятий (АФП) [6, 9, 22, 52].

Онтологии используются для формальной спецификации понятий и отношений, характеризующих определенную предметную область. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку. Онтологии зачастую используются в тех случаях, где требуется обработка данных, учитывающая их семантику, например, для повышения эффективности поиска в сети интернет [17, 25, 156]. В последнее время получили широкое распространение различные интеллектуальные системы на основе онтологий. Каждый пространственно-ориентированный объект, занесенный в ГИС, содержит, как минимум, три типа данных: пространственные, описывающие положение объекта в координатной плоскости, семантические, включающие текстовую, числовую, графическую и другую информацию, а также атрибуты объектов (метаданные). Метаданные описывают характеристики объектов-носителей информации и способствуют идентификации, обнаружению, оценке и управлению этими объектами [18, 26]. Метаданными наделены любые документы, программы, изображения, музыка, и другие объекты информационного пространства. Ресурсы предназначены для восприятия человеком, а метаданные используются машинами (поисковыми роботами и другими интеллектуальными агентами) для получения однозначной информации о свойствах этих ресурсов с помощью механизмов логического вывода.

Используя данные об ОСИ, можно выделить семантическую составляющую, содержащуюся в высказываниях, текстах и передаваемую через значения единиц речи. Имея достаточный объем семантических

данных и метаданные объектов предметной области возможна организация семантической сети. Семантическая сеть (Semantic Network) – это информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними [35, 185].

Исходными данными для организации семантической сети являются не только данные, описывающие характеристики объекта информационного пространства, но и сгенерированные в результате действий пользователей ресурса. В случае, если пользователи ресурса имеют возможность взаимодействия и совместного использования различных электронных ресурсов, данный ресурс считается социальным (social resource sharing systems) [26, 203]. Примером такого способа компьютерно-опосредованного взаимодействия служат такие ресурсы как MySpace, Facebook, Одноклассники, Вконтакте, Instagram, Twitter, медиа сайты Flickr и YouTube, коммерческие сайты eBay, Amazon, Aliexpress и др. Нетрудно выделить общие характеристики подобных систем, такие как:

- Возможность удаленного размещения/хранения/управления информацией, данными и медиа-контентом.
- Возможность межпользовательского обмена данными и информацией.
- Возможность публичного размещения материалов и информации.
- Возможность просмотра/оценки/комментирования/копирования накопленного другими пользователями контента.
- Возможность использования периферийного оборудования для работы с системой и межпользовательского взаимодействия, в том числе коммуникации.
- Хранение пользовательской информации, настроек системы, данных регистрации пользователя.
- Наличие открытого API (опционально).
- Сервис-ориентированный дизайн продукта.

Исследование реализует метод организации онтологии данных об объектах социальной инфраструктуры городского хозяйства. Данные

представлены в виде множества объектов и множества их признаков (формальный контекст), формирующих бинарные матрицы. Реализован оригинальный подход поиска связности и близости социально-ориентированных данных с целью организации классификации данных с помощью инструментов теории АФП [22, 102]. С помощью операторов Галуа определено множество формальных понятий, а для наглядного представления решеток формальных понятий объектов и их признаков использовались диаграммы Хассе. Поскольку признаки ОСИ являются вещественными и содержат как качественные, так и количественные характеристики, а теория АФП применима только к данным с номинальными признаками, в исследовании применена процедура обработки признаков с целью их бинаризации.

Алгоритм работы теории АФП, используя операторы Галуа порождает формальные понятия отдельно для каждого из классов до тех пор, пока не будут найдены все минимальные гипотезы. Согласно алгоритму, процедура генерации «потомков» формального понятия прекращается, как только формальное содержание понятия является гипотезой. Таким образом вычисляются минимальные гипотезы, так как порождения других гипотез, подмножеством которых являются выделенные ранее гипотезы, не происходит. Диаграммы Хассе позволяют наглядно представить построенные решетки формальных понятий [23].

Рассмотрение логико-алгебраических подходов к построению моделей онтологии ИС на базе бинарных признаков объектов информационного пространства позволило исследовать различные представления в виде алгебраических структур: решеток, полурешеток, произведений решеток, обеспечить анализ отношений различных порядков, выполнить графическую иллюстрацию понятий логического мира [146, 212]. На основании данной методики возможно решение задач отбора необходимых пространственно-ориентированных данных, организации функции интеллектуального поиска и иных задач по информационному обеспечению маломобильных групп населения. Разработки в данной области могут быть использованы в качестве дополнительного инструмента геопространственного ориентирования, как эвристический метод для

получения данных в информационно-справочных системах, а также как механизм выявления оптимальных зон, точек и маршрутов на местности по заданным критериям применительно к задачам поддержки принятия решений при управлении доступностью ОСИ для МГН [213].

1.13 Выводы по главе 1

Для повышения эффективности управления доступностью ОСИ был проведен анализ накопленного опыта исследований в области управления недвижимостью и удовлетворения потребностей МГН относительно доступности ОСИ и информации о них. Изучена стратегия и тактика управления доступностью ОСИ, обоснованная с использованием принципов управления посредством разработки СППР, программных методов и алгоритмов организации данных, обеспечивающих возможность добиться быстрого повышения качества управленческих решений и предоставляемых информационных услуг населению, включая МГН и людей с ограниченными возможностями за счет интеграции механизмов интеллектуальной поддержки и автоматизации управленческих и коммуникационных процессов. Формализованы задачи управления доступностью ОСИ для повышения качества жизни МГН в проектировании систем поддержки принятия решений.

Уделено внимание вопросу информационной обеспеченности МГН относительно физической доступности объектов социальной инфраструктуры с точки зрения людей с ограниченными возможностями. Подробный анализ социально-ориентированных информационных ресурсов (рассмотрено более 300 разработок) позволил определить принципы и методы построения социально-ориентированных систем, изучить их объектные модели, выявить наиболее востребованные и социально значимые услуги, оказываемые в сети интернет [162]. Впервые описаны и формализованы классы ресурсов для людей с ограниченными возможностями. Сформулированы требования к функционалу системы управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ, направленной на обеспечение качественного новых социальных

эффектов в сфере формирования безбарьерной городской среды. Описаны подходы к реализации математических моделей СППР в области управления городским хозяйством с помощью геоинформационных технологий и теории АФП.

Анализ научных публикаций по теме исследования позволяет утверждать, что, несмотря на значительное количество работ, непосредственно посвященных структуризации фолксономических данных с целью информационной поддержки в ходе принятия управленческих решений, вопрос разработки моделей систем поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН остается недостаточно проработанным. Разработка и создание методов автоматического анализа и извлечения фолксономических данных городской среды, их обработки для поддержки процесса принятия решений, с помощью онтологических моделей на основе теории анализа формальных понятий представляет научный интерес и требует детального исследования. Обращает на себя внимание также недостаточная изученность вопросов, связанных со спецификой в области управления данными, направленными на повышение качества жизни МГН. Разработка такой методологии создания и реализации геоинформационной системы поддержки принятий решений для МГН на основе фолксономического подхода с использованием теории анализа формальных понятий, представляет собой научно-техническую проблему, разрешение которой позволит ускорить процесс и повысить качество и эффективность принятия управленческих решений в сфере обеспечения доступности социальной инфраструктуры для МГН и, как следствие, уровня жизни в России.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА

2.1 Алгоритмы и схемы поддержки принятия решений в управлении доступностью ОСИ для МГН

В современном информационном обществе количество анализируемой информации растет экспоненциально, а технологический аппарат текстового и семантического производства увеличивается. Текстовая (семантическая) информация становится важной формой социального взаимодействия, что делает актуальным методологию изучения информационного пространства и его структурирования [2, 115].

Часто возникают задачи, связанные с анализом атрибутивных данных, например, информация о площади, длине, количеству и иных параметрах объектов информационного пространства. В работе использован подход к структуризации данных за счет комбинации алгоритмов и процедур обработки и объединения данных из разных источников, что позволило получить оригинальный метод решения задачи информационной поддержки в области доступности ОСИ для МГН [133]. Основная идея предложенного метода поддержки принятия решений заключается в решении двух основных задач:

1. Рассмотрение и поиск объектов социальной инфраструктуры на карте и сортировка по уровням доступности и иным параметрам. Эта задача решается средствами ГИС и пространственного анализа.

2. Изучение структурированных наборов атрибутивных, пространственных и социально-экономических данных относительно доступности ОСИ. Задача решается с помощью математических методов и алгоритмов обработки семантических и числовых данных.

При этом лица, ответственные за принятие решений (ЛПР) могут многократно решать задачу относительно разных ОСИ и их характеристик, поскольку весь процесс представления геоданных и структуризации атрибутивных и социально-ориентированных данных по заданным

критериям полностью автоматизирован. Выбор конечного управленческого решения в этом подходе остается за ЛПР.

Исходные данные для обеспечения информационной поддержки в области доступности ОСИ для МГН имеют различную природу и форму представления. Установленные законодательством требования к доступности ОСИ, карты и городские планы, а также наборы пространственных и атрибутивных данных существующей системы городской социальной инфраструктуры формируют параметры моделей представления и структуризации данных [174-177, 220].

Схема процесса принятия решений представлена на рисунке 16. Наборы пространственных объектов площадной, линейной, точечной информации используются для построения моделей представления данных о доступности, используя городские планы и карты, а также модели структуризации социально-ориентированных данных, используя требования к доступности ОСИ [96, 110].



Рисунок 16. Схема процесса принятия решений

Основной идеей и отличием предложенного метода от других методов пространственного анализа является сведение всех параметров объектов социальной инфраструктуры к универсальному комплексному представлению в виде множества слоев объектов геоинформационного пространства, и структурированных наборов атрибутивных и социально-ориентированных данных. Результатом применения метода являются карты, на которых выделяются зоны, отражающие уровень доступности

ОСИ и подробное описание ОСИ, содержащие ключевые параметры объектов [192]. С точки зрения научно–методологических основ поддержки принятия управленческих решений по обеспечению доступности ОСИ предложена концепция поддержки процесса управления доступностью ОСИ для МГН (Рисунок 17).

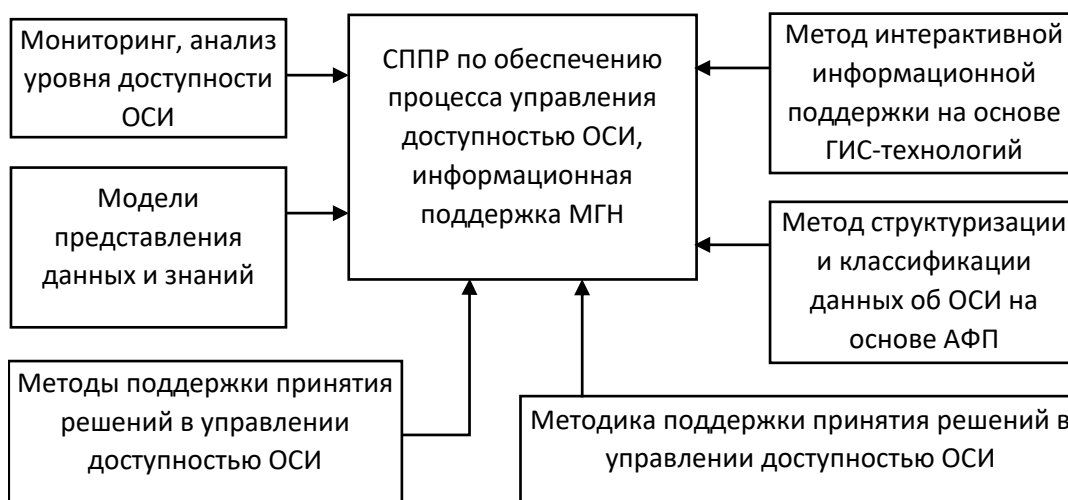


Рисунок 17. Схема концепции поддержки принятия управленческих решений по обеспечению доступности ОСИ

В состав системы поддержки принятия решений входят три основных компонента: база данных, база моделей и программная система, которая в свою очередь состоит из системы управления базой данных (СУБД), системы управления базой моделей и системы управления интерфейсом пользователя [16, 103, 135]. Данные из базы данных в информационной технологии поддержки принятия решений используются пользователем для расчетов с использованием математических моделей [147, 193]. Программную систему управления можно представить в виде совокупности подсистем:

1. Подсистема связи с помощью запросов обеспечивает импорт данных, характеризующих состояние ОСИ для идентификации степени доступности, экспорт этих же данных обратно в СУБД с результатом идентификации.
2. Подсистема обновления базы данных предназначена для автоматизации передачи данных для проведения расчетов.
3. Подсистема анализа решает задачу классификационного анализа – идентификацию степени доступности ОСИ.

Информационная технология поддержки принятия решений используется на разных уровнях управления и подразумевает координацию действий ЛПР на всех уровнях [163, 140]. Структура системы поддержки принятия решений, функции составляющих ее блоков, определяющих основные технологические операции представлена на рисунке 18.

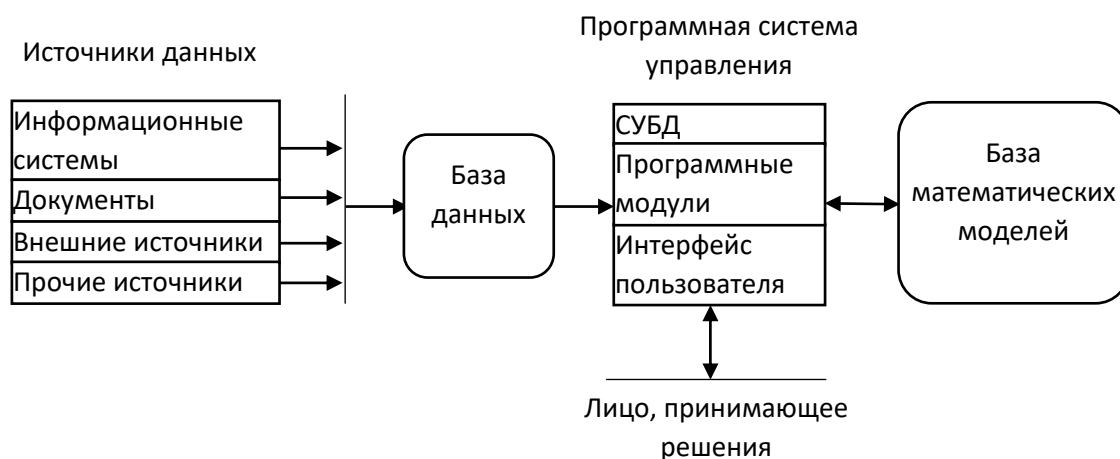


Рисунок 18 - Основные компоненты информационной технологии поддержки принятия решений

Пользователь или ЛПР посредством интерфейса автоматизированной системы транслирует запросы к базе данных, на основе которых система управления базами данных формирует ответы. Пользователь получает ответы в виде сформированных документов, отображаемых через интерфейс автоматизированной системы [150]. Выявленные знания позволят решить задачу разделения ОСИ на категории доступности по совокупности наиболее значимых признаков с последующей классификацией новых ОСИ – определением их принадлежности к той или иной категории. Предполагается использование современных методов анализа данных в качестве инструментария поиска и выявления новых знаний, которые могут быть использованы для построения СППР [199].

На рисунке 19 приведена блок-схема алгоритма, описывающего процесс интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении доступностью ОСИ для МГН и позволяющего учитывать влияние изменений на степень доступности социальной городской среды.

Разработанный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении доступностью ОСИ для МГН включает в себя блоки:

Блок 1 – сбора информации о характеристиках ОСИ и параметров управления;

Блок 2 – обработка параметров и расчёт возможных управленческих решений;

Блок 3 – анализ и визуализация возможных управленческих решений;

Блок 4 – формирование результатов управления, информационная поддержка.

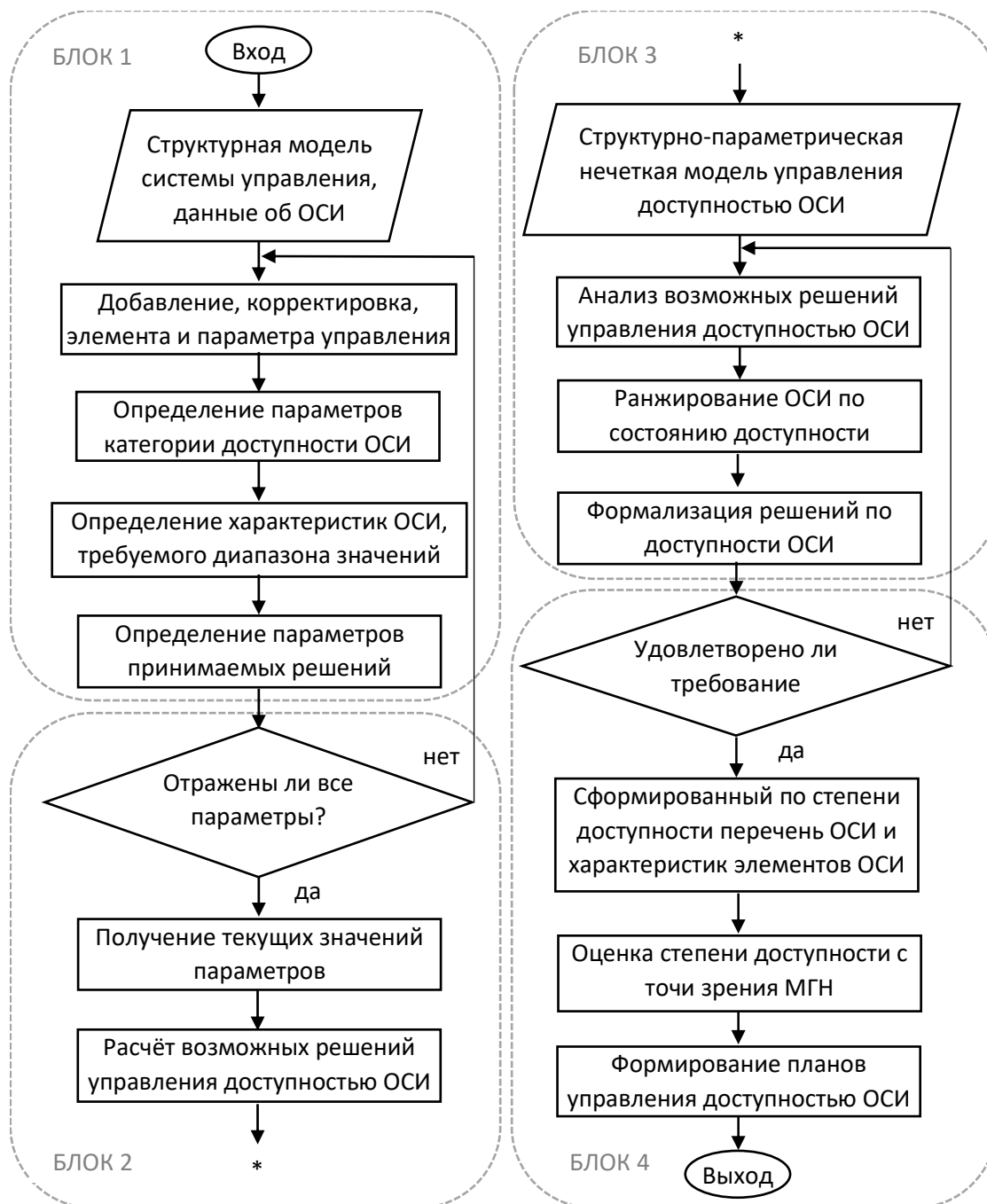


Рисунок 19. Блок-схема алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении доступностью ОСИ для МГН

Суть алгоритма заключается в автоматизации планирования и учета ОСИ по степени их доступности [62, 124]. Для определения соответствующей категории доступности использован фолксономический подход. СППР позволяет ЛПР оперативно получать сводки о выявленных недостатках городского хозяйства в области доступности ОСИ, принимать участие в контроле и надзоре, формировать необходимые отчеты и акты.

Таким образом, автоматизация процесса поддержки принятия решений в управлении доступностью ОСИ для МГН позволит повысить производительность в области управления городским хозяйством, улучшить качество жизни МГН, за счёт более детального анализа и описания степени доступности ОСИ, формирования замечаний и предложений по обеспечению безбарьерного пространства и удовлетворению информационных потребностей МГН.

2.2 Концептуальная модель совершенствования процесса управления доступностью социальной инфраструктуры для МГН

Процесс поддержки принятия решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН можно представить в виде совокупности процедур, включающих предварительную обработку данных, классификацию задач управления, управляющее воздействие, объект управления, результат воздействия и обратную связь от объекта управления, выраженную в виде реакции от МГН. Реакция от МГН представляет собой набор текстовых, графических, количественных, качественных и иных неструктурированных социально-экономических данных, а также данных организованных по принципу фолксономии, в связи с чем актуальна проблема разработки методов структуризации подобных наборов данных и создания геоинформационной системы поддержки принятия решений в сфере управления доступностью социальной инфраструктуры цифрового города, что позволит ускорить процесс и повысить качество управленческих решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН [162, 186]. На рисунке 20 представлена концептуальная модель СППР управления

доступностью ОСИ для МГН и приведено описание основных ее элементов и принципов работы.

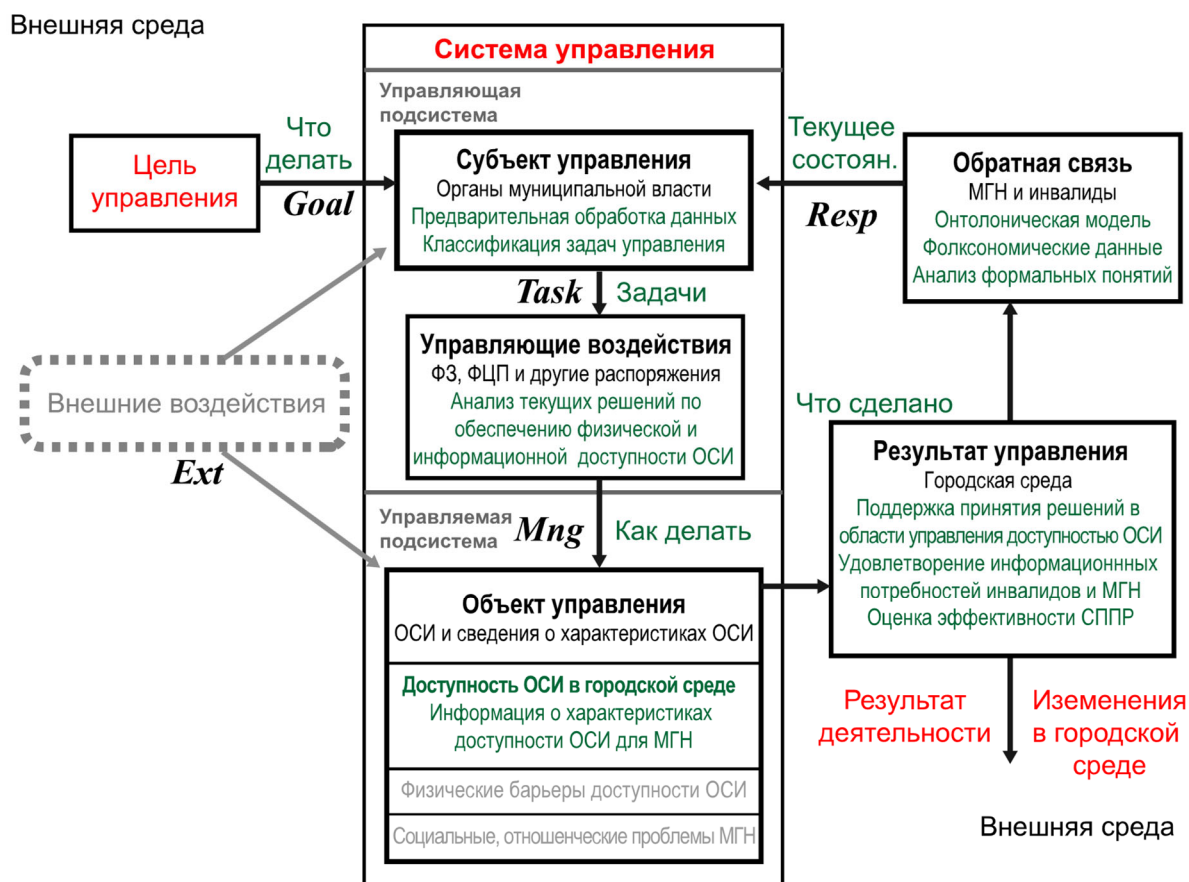


Рисунок 20. Концептуальная структура модели системы управления доступностью ОСИ

В процессе функционирования системы субъект управления получает информацию *Resp* о текущем состоянии объекта управления и информацию *Goal* о том, в каком состоянии должен находиться объект управления.

Изменения объекта управления происходят под воздействием внешних факторов, являющихся следствием управленческих воздействий и других изменений внешней среды *Ext*.

Сравнение информации *Goal* и *Resp* порождает набор управляющей информации *Task*, которая позволяет выработать управляющее воздействие *Mng*, которое требуется для приведения объекта управления в необходимое состояние.

Субъект управления получает информацию о множестве возможных состояний объекта управления, а также о том, в каком из состояний должен находиться объект управления при заданных внешних условиях.

Информация обратной связи *Resp* является фундаментальным понятием в теории управления, под которым понимают передачу воздействия с выхода какой-либо системы обратно на ее вход. В системах управления обратная связь является информационной, и с ее помощью в управляющую подсистему поступает информация о текущем состоянии управляемой подсистемы.

Набор управляющей информации *Task* возникает в результате обработки информации *Goal* и *Resp* и результатов работы органа управления.

Информация *Goal* содержит формализованные цели управления, при достижении которых управление является оптимальным. Критерием оптимальности управления является количественно измеряемая величина, отражающая цель управления.

Схему процесса поддержки принятия решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН можно разделить на несколько элементов:

1. Цель управления, заключающаяся в оптимальном обеспечении процесса управления доступностью ОСИ для МГН.

2. Внешние воздействия, отражающие возмущения объекта и субъекта системы управления на внешнюю среду.

3. Управляющий орган, являющийся частью управляющей подсистемы, выраженный в виде субъекта управления (органов муниципальной власти) с помощью инструментов системы управления обеспечивает предварительную обработку внешних данных, реакцию обратной связи, производит классификацию задач управления, обеспечивает передачу информации далее в исполнительный орган.

4. Исполнительный орган, являющийся частью управляющей подсистемы, выраженный в виде управляющего воздействия (основываясь на ФЗ, ФЦП и других распоряжениях) производит обзор возможных вариантов решения и вырабатывает непосредственно само управляющее воздействие.

5. Объект управления является частью управляемой подсистемы и непосредственно представляет собой набор характеристик и сведений об ОСИ, его состоянии на текущий момент и необходимых факторов для приведения в необходимое состояние.

6. Результат управления, представляющий собой набор параметров, транслирующихся во внешнюю среду и содержащих результат деятельности системы управления, а также реакцию внешней среды.

7. Обратная связь от объекта управления, выраженную в виде реакции внешней среды (Органы власти, МГН и другие фракции). Реакция от объекта управления представляет собой набор текстовых, графических, количественных, качественных и иных неструктурированных социально-экономических данных, в том числе организованных по принципу фолксономии.

2.3 Модель обработки фолксономических данных о доступности социальной инфраструктуры с помощью теории АФП

В работе представлена возможность использования фолксономического подхода в организации и классификации социально-ориентированных данных, направленная на выявление наиболее оптимальных семантических и пространственно-ориентированных решений об объектах социальной инфраструктуры. Рассмотрены вопросы совместного применения нескольких методов классификации социально-ориентированных данных с целью сортировки и упорядочивания. Выработаны методологические и алгоритмические решения по объединению различных методов классификацию с целью более точного описания свойств и характеристик объектов предметной области. Исследованы возможности комбинирования фолксономического и таксономического подходов классификации данных с целью выявления и объединения наилучших качеств каждого из подходов [30, 84, 211].

Предлагается объединить таксономический и фолксономический подходы, а именно: помимо строго определенных иерархических категорий и свойств объекта использовать агрегированные признаки, характеристики

и свойства объектов информационного пространства, накопленных в результате действий пользователями системы. В ходе исследования была применена комбинированная классификационная система, в которой основная таблица классификации дополнена таблицами типовых значений, исходя из данных базовых семантических суждений (БСС), а классификационные индексы образуются путем объединения классификационных кодов основной таблицы с кодами типовых значений, образованных с помощью фолксономического подхода.

Одна из задач исследования направлена на получение информации об объектах социальной инфраструктуры, обмена опытом перемещения маломобильных групп населения, выявления наиболее оптимальных маршрутов и популярных территорий, а также выполнения различных алгебраических операций с семантическими данными ГИС. [3, 38] Основные проблемы структурирования семантической и иной информации заключаются в отсутствии методологической цепочки взаимосвязанных процедур. Необходимы четко сформулированные содержательные задачи для создания онтологии, понимание содержательных и ресурсных ограничений разрабатываемых методов, выявление наиболее подходящих математических алгоритмов для обработки информации и адекватных форм для представления результатов. Основу средств семантического моделирования в интеллектуальных системах обеспечивают блоки обнаружения и приобретения знаний, включая механизмы извлечения и формирования знаний на основе измерений, работы с экспертами и онтологического инжиниринга [35].

Анализ формальных понятий (англ. Formal Concept Analysis, FCA) – ветвь прикладной алгебраической теории решёток, позволяющая определить объектно-признаковые зависимости путем построения диаграммы решётки формальных понятий [33]. В теории АФП объектно-признаковая группа, в которой каждый объект обладает всеми признаками, присущими данной группе объектов, называется формальным понятием. Формальное понятие состоит из множества объектов (объема понятия), каждый из которых обладает некоторым множеством признаков (содержание понятия), с тем условием что больше никакой объект всеми

этими признаками не обладает (аналогично для признаков). Изучение интересных групп объектов и признаков значительно упрощает классификацию данных и позволяет построить иерархию найденных понятий по вложению их объемов в виде решетки понятий, являющейся графом «общих понятий» [47, 172, 222].

С помощью АФП производится формализации единицы человеческого мышления – формального понятия (пары, состоящей из объема и содержания). Объем состоит из множества всех объектов, обладающих всеми признаками из содержания, а содержание – из множества всех общих признаков этих объектов; т.е. выполняется условие замкнутости, максимальности размера объема и содержания. Для формальных понятий применим закон обратного соотношения между размером объема и содержания понятия [37]. Имея множество формальных понятий, можно построить частичный порядок (иерархию) по отношению «быть более общим понятием», в котором понятие с большим по вложению объемом будет более общим для понятия с меньшим объемом. Такой порядок обладает свойствами алгебраических решеток и называется решеткой понятий [33, 173].

Используя возможности математического аппарата АФП можно произвести разработку онтологии предметной области посредством создания динамически обновляемого тезауруса знаний и представлений об объектах информационного пространства и их признаках с целью организации справочника и инструмента оперативного получения постоянно обновляемых фолкосномических данных, сформированных в результате действия пользователей СППР управления доступностью ОСИ для МГН [35, 185]. Применительно к разрабатываемой СППР исследование предполагает изучение возможностей выявления наиболее оптимальных пространственно-ориентированных и семантических решений. Создание онтологии в данном контексте предполагает создание сети объектов и их признаков, содержащих метаданные об объектах информационного пространства, и существующей параллельно с ними.

Для разработки онтологии необходимо определение классов объектов и описание их отношений с помощью одного из формальных языков.

Процесс построения онтологии чаще всего начинается с создания базовой онтологической структуры, таксономического ядра онтологии, представляющего основные понятия предметной области и родовидовые связи между ними, что делает автоматизацию процесса построения онтологии весьма актуальной задачей [25, 216].

Было установлено, что для построения онтологии предметной области необходима реализация методики логико-алгебраического процесса семантического моделирования и разработки средств онтологического анализа данных (ОАД). ОАД, в свою очередь, заключается в методическом комплексе, направленном на выявление формальной онтологии предметной области (ПрО) на основе эмпирических объектно-признаковых данных, структурированных согласно формату представления информации «объекты-признаки», построенного на принципах теории анализа формальных понятий. Математические инструменты «приобретения» знаний (автоформализация) реализуют возможности формирования алгоритмов по созданию онтологии ПрО [185]. Определены характерные для ОАД свойства, отличающие данный подход:

- поддерживается построение произвольных отношений между объектами информационного пространства (согласно концепции «отношение – проявление внутренних признаков (свойств) объектов»);
- допускается различного рода неполнота исходной эмпирической информации, противоречия обрабатываются в извлекаемых из первичных данных базовых семантических суждениях (БСС) о ПрО вида $o_i Y p_j =$ «объект o_i наделен признаком p_j »;
- в анализ вовлекается экспертное мнение, содержащее сведения о взаимосвязях признаков (свойств) объектов – «ограничения существования» свойств (ОСС).

Используемые в исследовании методы онтологического анализа данных (ОАД) задействуют подходы классического анализа данных (Data Mining) и теорию анализа формальных понятий. ОАД автоматизирует построение онтологий на основе измерения объектов и признаков предметной области. Результаты измерений оформляются в виде таблиц

«объекты-признаки». Строки таблиц соответствуют объектам, которые составили эмпирическую выборку объектов, состав столбцов отражает возможные измерительные процедуры, а ячейки таблицы содержат результаты выполнения измерительных процедур над объектами предметной области [104].

Отличительными положениями ОАД являются:

- Допущение отсутствия информативного результата измерений.
- Механизм измерения зависит от структурных отношений между объектами ПрО и спецификой обработки этих измерений.
- Арсенал измерительных процедур формируется согласно априорным гипотезам исследователя. (на практике чаще всего ограничиваются бинарными отношениями).

Промежуточным результатом ОАД является объектно-признаковая модель ПрО, использован алгоритм классификации по положительным и отрицательным признакам, а именно:

1. Бинаризация признаков;
2. Вычисление минимальных гипотез, соответствующих положительным и отрицательным признакам;
3. Классификация недоопределенных признаков на основе выбранных гипотез:
 - а) Если объект содержит гипотезы только из положительного (отрицательного) класса, то объект классифицируется положительно (отрицательно);
 - б) Если объект содержит гипотезы из обоих классов, алгоритм отказывается от классификации по противоречию;
 - в) Если объект не содержит никакие гипотезы из обоих классов, алгоритм отказывается от классификации по недостатку информации.

При использовании анализа формальных понятий (АФП) для построения онтологии можно говорить о построении «скелета» онтологии – решетки формальных понятий, выводе множества понятий предметной области и выявлении заданного на этом множестве отношения «общее-частное». Исходные объектно-признаковые данные, в рамках теории АФП,

получили название формального контекста, а для фолксономий исходные данные содержат еще одно дополнительное множество, которое в АФП принято называть правилом, или условием. Для формализации модели социально-ориентированных данных, состоящих из трёх множеств O, P, U с помощью теории АФП, вводится еще одно множество Y , описывающее тренарные отношения множествами, являющееся правилом, по которому выделяются упорядоченные тройки элементов из множеств O, P, U [84].

Основная математическая идея теории анализа формальных понятий – используя бинарные отношения между множествами объектов и их признаков, можно построить «скелет» онтологии, то есть полную решётку формальных понятий, а также формализовать описание понятий в виде пары <объём, содержание>. В исследовании фолксономическая структура данных организована с помощью математического аппарата теории анализа формальных понятий (АФП) [197]. Применительно к объектам семантического пространства СППР теория АФП обеспечивает методы и алгоритмы увеличения релевантности объекта классификации путем динамического обновления свойств и характеристик объекта используя социально-ориентированные данные [205]. При оценке истинности БСС предлагается использовать более адекватную многозначную логику с помощью, которой обеспечить связывание модели неполноты исходных данных с более общей моделью ОСС.

Формализация процесса управления доступностью ОСИ для МГН обуславливает необходимость предварительного анализа структуры и компонентов данного процесса. Предложена кибернетическая модель управления доступностью ОСИ для МГН (Рисунок 21). В качестве ограничений (внешние воздействия) могут выступать требования к информационному, техническому и организационному обеспечению процесса управления доступностью ОСИ для МГН; требования к характеристикам ОСИ, их составу; ограничения по различным направлениям категорий доступности и т.д. Объектом управления является процесс управления доступностью ОСИ для МГН, в частности при формировании плана развития городских территорий в соответствии с федеральными и муниципальными требованиями к организации доступной

среды в части информационного и непосредственного (физического) доступа к ОСИ. Механизмом управления является система управления доступностью ОСИ для МГН, в которой на основе стандартов и требований, выраженных в том числе в требованиях законодательных органов власти и обратной связи от МГН (источники требований), с учетом текущего уровня доступности состояния городской среды оказывается управляющее воздействие на объект управления.

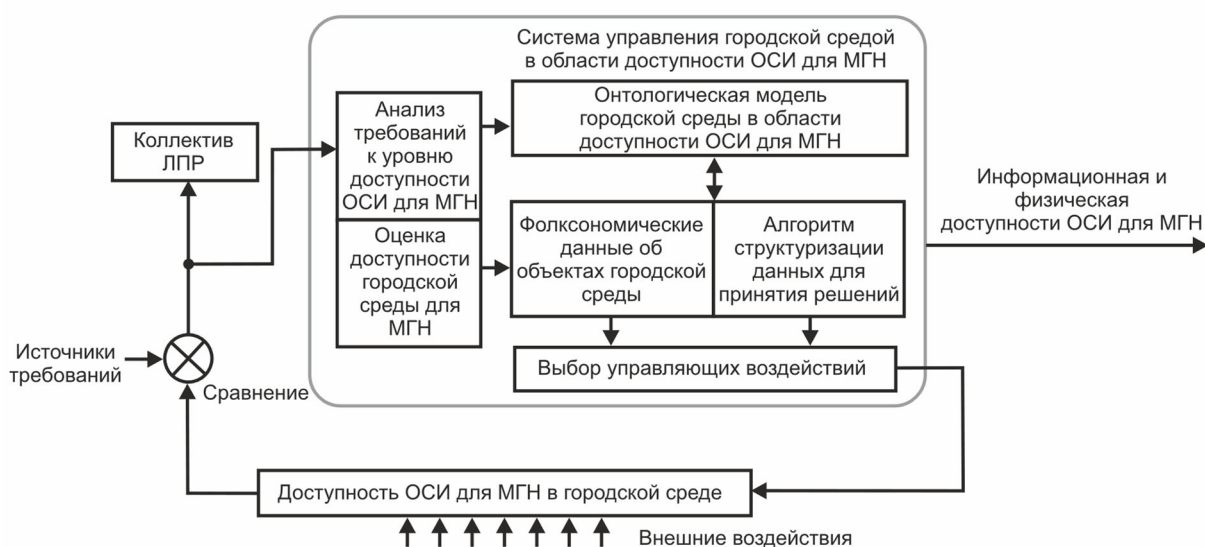


Рисунок 21. Кибернетическая модель управления доступностью ОСИ для МГН

2.4 Онтологическая модель СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Онтологии принято использовать для решения задач автоматизированной обработки и доступа к данным и особо актуальны там, где требуется обработка данных, учитывающая семантику. Онтология является спецификацией концептуализации, т.е. абстракция, упрощенное представление мира, построенное для определенной цели. Концептуализация включает объекты, понятия и другие сущности рассматриваемой области, а также отношения между ними. Концептуализация рассматривается как множество неформальных правил, которые ограничивают структуру части действительности (предметной области). Исходя из различных определений, онтология – это логическая

теория, использующая возможности формального языка для представления модели предметной области в виде сетевой иерархической структуры понятий и отношений между ними [25, 38, 203].

В основу онтологии городской среды в области доступности ОСИ для МГН были положены основные принципы структуризации процесса управления городской средой, за основу взята структура муниципального управления городской средой Администрации г. Ханты-Мансийска. В соответствии с этими принципами была сформирована структура и выделены основные компоненты процесса управления доступностью ОСИ для МГН [192].

На основе фолксномических данных об ОСИ и характеристик управляющей среды на муниципальном и федеральном уровнях был сформирован словарь онтологии, из которого, согласно разработанной структуре, была построена таксономия. Предложена формальная модель онтологии системы управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН (Рисунок 22):

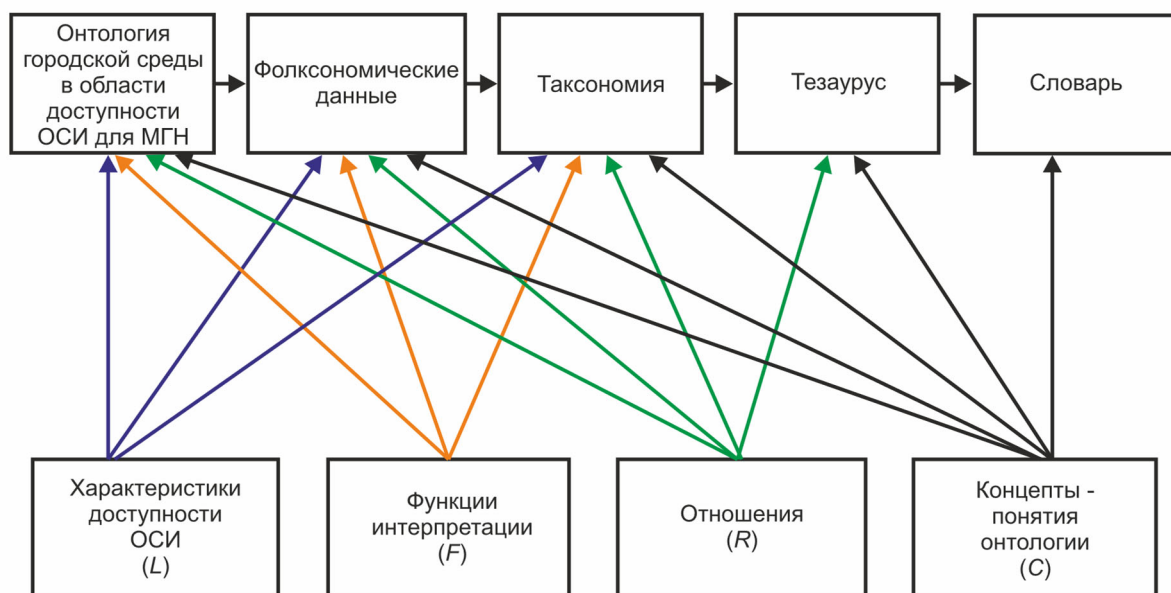


Рисунок 22. Формальная модель онтологии системы управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН

Онтология представляет собой знаковую систему, которую можно выразить следующим образом:

$$ON = \langle C, R, L, F_C, F_{LC}, F_{LR}, \rangle, \text{ где} \quad (1.1)$$

$C = \{c_1, \dots, c_m\}$ – конечное множество концептов (понятий) в онтологии, представляющих собой самостоятельные единицы информационного пространства, включая ОСИ и другие объекты городской среды.

$R = \{r_1, \dots, r_m\}$ – конечно множество отношений $r_i(c_x, c_y)$, попарно связывающих концепты между собой и определяющие возможные пути движения по содержанию.

$L = \{l_1, \dots, l_m\}$ – конечное множество лексических меток, заключающих данные о характеристиках доступности ОСИ, имеющие дискретный характер.

$F_C \subseteq C \times C$, $F_C \in R$ – множество функций интерпретации, которые позволяют корректно истолковать различные познавательные сущности и сопоставлять им концепты из C (позволяют связать когнитивную и онтологическую модели).

$F_{LC} \subseteq L \times C$ – отношение инцидентности между множествами L и C .

$F_{LR} \subseteq L \times R$ – отношение инцидентности между множествами L и R .

Одной из проблем в процессе управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН является выявление несоответствий требований, прописанных в федеральных и муниципальных стандартах по отношению к определенному ОСИ, требованиям, выдвигаемыми МГН, включая инвалидов. С одной стороны, имеется множество требований федеральных и муниципальных стандартов (T_{st}), предъявляемых к ОСИ, представленных в виде свода характеристик доступности. С другой стороны, имеется множество требований МГН, включая инвалидов (T_{mgn}), предъявляемых к ОСИ, представленных в виде выраженных компетентных мнений (T_{mgnk}), и требований общественных организаций (T_{mgno}):

$$T_{mgno} = T_{mgnk} \cup T_{mgno}$$

Таким образом, требования, предъявляемые к ОСИ, представляют собой интеграцию требований федеральных и муниципальных стандартов (T_{st}) и требований МГН (T_{mgn}) без совпадающих требований (T_{match}):

$$T_{osi} = T_{st} \cup T_{mgn} \setminus T_{match}$$

Подбор задачи обеспечения доступности ОСИ осуществляется на основе пересечения требований федеральных и муниципальных стандарта с

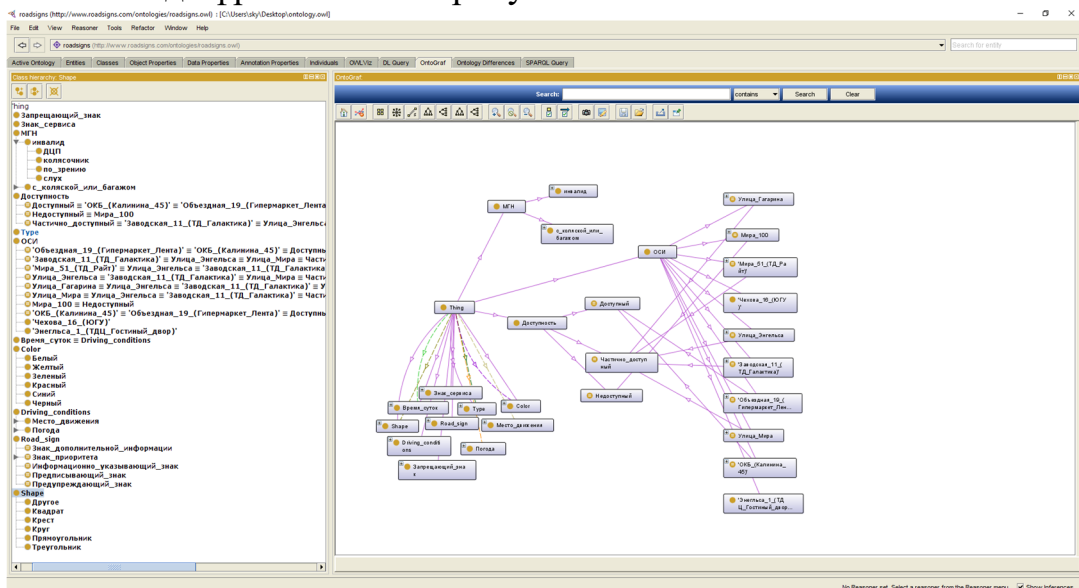
требованиями МГН. При этом остается множество неудовлетворенных требований МГН (T_{nomgn}):

$$T_{nomng} = T_{mgn} \setminus T_{st}$$

В диссертационной работе вышеуказанная проблема решена путем применения технологий онтологического моделирования, с учетом требований МГН при обеспечении доступности ОСИ. Данная онтологическая модель определяет необходимые характеристики доступности ОСИ, в соответствии с требованиями, предъявляемыми МГН.

Так, например, МГН заинтересованы, чтобы определённый ОСИ был наделен требуемыми характеристиками доступности. Данную задачу включает один из пунктов ГП «Доступная среда» [174] об обеспечении уровня доступности конструктивных элементов ОСИ для МГН и открытости информации о городской среде, являясь стандартам федеральных и муниципальных требований. Разработанная онтология позволяет обеспечить поддержку управленческих решений с учетом требований МГН, выраженной в виде фолксномических данных и законодательной федеральной и муниципальной базы стандартов.

Разработанная база знаний с выделенными классами, объектными свойствами, свойствами типа данных и допустимыми значениями выделенных перечислимых классов представлена в виде OWL-онтологии с помощью свободно распространяемого редактора онтологий Protege и отражена в виде фрагментов на рисунке 23.



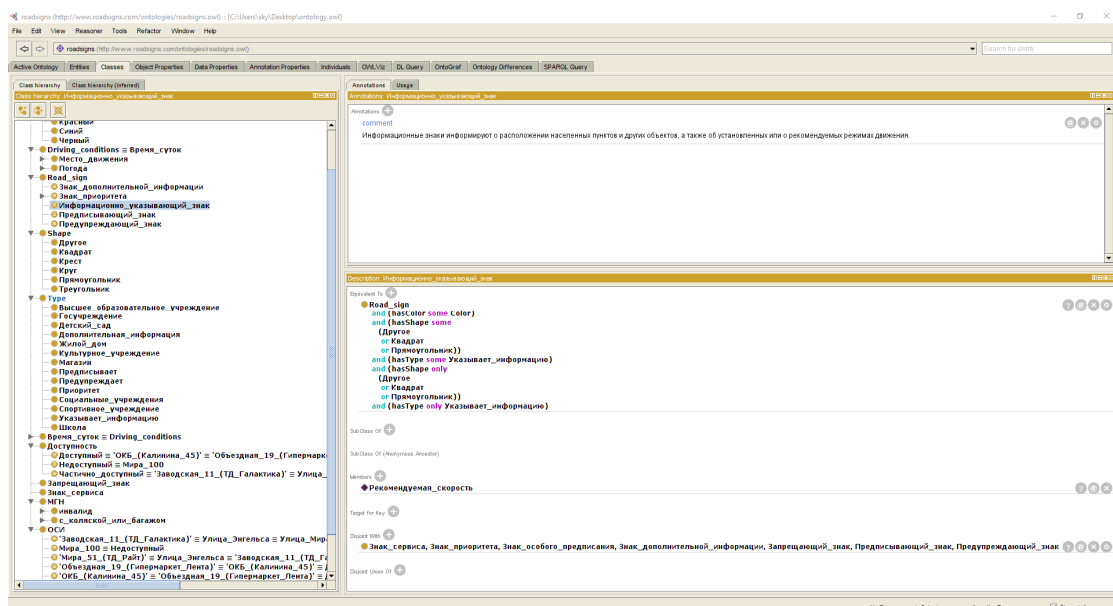


Рисунок 23 – Фрагменты онтологии процесса управления доступности ОСИ для МГН

Вышеуказанная онтологическая модель отличается от известных тем, что применяется в качестве адаптивного инструмента управления городской средой в области обеспечения доступности ОСИ для МГН. В качестве материала для построения были использованы фолксономические социально-ориентированные данные МГН, содержащие информационные тексты о доступности ОСИ на русском и английском языках. Объем составил около 500 тыс. словоупотреблений. Разработанная онтология содержит 593 концепта, 478 отношений и 126 атрибутов. Количество соотнесенных с концептами онтологии лексических единиц составляет 19078 для русского и 597 английского языков соответственно. Онтология совместно с лексиконами образует онтологический ресурс, доступный в виде браузерного приложения.

2.5 Методы классификации и структуризации разнородных данных

Структуризация данных информационных систем посредством формирования базы знаний в виде онтологии выдвигает проблему увеличения семантической связанности данных. Чем выше семантическая связанность данных, тем точнее будет результат на запрос к ИС, а также

требуется меньше вычислительных ресурсов и памяти для хранения данных, что повышает интероперабельность системы. Моделирование знаний в виде семантической сети были начаты в начале 1960-х годов Алланом М. Коллинз, лингвистом М. Росс Киллиан и психологом Элизабет Ф. Лофтус [17, 18]. Позже, описанные в публикациях модели, были применены в качестве инструмента обеспечения связности данных в сети Интернет (Тим Бернерс-Ли, Джим Хендлер) [8]. Семантика – это дисциплина получения значения из коллекции слов или символов. Семантика реализует возможность представления цифровой информации в виде формализованного описания структуры и связанности данных на искусственных языках прикладной математики [155, 236].

Для семантической аннотации данных информационных систем зачастую используют метаданные, которые частично передают семантику и содержат формально представленные знания, об объектах информационной системы. Метаданные – это структурированные, кодированные данные, которые описывают характеристики объектов-носителей информации, способствующие идентификации, обнаружению, оценке и управлению этими объектами [8, 54]. Метаданными наделены любые документы, программы, изображения, музыка, и другие объекты информационного пространства. Метаданные содержат predetermined типы данных, отражающую информацию в виде числового значения, текстового поля или иных свойств и атрибутов, описывающих различные аспекты объекта. Метаданные наделены следующими характеристиками:

- конечный набор типов данных (атрибутов);
- наличие названий у атрибутов;
- формализованный смысл каждого атрибута (трактовка значения атрибута);
- возможность присвоения нескольких значений одному атрибуту.

Семантические метаданные, описывающие контекст и/или контент объекта информационной системы с помощью понятий предметной области, на языке описания онтологии не могут быть созданы без существующего описания знаний предметной области. Напомним, $O = \{o_1, \dots, o_i\}$ – множество объектов ИС. Используя формулировку описания

онтологии ON (1.1), можно выразить семантические метаданные для объекта $o_q \in O$ в виде конечного множества $MD(o_q)$, содержащего упорядоченные пары (a_{qm}, b_{qm}) .

$$MD(o_q) = \{(a_{q1}, b_{q1}), \dots, (a_{qm}, b_{qm})\}, \text{ где} \quad (1.2)$$

$a_{qm} \in A$ – понятия из онтологии, относящиеся к объекту описания o_q ,
 $b_{qm} \in (0; 1]$ – коэффициент, обозначающий релевантность понятия a_{qm} объекту o_q .

Отличительной особенностью предложенного метода является использование онтологической модели фолксномических данных и метаданных об ОСИ в качестве адаптивного инструмента структуризации и методической базы для поддержки процесса управления информационной доступностью ОСИ для МГН и принятия решений в обеспечении доступности городской среды. С помощью дискриминантного анализа данных об ОСИ возможно классифицировать ОСИ по шкале от 1-5 по степени доступности исходя из признаков и характеристик элементов ОСИ. Так, имея общее множество ОСИ O_n можно разделить на 3 группы, определяющие уровень доступности:

1. O_1 – ОСИ с уровнем доступности от 3 до 4;
2. O_1 – ОСИ с уровнем доступности от 4 до 4,75;
3. O_1 – ОСИ с уровнем доступности от 4,75 до 5.

Исходные данные представлены в виде матриц $Y^{(1)}$, $Y^{(2)}$, $Y^{(3)}$, $Y^{(0)}$ размером $(h_n \times 3)$.

$$Y^{(1)} = \begin{pmatrix} y_{1,1}^{(1)} & y_{1,2}^{(1)} & y_{1,3}^{(1)} \\ y_{2,1}^{(1)} & y_{2,2}^{(1)} & y_{2,3}^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{h,1,1}^{(1)} & y_{h,1,2}^{(1)} & y_{h,1,3}^{(1)} \end{pmatrix}; \quad Y^{(2)} = \begin{pmatrix} y_{1,1}^{(2)} & y_{1,2}^{(2)} & y_{1,3}^{(2)} \\ y_{2,1}^{(2)} & y_{2,2}^{(2)} & y_{2,3}^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{h,2,1}^{(2)} & y_{h,2,2}^{(2)} & y_{h,2,3}^{(2)} \end{pmatrix};$$

$$Y^{(3)} = \begin{pmatrix} y_{1,1}^{(3)} & y_{1,2}^{(3)} & y_{1,3}^{(3)} \\ y_{2,1}^{(3)} & y_{2,2}^{(3)} & y_{2,3}^{(3)} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{h,3,1}^{(3)} & y_{h,3,2}^{(3)} & y_{h,3,3}^{(3)} \end{pmatrix}; \quad Y^{(0)} = \begin{pmatrix} y_{1,1}^{(0)} & y_{1,2}^{(0)} & y_{1,3}^{(0)} \\ y_{2,1}^{(0)} & y_{2,2}^{(0)} & y_{2,3}^{(0)} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{h,0,1}^{(0)} & y_{h,0,2}^{(0)} & y_{h,0,3}^{(0)} \end{pmatrix}.$$

где $Y^{(1)}$, $Y^{(2)}$, $Y^{(3)}$ – матрицы, содержащие признаки ОСИ (характеристики доступности элементов ОСИ, метаданные, фолксномические данные, данные информационной открытости и пр.).

$Y^{(0)}$ – матрица новых h_0 - объектов, подлежащих классификации (размерность матрицы $h_0 \times 3$).

На основании исходных данных, формируется перечень доступных вариантов повышения уровня доступности городской среды с учетом требований МГН и федеральных и муниципальных стандартов; средний балл, которым наделен ОСИ по каждой характеристике доступности и другим признакам, определяющим объект как доступный с точки зрения МГН; рекомендации для поддержки принятия решений относительно управления городской средой в области доступности ОСИ.

При этом оценки по уровням доступности ОСИ для МГН в процессе управления городской средой могут корректироваться в зависимости от результатов управленческой деятельности, т.е. присутствует обратная связь, что делает процесс обеспечения доступности ОСИ управляемым. Также степень доступности ОСИ можно представить в разрезе характеристик и признаков доступности с точки зрения МГН и требований законодательных стандартов, что позволит осуществлять мониторинг уровня доступности ОСИ на всех этапах жизненного цикла. Кроме этого, на основании данной оценки, система выдает рекомендации по улучшению характеристик доступности каждого из ОСИ. В качестве рекомендаций выдаются ссылки на законодательную базу с указанием признаков соответствующих характеристик доступности. Стоит отметить, что список необходимой законодательной базы соотносится с уровнем доступности и адаптивно представляется в зависимости от предполагаемой оценки.

Информационная система, построенная на онтологии, требует подходов к описанию семантики объектов ИС в терминах онтологии. Предоставление данных для поддержки процесса управления городской средой в области обеспечения доступности ОСИ для МГН осуществляется за счет использования адаптивного алгоритма, использующего семантическую сеть с различными отношениями (Рисунок 24).

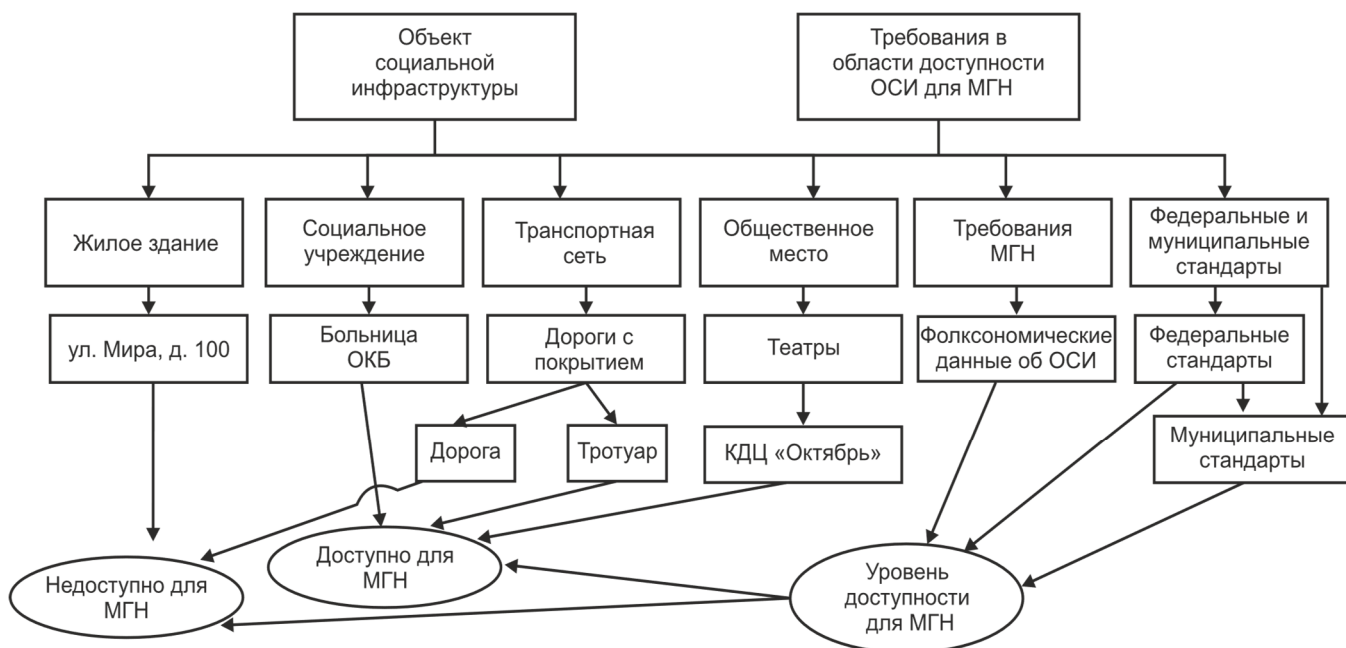


Рисунок 24. Фрагмент семантической сети в области управления доступностью ОСИ для МГН

Теория анализа формальных понятий (АФП) является одним из возможных средств извлечения онтологических понятий и их иерархий [20]. Применение АФП как инструмента для построения онтологий впервые описано достаточно давно (Ф. Симиано и А. Хотхо, 2005) [10, 14, 15]. Было установлено как можно получить частичный порядок менее строгий, чем решеточный, из решеток понятий, и, наоборот, как по имеющейся онтологии, представленной в виде частичного порядка на понятиях, построить решетку понятий. Используя данные социально-ориентированных систем можно построить решетки формальных понятий и извлекать онтологические классы ключевых слов, иерархически упорядочивать эти понятия, выявлять зависимости между классами и т.д. Таксономические свойства решеток понятий, представление множества понятий в виде иерархии с отношением «быть более общим понятием» и классификационная система, сгенерированная в результате взаимодействия субъектов информационного пространства по принципу фолксономии, позволяют объединить два подхода в структуризации данных социально-ориентированных систем [195-198]. Развитию теории анализа формальных понятий Formal Concept Analysis (FCA) способствовали труды ученых,

таких как: Rudolf Wille, Bernhard Ganter, Garrett Birkhoff, M. Barbut, V. Monjardet, Ойстин Оре (Øystein Ore), J. Poelmans, C. Carpineto, G. Romano, Gerd Stumme, Stephan Doerfel, Robert Jäschke, Ф. Симиано (Philipp Cimiano), Хотхо А. (Andreas Hotho), Кузнецов С.О., Виноградов И.Д., Незнанов А.А., Гуров С. И.

АФП, как метод пополнения баз знаний, может быть использован для построения онтологий предметной области в виде сематической многомерной сети. С помощью диаграмм Хассе можно наглядно представить семантическую сеть в виде решетки формальных понятий. Диаграммы Хассе представляют собой граф покрытия отношения «быть более общим понятием». Каждая вершина решетки – это формальное понятие [84]. Рядом с понятием пишутся объекты, которых нет в менее общих понятиях (находящихся под данным понятием), и признаки, которых нет в более общих понятиях (Рисунок 25).

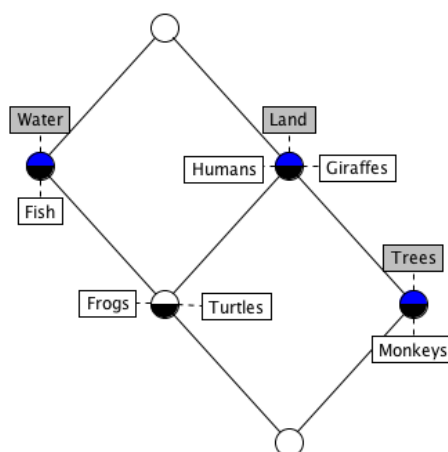


Рисунок 25. Пример решетки формальных понятий

Модель предметной области, реализованной в виде семантической сети, имеет вид графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы, и др. [26, 222].

2.6 Математическая модель формирования онтологии на основе теории АФП и ГИС-технологий

Для классификации фолксномических социально-ориентированных данных произведено рассмотрение вопросов использования методов теории анализа формальных понятий применительно к разработке математических моделей СППР управления доступностью ОСИ для МГН, а также проведение ряда экспериментов [132, 237, 197]. В результате анализа социально-ориентированных интернет-сервисов, было выявлено, что структуру данных таких сервисов можно трактовать в виде упомянутых выше множеств, обладающих свойствами:

- множество объектов $O = \{o_i\}_{i=1}^I$ (Объекты социальной инфраструктуры, к примеру магазины, больницы, муниципальные учреждения, музеи, театры и др.);
- множество признаков объектов $P = \{p_j\}_{j=1}^J$ (Характеристики, описывающие ОСИ, например, количество этажей зданий или является ли данный ОСИ жилым зданием, доступен ли он для МГН);
- множество пользователей $U = \{u_n\}_{n=1}^N$ (Пользователи, взаимодействующие с СППР);
- первые два множества O, P генерируются третьим множеством U
 $O, P, U = \{o_i, p_j, u_n\}_{i=1, j=1, n=1}^{IJN}$
- данные множеств являются слабосвязанными, исходя из теории множеств могут быть представлены прямым произведением множеств меньшей размерности: $O = O_1 \times O_2 \times \dots \times O_i$, $P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_j$, $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$.

При формировании «скелета» онтологии с помощью АФП, для обозначения отношений между множеством ОСИ – $O = \{o_i\}_{i=1}^I$ и множеством признаков ОСИ – $P = \{p_j\}_{j=1}^J$ введем множество $Y = \{< o_i, p_j >\}_{i=1, j=1}^{IJ}$, которое содержит информацию о том, каким набором из множества признаков наделен каждый объект из множества ОСИ. $Y \subseteq O \times P$, отношение $< o_i, p_j >$ означает, что объект o_i обладает признаком p_j [12].

Формальный контекст (Множество объектов и множество их признаков) может быть выражен как $\mathbb{K} = (O, P, Y)$ и представлен в виде бинарной матрицы (Таблица 3).

Таблица 3. Бинарная матрица объектов их признаков

	p_1	p_2	p_3	...	p_j
o_1	1	1	0	...	1
o_2	0	1	1	...	0
o_3	1	1	1	...	1
...	1
o_i	1	0	1	1	1

Имея два множества (объекты и их признаки), а также отношение между ними, с помощью операторов Галуа можно сформировать формальные понятия. Для произвольных $A \subseteq P$ и $B \subseteq O$ определены операторы Галуа:

$$A' = \{p \in P \mid \forall o \in A: (o Y p)\};$$

$$B' = \{o \in O \mid \forall p \in B: (o Y p)\}.$$

A' – множество признаков, которыми обладают все объекты из множества A . B' – множество объектов, которые обладают всеми признаками из множества B .

Формальное понятие (A, B) состоит из множества объектов $A \subseteq O$ и множества признаков $B \subseteq P$, таких, что $B' = A$ и $A' = B$. A – называется объемом формального понятия (все объекты, написанные напротив данного понятия и всех понятий, менее общих, чем оно). B – называется содержанием понятия формального понятия (признаки, написанные напротив данного понятия и более общих понятий) [23]. На рисунке 26 отражено графическое представление на плоскости множества объектов и признаков, а также области формальных понятий (помечены штрихом).

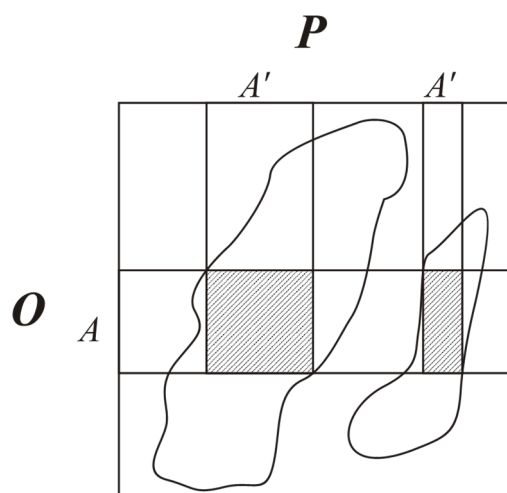


Рисунок 26. Области формальных понятий

Зачастую, принято введение оператора $'$ (двукратное применение оператора $'$), который является оператором замыкания: он идемпотентен ($A'''' = A''$), монотонен ($A \subseteq B$ влечет $A'' \subseteq B''$) и экстенсивен ($A \subseteq A''$). Множество объектов $A \subseteq O$, такое, что $A'' = A$, называется замкнутым. Аналогично для замкнутых множеств признаков — подмножеств множества P . Для множества объектов A множество их общих признаков A' служит описанием сходства объектов из множества A , а замкнутое множество A'' является кластером сходных объектов (с множеством общих признаков A'). Отношение «быть более общим понятием» задается следующим образом: $(A, B) \geq (A_1, B_1)$ тогда и только тогда, когда $A \supseteq A_1$. Понятия формального контекста $\mathbb{K} = (O, P, Y)$, упорядоченные по вложению объемов образуют решетку $Grid(O, P, Y)$ называемую решеткой понятий. Пример: пусть дана бинарная матрица, состоящая из множества объектов и их признаков, следующего вида (таблица 4):

Таблица 4. Пример бинарной матрица объектов их признаков

	p_1	p_2	p_3	p_4
o_1	1	1	0	1
o_2	0	0	1	1
o_3	1	1	1	1
o_4	0	0	0	1

Построение решетки понятий начинается с удаления тривиальных признаков, которыми обладают все объекты (p_4), а также тех объектов,

которые не обладают ни одним из рассматриваемых нетривиальных признаков (o_4). В результате такой редукции бинарная матрица приобретает вид (Таблица 5):

Таблица 5. Редуцированная бинарная матрица объектов их признаков

	p_1	p_2	p_3
o_1	1♥	1♥	0
o_2	0	0	1♣
o_3	1♥♦	1♥♦	1♣♦

После этого производится поиск формальных понятий, то есть групп объектов и признаков, взаимно плотно определяющих друг друга. В матрице контекста формальные понятия представляют собой максимальные подматрицы, состоящую из единиц, в данном случае максимальные подматрицы $([o_1, o_3], [p_1, p_2])$ и $([o_2, o_3], [p_3])$. Формальное понятие с подписью o_3 имеет объем $[o_1, o_3]$, и содержание $[p_1, p_2, p_3]$. В Таблице 5 формальные понятия помечены символами ♥, ♦, ♣, а также представлены на Рисунке 23.

С помощью диаграмм Хассе можно наглядно представить построенные решетки формальных понятий [33]. Диаграммы Хассе представляют собой граф покрытия отношения «быть более общим понятием» (Рисунок 27).

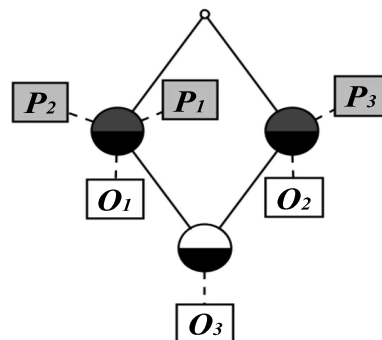


Рисунок 27. Пример решетки формальных понятий

Диаграмма Хассе является частным случаем частично упорядоченного множества и обладает следующие свойства:

- некоторые пары элементов сведены в формальные понятия;
- не любая пара связана между собой, а только некоторая пара элементов;
- есть пары не сравнимые между собой;
- не все элементы сравнимы между собой;
- есть по крайней мере одна упорядоченная пара.

Каждая вершина решетки – это формальное понятие. Рядом с понятием пишутся объекты, которых нет в менее общих понятиях (находящихся под данным понятием), и признаки, которых нет в более общих понятиях. Находятся такие формальные понятия алгоритмом «замыкай по одному». Алгоритм начинает работать с самого общего формального понятия, которое содержит все объекты и чаще всего ни одного признака. Затем находятся все остальные понятия рекурсивным добавлением признаков. Объем формального понятия – все объекты, написанные напротив данного понятия и всех понятий, менее общих, чем оно. Содержание формального понятия – признаки, написанные напротив данного понятия и более общих понятий [52]. Рассмотрим построение решетки формальных понятий на примере множества ОСИ и их признаков (Таблица 6).

Таблица 6. Частный случай бинарной матрицы (ОСИ и их признаки)

№	O – множество объектов P – множество признаков	p_1 Здание	p_2 Дорога	p_3 Социальный	p_4 Жилой	p_5 Доступный для МГН
o_1	Окружная клиническая больница	1	0	1	0	1
o_2	ЮГУ	1	0	1	0	1
o_3	Торговый центр «Гостиный двор»	1	0	1	0	0
o_4	Улица Мира	0	1	1	0	1
o_5	Мира, д. 100	1	0	1	1	0

№	O – множество объектов P – множество признаков	p_1 Здание	p_2 Дорога	p_3 Социальный	p_4 Жилой	p_5 Доступный для МГН
o_6	Светофор Красноармейская / Чехова	0	1	1	0	1
o_7	Калинина, д. 26	1	0	0	1	1

В результате накопления достаточной базы объектов социальной инфраструктуры и их признаков, можно построить граф, используя диаграммы Хассе для визуализации решеток формальных понятий (Рисунок 28).

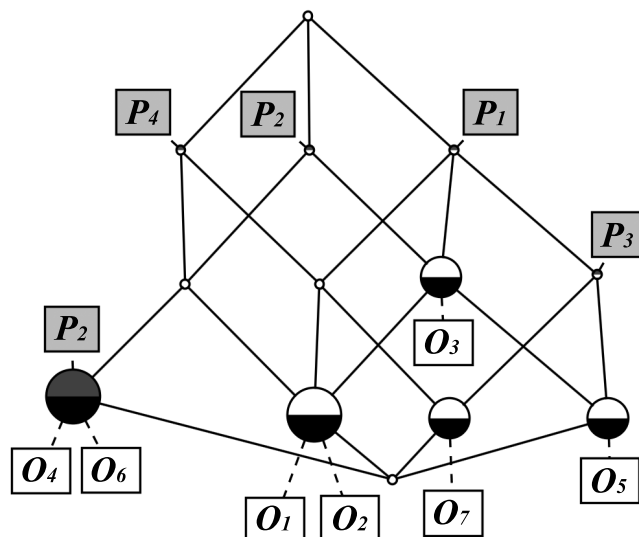


Рисунок 28. Частный случай решетки формальных понятий (ОСИ и их признаки)

Узлы с наибольшим количеством связей являются формальными понятиями, сформированными в результате построения графа. Применительно к рассматриваемому случаю ОСИ и их признаков, можно назначить названия формальных понятий следующим образом:

1. (o_3) – ОСИ, не доступные для МГН;
2. (o_1, o_2) – ОСИ, доступные для МГН;
3. (o_5) – жилые дома, не доступные для МГН;
4. (o_7) – жилые дома, доступные для МГН;
5. (o_4, o_6) – локации, доступные для МГН.

Критерием оценки полноты данных множества формальных понятий в исследовании является факт того, что любой ОСИ должен быть наделян хотя-бы одним признаком [237]. Для определения связи между экземплярами понятий, для каждой пары понятий строится матрица

$$D^{AB} = \{v_{ij}\}_{i=1,AN}^{j=1,BN}, v_{ij} = \begin{cases} 1, & A_i \rightarrow F = B_j \\ 0, & A_i \rightarrow F \neq B_j \end{cases}$$

где F – атрибут понятия A , через который реализуется ассоциация или агрегация с понятием B , AN – число экземпляров понятия A , BN – число экземпляров понятия B . Элемент v_{ij} определяет связь между i -м экземпляром понятия A и j -м экземпляром понятия B . Критерий полноты можно выразить следующим образом:

$$\forall i \exists j \text{ такое, что } v_{ij} = 1, \text{ а также } \forall j \exists i \text{ такое, что } v_{ij} = 1$$

На основании данной методики возможно решение задач отбора необходимых пространственно-ориентированных данных, организации функции интеллектуального поиска и иных задач по информационному обеспечению органов власти и маломобильных групп [201, 205].

В ходе исследования были построены бинарные матрицы объектов и их признаков, а затем с помощью операторов Галуа определено множество формальных понятий. Такая методика может найти применение в создании справочника предметной области и реализации возможности эвристического поиска, интеллектуального интерфейса для оперативного получения постоянно обновляемых социально-экономических данных, сформированных в соответствии с запросом пользователя. На рисунках 25, 26 представлены примеры интерфейсов использования алгоритма интеллектуальной поддержки с помощью ГИС-технологий.

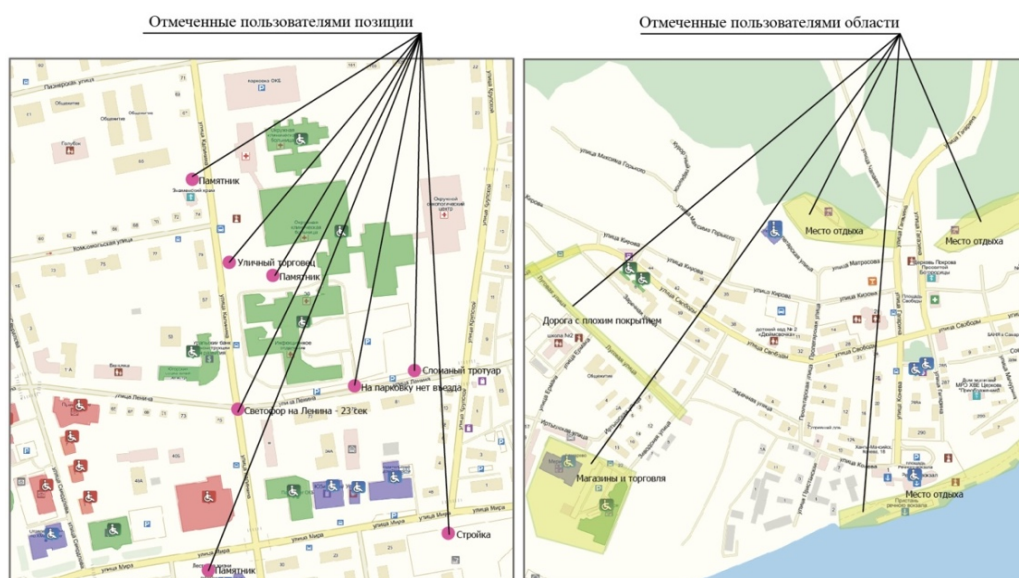


Рисунок 29. Пример интерфейса для точечных и площадных объектов

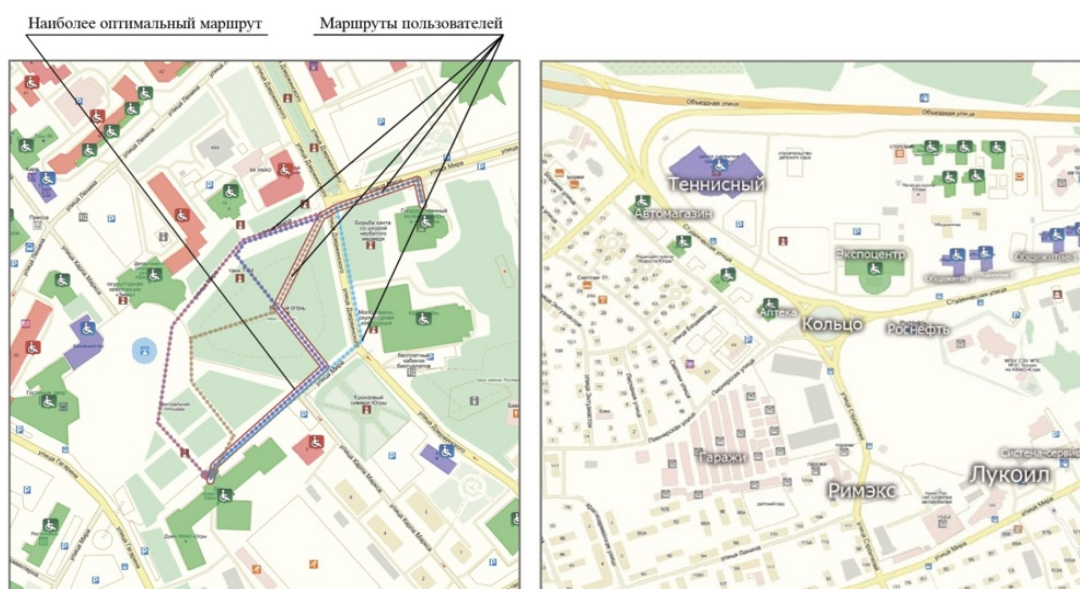


Рисунок 30. Пример интерфейса для линейных и текстовых объектов

Одной из возможностей применения метода народной классификации в геоинформационном моделировании является возможность наложения «тегов» на картографическую основу. Размер шрифта «тега» определяют степень популярности описываемого им объекта информационного пространства. При картографировании территории величина шрифта зачастую характеризует размер города или поселения, определяя тем самым степень значимости географического объекта. Фолксономический подход может выявить наиболее популярные географические объекты с точки зрения общественного мнения.

2.7 Математическая модель назначения ролей пользователей СППР их полномочий доступа к данным

При разработке и создании социально-ориентированной СППР управления доступностью ОСИ для МГН необходимо уточнить, математическую модель ролей пользователей системы [132, 238]. Предлагается выразить математическую модель в виде совокупности абстракций: пользователи, программы (программные модули), роли, данные, фильтры, полномочия доступа (назначения роли):

$$G = \{U, S, R, D, F, E\}$$

$U = \{u_n\}_{n=1}^N$ – множество пользователей СППР, где N – число пользователей. Пользователями СППР могут быть субъекты системы и серверные приложения. Комплекс программ СППР $S = \{S_k\}_{k=1}^K$ – это множество клиент-серверных реализаций средств доступа к информации, анализа и управления данными СППР. Множество ролей k -ой программы $R_k = \{r_{kj}\}_{j=1}^{J_k}$ – это алгоритм и совокупность правил поведения k -ой программы с некоторыми данными. Для каждой программы можно выделить доступное ему множество данных D_k . Объединение множеств данных всех программ представляет собой общее множество данных СППР:

$$D = \bigcup_{k=1}^K D_k \quad (2.1)$$

Пересечение множеств D_k не пусто, так как программы используют данные из одного и того же массива. Для каждой роли r_{kj} возможно выделение подмножества данных $\{d_{kj}^m\}_{m=1}^{M_{kj}}$, определяющих область видимости для пользователя, которому назначена роль r_{kj} . Объединение всех областей видимости для всех ролей представляет собой множество данных:

$$D_k = \bigcup_{j=1}^{J_k} \bigcup_{m=1}^{M_{kj}} d_{kj}^m \quad (2.2)$$

пересечение областей видимости не является пустым, т.к. есть данные СППР, которые используются всеми программными средствами:

$$\bigcap_{j=1}^{J_k} \bigcup_{m=1}^{M_{kj}} d_{kj}^m \neq 0$$

Подставив (2.2) в (2.1), можно выразить общее множество данных СППР:

$$\bigcup_{k=1}^K \bigcup_{j=1}^{J_k} \bigcup_{m=1}^{M_{kj}} d_{kj}^m = D$$

$F = \{f_l\}_{l=1}^L$ – множество фильтров, позволяющих выделять некоторое подмножество множества пользователей, $E = \{e_{kj}^{nm}\}$ – множество назначений роли (полномочий доступа) на области данных d_{kj}^m

$$e_{kj}^{nm} = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \text{если роль } r_{kj} \text{ (} j \text{ – ая роль } k \text{ – ой программы) назначена} \\ \quad n \text{ – му пользователю на } m \text{ – м множестве данных} \\ 0 - \text{если роль } r_{kj} \text{ не назначена } n \text{ – му пользователю} \\ -1 - \text{если роль } r_{kj} \text{ запрещена } n \text{ – му пользователю} \end{array} \right\} \quad (2.3)$$

Как видно из определений, общее число назначений ролей пользователям СППР можно определить как:

$$L = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{J^k} \sum_{m=1}^{M^{(kj)}} 1 \times N$$

Подмножество пользователей, которым следует назначить некоторую роль, выделяется с помощью фильтра:

$$U_i^l = (U \cap f_l^{\tau}) \quad (2.4)$$

где операция \cap – определяет наложение фильтра на множество пользователей, τ – определяет параметр фильтра, используемый при наложении.

При назначении ролей может использоваться несколько фильтров, соединенных по «И», соотношение (2.4) имеет следующий вид

$$\widehat{U}_1 = \bigcap_{l \in L} (U \cap f_l^{\tau_l}) = (U \cap f_u^{\tau_u}) \cap \bigcap_{l \in L} f_l^{\tau_l} \quad (2.5)$$

где f_u – один из накладываемых по «И» фильтров (обычно первый).

\widehat{U}_1 – это один согласованный фильтр, который используется при назначении.

Так как согласованные фильтры могут быть объединены по «ИЛИ», то соотношение (2.5) переписывается следующим образом

$$\widehat{U} = \bigcup_{i=1}^I \widehat{U}_i \quad (2.6)$$

где I - число объединенных по «ИЛИ» согласованных фильтров. Соотношение (2.6) определяет множество всех пользователей СППР, которым должна быть назначена простая роль r_{kj} .

Роль r_{kj} без ограничений по области видимости назначается множеству пользователей \widehat{U} :

$$r_{kj} \rightarrow \widehat{U} = \{e_{kj}^n\}_{u_n \in \widehat{U}} \quad (2.7)$$

Символом \rightarrow обозначена связь между абстракциями СППР (между ролью и пользователями и между ролью и областью видимости).

Роль r_{kj} с ограничением области видимости d_{kj}^m назначается множеству пользователей \widehat{U}

$$(r_{kj} \rightarrow d_{kj}^m) \rightarrow \widehat{U} = \{e_{kj}^{nm}\}_{u_n \in \widehat{U}} \quad (2.8)$$

Подставив (2.6) в (2.8), получим множество назначенных прав пользователей для назначения роли с определенной областью видимости

$$(r_{kj} \rightarrow d_{kj}^m) \rightarrow \bigcup_{i=1}^I \widehat{U}_i = \bigcup_{i=1}^I ((r_{kj} \rightarrow d_{kj}^m) \rightarrow \widehat{U}_i) = \{e_{kj}^{nm}\}_{u_n \in \bigcup_{i=1}^I \widehat{U}_i}$$

Условие связи пользователей и областей видимости описывается фильтром с параметром, соответствующим области видимости. Таким образом, для каждой области видимости d_{kj}^m множество пользователей выбирается по $\widehat{U} \cap f_l^m$. Назначение описывается следующим соотношением:

$$\{(r_{kj} \rightarrow d_{kj}^m) \rightarrow (\widehat{U} \cap f_l^m)\}_{m=1}^{M_{kj}} = \left\{ \{e_{kj}^{nm}\}_{u_n \in \widehat{U}} \right\}_{m=1}^{M_{kj}}, \quad (2.9)$$

Результирующим будет множество назначений некоторой роли по всем ее областям видимости. Подставляя (2.6) в (2.9), получим

результатирующее отношение для автоматического назначения ролей без определения области видимости:

$$\left\{ (r_{kj} \rightarrow d_{kj}) \rightarrow \left(\bigcup_{i=1}^I \hat{U}_i \cap f_l^m \right) \right\}_{m=1}^{M_{kj}} = \left\{ \{e_{kj}^{nm}\}_{u_n \in \bigcup_{i=1}^I \hat{U}_i} \right\}_{m=1}^{M_{kj}}$$

Определены возможности открытых прагматических технологий проектирования интеллектуальных систем в части динамического обновления свойств объектов предметной области при формировании онтологического пространства, а также описана математическая модель ролей пользователей СППР управления доступностью ОСИ для МГН [173].

2.8 Обзор основных критериев оценки эффективности методов информационной поддержки при управлении ОСИ для МГН

Для оценки функционирования разработанных методов, в частности СППР управления доступностью ОСИ для МГН возникает необходимость проведения исследований на предмет эффективности. Под понятием эффективности в разных областях науки пока, нет единого общепризнанного определения, в связи чем предпринята попытка сформулировать его в рамках диссертационной работы. Для этого были проанализированы различные источники, содержащие определение понятия эффективности, а также проведена декомпозиция понятия на по его степени применимости к теме исследования [87, 198].

В общем случае, эффективность (лат. *efficientia*) – это относительный эффект, выражающий степень достижения некоторой цели, выполнения задачи, результативность процесса, операции, определяемый как соотношение между достигнутым результатом и расходом ресурсов, обеспечившим его получение. Эффективность информационных систем принято разделять на три типа:

1. Общая (организационная) эффективность, определяется тем, как информационная система способствует достижению целей и адаптации к требованиям внешней и внутренней среды, а также к их изменениям.

2. Социальная эффективность, реализуется в виде исполнения ожиданий, потребностей и интересов пользователей системы.
3. Экономическая эффективность, определяется соотношением затрат и результатов в стоимостном выражении.
4. Функциональная эффективность (программно-техническая), определяется тем насколько корректно функционирует система с точки зрения составляющих ее компонентов.

Выбран метод оценки качества и эффективности управления доступностью ОСИ на основе полученных фактических результатов. ОСИ (здания и сооружения) доступные для МГН, принято считать обеспеченными комплексом архитектурно-планировочных, инженерно-технических, эргономических, конструкционных и организационных мер, отвечающих нормативным требованиям по обеспечению доступности и безопасности инвалидов. Оценка уровня доступности объектов социальной инфраструктуры для МГН может быть произведена путем сопоставления фактических показателей с нормативными, т. е. по степени удовлетворенности требуемыми благами [138].

Систему показателей и критериев доступности ОСИ, включающих показатели, разделенные на три уровня доступности (свободный, затрудненный, невозможен) можно рассматривать применительно лишь к одному определённом ОСИ, что не отражает общей картины уровня доступности городской среды с точки зрения МГН. Для унификации общего состояния уровня доступности с точки зрения оценки качества доступности городской среды удобно свести к общему показателю уровня доступности объектов социальной инфраструктуры, дающего однозначную оценку уровня и процесса управления доступности ОСИ для МГН.

За основу общего показателя доступности были взяты критерии, отраженные в последней редакции государственной программы (ГП) Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Доступная среда в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре на 2016-2020 годы» [174]. Целью программы является обеспечение доступности приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп граждан. Базовые критерии оценки эффективности управления городским хозяйством, отраженные в ГП,

разделены на непосредственные результаты, отражающие фактические количественные показатели изменения городской среды и качественные изменения ОСИ, а также конечные показатели, заключающие в себе информацию о количественных изменениях потребителей муниципальных ресурсов и услуг, то есть МГН и людей с ограниченными возможностями.

Показатели непосредственных результатов:

1. Доля доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов, %
2. Доля парка подвижного состава автомобильного и городского транспорта общего пользования, оборудованного для перевозки маломобильных групп населения, в парке этого подвижного состава, %
3. Доля учреждений профессионального образования, в которых сформирована универсальная безбарьерная среда, позволяющая обеспечить совместное обучение инвалидов и лиц, не имеющих нарушений развития, в общем количестве учреждений профессионального образования, %
4. Доля специалистов, прошедших обучение и повышение квалификации по вопросам реабилитации и социальной интеграции инвалидов, среди всех специалистов, занятых в этой сфере, %

Показатели конечных результатов:

1. Доля инвалидов, положительно оценивающих уровень доступности приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности, в общей численности инвалидов, %
2. Доля инвалидов, получивших положительные результаты реабилитации (взрослые (дети)), %
3. Доля инвалидов, положительно оценивающих отношение населения к проблемам инвалидов, в общей численности опрошенных инвалидов, %

2.9 Методы оценки эффективности программно-технической составляющей СППР

При проектировании информационных систем важно учитывать не только эффективность разработанных методов и алгоритмов, но и обеспечить качество функционирования программно-технических средств реализации, ввиду однократного создания модели и алгоритма функционирования системы на этапе проектирования системы. [55, 226] При создании информационной системы требуется определить архитектуру системы, необходимые для функционирования ресурсы, обеспечить достаточную пропускную способность, решить проблемы сохранности, обеспечить распределение ресурсов между пользователями, выбрать алгоритмы обработки и запуска задач и т.д. Таким образом, даже при значительных усилиях, вложенных на этапе проектирования в понимание конфигурации систем и их количественных характеристик, невозможно развивать систему без дополнительных исследований [57]. Разработчики информационных систем сталкиваются с проблемой прогнозирования поведения системы после проведения модификаций.

Применительно к различного рода системам под эффективностью принято понимать основной показатель качества работы системы с точки зрения соотношения затрат и результатов функционирования системы, характеризующий степень ее способность выполнять свою функцию по назначению (решения задач, достижения цели) в заданных условиях использования и с определенным качеством [98].

Один из основных вопросов, связанных с эффективностью систем на предмет инженерно-программных качественных характеристик, это выбор методики ее оценки. Различают несколько методов оценки эффективности систем, для несложных систем, имеющих небольшое количество внутренних взаимосвязей и вычислительных алгоритмов применимы технологии системного анализа, а именно используя инструменты нагрузочного тестирования [87]. В ходе применения методики нагрузочного тестирования на реальной информационной системе с помощью программных средств воспроизводятся действия пользователей, в ходе которых эмулируется подача заявок (запросов) к действующей

информационной системе. В случае применения данной методики можно выявить пороговые значения входных параметров, при которых наступает тотальный отказ системы [135].

Несмотря на активные исследования в области оценки эффективности информационных систем, остаются актуальными вопросы разработки методологии, ввиду недостаточной изученности вопроса принадлежности информационных систем к классу сложных систем [182]. Принадлежность системы к классу сложных систем можно определить по характерным признакам, а именно:

- наличие большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;
- сложность функций, выполняемой системой;
- возможность разбиения системы на подсистемы (декомпозиции);
- наличие управления (часто имеющего иерархическую структуру), разветвленной информационной сети и интенсивных потоков информации;
- наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных (неопределенных) факторов.
- система функционирует во времени.

Учитывая опыт российских и зарубежных ученых, оценку эффективности сложных систем принято производить методом имитационного моделирования, что позволяет учитывать одновременно все уровни архитектуры с целью достижения большей точности и объективности результатов.

Имитационная модель – это формальное описание логической структуры и динамики взаимодействия отдельных элементов реального объекта с учётом стохастических факторов, реализованное как программа для компьютера [24, 136, 191]. С помощью технологий имитационного моделирования можно представить работу существующей системы в виде имитационной модели. Такой подход позволяет выявить не только пороговые значения входных параметров, но и произвести многоплановое комплексное тестирование работы ИС, позволяющее изменять характеристики ИС, алгоритм функционирования и иные параметры работы ИС. С помощью средств ЭВМ воспроизводится поведение исследуемой

информационной системы, управляя ходом процесса имитации и обзревая получаемые результаты, что позволяет сделать вывод о ее свойствах и качестве поведения. Исходя из этого под имитацией следует понимать метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение информационной системы для определения интересующих нас функциональных характеристик [69, 153].

Достаточно широкое применение метода имитации при исследовании поведения информационных систем обусловлено следующими его возможностями:

1. сложность модели системы, наличие множества факторов, ограничивающих либо исключающих вообще применение традиционных аналитических методов исследования;
2. возможности, позволяющие осуществлять наблюдение за поведением системы в таких условиях, в которых натурный эксперимент невозможен в силу физических причин или ограниченности временных и стоимостных ресурсов;
3. детальное представление поведения имитируемой системы, позволяющее лучше понять содержание самой системы и разработать предложения по ее улучшению, невозможные для понимания без имитации;
4. имитационное моделирование позволяет понять, какие из параметров системы являются наиболее существенными;
5. имитационное моделирование может быть использовано как педагогический прием для обучения работе с реальной системой.

У имитационного моделирования, как и у любого инструмента исследования, есть недостатки, к которым можно отнести:

1. сложность моделей, требующая больших затрат на программирование, отладку и эксперименты;
2. сложность интерпретации работы модели ввиду многообразия исходов имитации и трудности в формализации событий реального мира;
3. временные затраты на многократное повторение имитационных экспериментов для получения статистической достоверности результатов.

4. имитационное моделирование пока не располагает хорошо методически обоснованными принципами построения моделей для широкого класса систем, каждый конкретный случай требует значительной специальной проработки.

Применительно к специфике исследования в литературе не полностью освещены проблемы, связанные с разработкой методов и алгоритмов оценки эффективности информационных систем с помощью имитационного моделирования. Современная методология оценки эффективности ИС предполагает использование средств имитационного моделирования для реализации модели в комплексе с программными средствами, обеспечивающими оптимальную формализацию алгоритма и структуры модели при ее синтезе. Несмотря на активные исследования в области имитационного моделирования, остаются не полностью решенными проблемы, связанные с разработкой методов и алгоритмов моделирующих программ, направленные на изучение вопроса оценки эффективности информационных систем. Для решения задачи оценки эффективности ИС требуется многократное моделирование вариантов функционирования системы с различными исходными данными и параметрами [145, 181, 198]. В этой связи в рамках исследования описывается алгоритм разработки и реализации имитационной модели оценки общей эффективности СППР с помощью средств имитационного моделирования.

Создание имитационной модели на основе методологической базы выбранной вычислительной платформы, расширяющей возможности имитационного моделирования позволяет достичь основных задачи диссертационной работы, а именно:

1. Исследование и разработка методов, нацеленных на оценку эффективности ИС с помощью применения средств имитационного моделирования;
2. Исследование и разработка принципов построения средств организации имитационного моделирования, ориентированных на специфику предметной области и предназначенных для комплексного решения задачи оценки общей эффективности;

3. Исследование и разработка методов и алгоритмов решения задач, направленных на оптимизацию алгоритма и минимизации времени выполнения имитационной модели;
4. Разработка имитационных моделей оценки и исследования характеристик оценки эффективности ИС;
5. Исследование на практике созданных методов, алгоритмов и программных средств.

2.10 Выводы по 2 главе

Произведено обоснование алгоритма поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ, структуризации социально-ориентированного информационного пространства СППР с помощью ГИС-технологий и теории АФП требует решения вопросов, связанных с получением и структуризацией данных и за счет создания моделей и алгоритмов, направленных на удовлетворение потребностей МГН в области доступности ОСИ.

Рассмотрены алгоритмы информационной поддержки и модели обработки и представления данных и информации об ОСИ. Рассмотренные методы дополняют друг друга и обеспечивают наличие точной информации о характеристиках ОСИ, проблемных зонах городской среды, в наглядном виде. Получены следующие результаты:

1. Описана концептуальная модель информационной поддержки принятия обоснованных управленческих решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН.
2. Обоснована целесообразность создания оригинального метода информационной поддержки с использованием данных, организованных по принципу фолксономии.
3. Предложен и апробирован новый метод автоматического анализа и извлечения фолксономических данных с помощью теории анализа формальных понятий, направленный на поддержку процесса принятия решений.
4. Разработана модель классификации фолксономических данных на основе теории АФП, обеспечивающих процесс информационной

поддержки для принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН.

5. Предложен оригинальный подход к разработке и созданию технологии информационной поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН на основе геоинформационных технологий.
6. Показана реализация модели системы поддержки принятия решений в виде совокупности абстракций: пользователи, программы и модели СППР, роли, данные, фильтры, полномочия доступа.
7. Определены критерии оценки эффективности предложенных методов, описана методика оценки программно-технической эффективности разработки.

Исследование включает в себя развитие подходов к организации социально-ориентированных фолксономических данных и соответствующих им моделей, методов и алгоритмов, с использованием теории АФП, направленных на процесс информационной поддержки для принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН, а также созданию на их основе геоинформационной технологии поддержки принятия решений, направленной на повышение качества жизни МГН.

Проведено исследование средств автоматизации процесса управления доступностью ОСИ, разработаны методы и алгоритмы информационной поддержки. Для решения задач эффективного процесса поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ предложена интерактивная процедура принятия управляющих решений, основанная на формировании формальных понятий из текущих значений доступности ОСИ, определяемых в СППР, а также на основе идентификации характеристик ОСИ с помощью геоинформационных технологий.

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ СППР УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПНОСТЬЮ ОСИ ДЛЯ МГН

3.1 Разработка и реализация СППР управления доступностью ОСИ для МГН в виде комплекса программных продуктов

Области применения СППР чрезвычайно разнообразны. В настоящее время отмечается бурное развитие социально-ориентированных систем (интернет-сервисы, предлагающих совместное использование различных электронных ресурсов (social resource sharing systems), создаваемых для достижения всевозможных целей и используемых различными категориями граждан. В многообразии социально-ориентированных систем и СППР можно отметить системы, использующие инструменты геоинформационных технологий.

Одним из направлений широкого использования СППР является сфера тематического картографирования, охватывающая создание, как отдельных карт, так и сложных картографических проектов, реализуемых компьютерными системами. СППР, реализованную с помощью ГИС-технологий, можно классифицировать по определенным признакам, например по степени интерактивности и наполнения функциональными возможностями [4, 7, 67]:

1. Пространственно-временные проекции. Включают в себя: атласные карты, компьютерные модели рельефа, осадков, температуры. Применение: отражение конкретного состояния определенного объекта. Недостатки: статичность данных, отсутствие зависимостей [68].

2. Динамические симуляторы. Включают в себя: атласные информационные системы (АИС) – экспертные системы, основанные на целевой функции СППР, которые создаются по заданной теме для определенной территории, отвечают конкретной цели, а также имеют особые аналитические возможности за счет создания комплексных пространственно-временных моделей. Применение: отражение аналитики по отобранным объектам, прогнозирование данных. Недостатки:

невозможность создания сложных математических моделей, ограниченность алгоритмов прогнозирования [45].

3. Пространственно-временные динамические симуляторы. Объединение обеих групп: геоинформационные технологии, позволяющие осуществлять комплексный пространственно-временной анализ территории.

Представлен алгоритм проектирования СППР и реализации единой геопространственной базы данных (БД) с помощью ГИС-технологий. Алгоритм описывает механизм объединения разнородных БД, картографических систем и иных геоданных в единое геопространственное поле для дальнейшего выполнения различных операций с консолидированными данными (математические операции, синтез данных, выявление зависимостей и др.), общей целью которых является поддержка принятия решений и удовлетворение информационных потребностей МГН [200].

Каждая система интерактивной поддержки имеет свою модель представления данных. Модели можно разделить на статические и динамические. Основное принципиальное отличие – это отсутствие у статической модели возможности изменяться в соответствии с заданными параметрами, например, статические модели могут содержать данные о плотности населения в определенный момент времени, а динамические модели хранят сведения о населении за выбранный временной отрезок. СППР с применением ГИС-технологий отличаются по принципиальному устройству: каждая картографическая система имеет свою систему координат, проекцию и масштаб, может отличаться архитектурой и форматом хранения данных, возможно различное представление данных пользователю. Все записи в СППР с использованием ГИС-технологий привязаны к определенному геоинформационному полю (слою карты), каждое из которых имеет определенную модель. Модель слоя представляет совокупность данных этого слоя, хранящихся в БД, включающая атрибуты слоя, методы работы с данными, а также отношения с другими слоями, если таковые необходимы [113, 166].

В рамках исследовательской работы, одной из задач явилось решение проблемы информационной доступности сведений об ОСИ для МГН, которое может быть достигнуто за счет проведения исследований и разработок в области геоинформационных технологий.

Поддержку принятия решений и обеспечение людей с ограниченными возможностями сведениями о доступности ОСИ удобно реализовать через информационный ресурс, размещенный в глобальной сети интернет. Магазины, поликлиники, театры и другие социальные объекты, которые оборудованы (или нет) с учетом интересов и возможностей маломобильных граждан предлагается объединить в единую СППР управления доступностью ОСИ для МГН и для каждого ОСИ дать подробное описание с фотографиями и важными характеристиками для МГН, а также классифицировать их по степени доступности [210].

Было рассмотрено более 300 информационных ресурсов, предназначенных для использования людьми с ограниченными возможностями и решающих различные задачи, целью которых является удовлетворение информационных потребностей МГН относительно ОСИ. В первой главе описаны некоторые из данных систем, выявлены особенности разработок, произведена группировка по классам, формализованы требования к функционалу к СППР управления доступностью ОСИ для МГН [189]. Ресурс должен обеспечивать удовлетворение информационных потребностей МГН относительно ОСИ, иметь возможность добавления данных пользователями данной системы, а также предоставлять возможность информационного обмена между пользователями. Помимо этого сведения из системы должны удовлетворять потребностям государственных органов, например, муниципалитета в принятии решений о формировании безбарьерной среды.

Фундаментальная проблема при построении интерактивных систем заключается в организации адекватного информационного канала связи между человеком и машиной. Для человека наиболее приемлема зрительная (образная) подача информации и здесь человек значительно превосходит

любую машину, машина может обеспечить лишь черновую предобработку подобной информации.

Обобщив опыт в разработке геоинформационных систем, используя сформулированные в первой главе требования интерфейсу и информационной наполненности была описана структура модели СППР [190, 205, 213]. Для описания функций СППР управления доступностью ОСИ для МГН была отражена логическая схема, включившая 4 основные компоненты системы (Рисунок 31):

Компонента 1 – Генерация заявки (отражает методику формирования пользователем запроса к системе).

Компонента 2 – Первая линия (отражает механизмы обработки запроса пользователя, прохождения первой линии обслуживания системой).

Компонента 3 – Вторая линия (отражает события информационных потоков)

Компонента 4 – Выход/Вывод процесс формирования ответа).



Рисунок 31. Логическая схема СППР geohweel.ru

В данной главе исследования представлена одна из возможных методик проектирования и реализации информационного ресурса на базе ГИС-технологий с отражающего комплексную оценку современного фонда городской застройки с точки зрения доступности маломобильными гражданами. В качестве итога работы представлен действующий проект, опубликованный в интернете.

Произведен анализ средств разработки, наиболее оптимальных подходов к созданию проблемно-ориентированных социальных информационных ресурсов [180]. В проектировании системы важно уделить внимание созданию ее архитектуры, а также и разработке отдельных блоков и элементов [199, 210]. В общем виде структура СППР должна обязательно содержать следующие основные блоки:

- блок базы данных, состоящий из структурированных массивов цифровой картографической (пространственной) и предметно-ориентированной (семантической) информации;
- блок математических моделей;
- пользовательский интерфейс – средство эффективного управления всеми блоками СППР;

Структуру СППР в общем виде можно представить как процесс взаимодействия описанных блоков между собой (Рисунок 32).

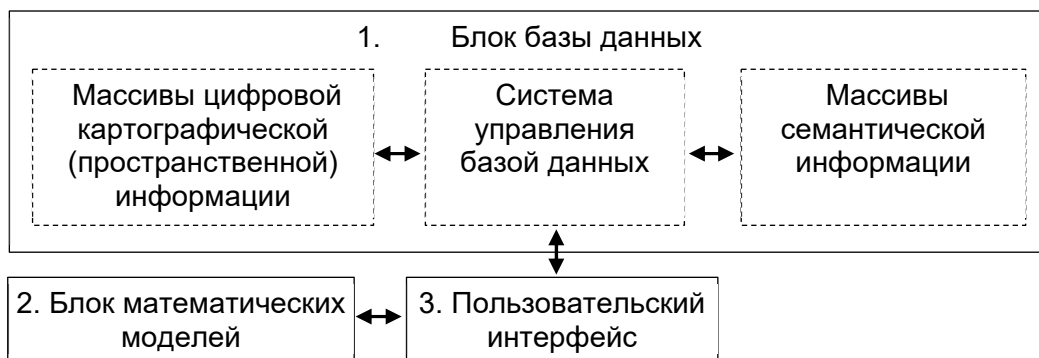


Рисунок 32. Элементы СППР

При проектировании любой СППР с использованием ГИС-технологий обязательным является выбор системы координат масштаба и проекции. Часто для публикации ГИС-систем в интернете используются готовые решения, обладающие наполнением и представляющие собой готовые геопространственные поля (картографические основы). На рынке присутствуют следующие картографические основы: Google Maps, OpenStreetMap, Яндекс-карты, kosmosnimki.ru, Карты@mail.ru, Рамблер карты. Выбор геопространственного поля предлагается осуществлять по следующим параметрам:

- Актуальность карт. Должны использоваться только актуальные карты. Дороги, реки, здания, пешеходные дорожки и другие объекты,

отображаемые на карте, должны соответствовать действительному представлению этих объектов.

- Информационная наполненность. Помимо графического отображения, картографическая основа должна позволить получить краткую семантическую справку по каждому из объектов.

- Отсутствие «избыточности» наполнения. Визуально картографическая основа должна иметь такую топографическую точность, которая удобно воспринималась как схематическое изображение объекта и имела минимум погрешностей. Не должна использоваться карта, наполненная избыточной информацией, то есть на карте должны присутствовать только те объекты, которые имеют значение при перемещении.

- Наличие внешнего интерфейса API (application programming interface). Геопространственное поле должно обладать возможностями API (интерфейс прикладного программирования) для использования во внешних программных продуктах.

Из перечисленных картографических основ предъявляемыми критериями обладают следующие: Google Maps – maps.google.ru, OpenStreetMap – openstreetmap.org, Яндекс-карты – maps.yandex.ru. Наиболее подходящей картографической основой явился проект компании «Яндекс» из-за широкого функционала возможностей внешнего интерфейса API [192].

Важным этапом разработки СППР является обоснование выбора моделей данных и её представления, что определяет требования к СУБД в создаваемой системе. Поскольку система предполагает работу с большими объемами записей, то СУБД должна обеспечивать быстроедействие и удобство работы, а также должна удовлетворять не только текущим, но и будущим потребностям. В созданной системе должна использоваться реляционная структура базы данных, построенная на взаимоотношении совокупности взаимосвязанных таблиц. Каждая из групп должна хранить информацию о конкретном картографическом слое и об объектах данного слоя, включая геоданные и атрибуты. СУБД должна обладать мобильностью, масштабируемостью, распределенностью, а также

обеспечивать поддержку широкого круга сетевых протоколов для работы многопользовательском режиме. СУБД должна иметь средства разработки WEB-приложений и поддержку большого набора языков программирования, включая PHP. СУБД должна поддерживать различные аппаратные и программные платформы и оптимизировать ресурсы для максимальной производительности. Помимо технических критериев СУБД должна быть хорошо документирована и иметь стабильную поддержку производителем [31, 127, 143]. В процессе выбора СУБД были рассмотрены следующие продукты: MySQL, PostgreSQL, CA Ingres, Firebird. Наиболее подходящей СУБД в роли сервера баз данных явилась MySQL. Тип операционной системы для использования сервера может быть любым совместимым с MySQL. Таблицы проектируемой БД было принято разделить на три типа [215]:

- Таблицы с данными. Содержат геоданные с их атрибутивной частью.
- Таблицы со словарями. Содержат различные словари, которые предназначены для приведения исходных разнородных данных к единому виду, применяются для фильтрации и классификации данных.
- Служебные таблицы. Используются для исключения отношений многие-ко-многим в БД, с целью формализации отношений между объектами системы.

Таким образом, для разработки СППР управления доступностью ОСИ для МГН использовать следующее основные средства разработки:

1. СУБД MySQL - хранение основного массива данных и картографических слоев;
2. InstantCMS - Система управления контентом (управление серверной WEB-частью приложения);
3. API Яндекс.Карты - инструментарий визуализации и представления геоданных.
4. PHP - основной язык разработки;
5. Javascript - язык для разработки функционала клиентской части приложения;

Ввиду социальной направленности проектируемая СППР имеет клиент-серверную архитектуру. Для корректной работы клиентской многопользовательской части приложения необходим интернет-браузер и доступ в интернет. Модульность программной реализации обеспечивается системными средствами РНР, клиентское приложение является объектной оболочкой над реляционной базой данных [95, 107]. Декомпозицию архитектуры системы можно представить в виде пяти основных компонентов (Рисунок 33):

1. **СУБД.** Структурированные архивы пространственно-привязанных картографических и семантических данных, снабженные соответствующими метаданными, хранящиеся в БД.
2. **Картографическая основа.** Геопространственное поле, отвечающее за интерактивное представление картографических данных, используя сервисы API.
3. **CMS.** Система управления контентом (платформа публикации интернет-сайтов), реализующая логику приложения, связь с картографическими сервисами API и обеспечивающая работу с хранилищем данных.
4. **Приложения.** Набор программных модулей, реализованных на языке РНР.
5. **Web-Клиент.** Графический интерфейс пользователя, реализованный в виде Web-приложения (интернет-ресурса).



Рисунок 33. Архитектура системы

Для взаимодействия с системой на клиентском уровне пользователь оперирует web-браузером, который является «тонким» клиентом, установленным на рабочей станции, будь то персональный компьютер или мобильное устройство (планшет или смартфон). Средство отображения данных и инструмент управления СППР представляют собой интерфейс эксплуатации и администрирования системы, предоставляющий пользователю возможность в интуитивно понятной форме сформировать задание на обработку пространственно-распределенных данных. Интерфейс разработан с помощью языков DHTML, PHP и JavaScript, проектирование элементов которого произведено с помощью возможностей InstantCMS. Модуль графического представления, расположенный на сервере приложений (уровень бизнес-логики), позволяет объединить располагающиеся на различных серверах картографические материалы и картографическую основу «Яндекс-карты» в единое геопространственное поле. Для реализации функциональности использован инструментарий среды «Яндекс-карты», позволяющий объединить картографические данные, расположенные на различных серверах в различных форматах посредством инструментария API и языка JavaScript. Данные, передаваемые от CMS (системы управления контентом) на рабочую станцию, конечному пользователю обрабатываются web-браузером и визуализируются в виде интерактивного онлайн-приложения [118, 233].

Задача, сформированная пользователем системы, а также параметры визуализации результатов, передаются на сервер приложений в виде запроса к CMS, принимающему и возвращающему SQL-запросы. Запрос содержит указания на обрабатываемые характеристики, пространственные и временные границы интересующей области (широта, долгота), тип выбранной карты и выбранную территорию. На сервере приложений CMS передает данные в блок приложений, где модули вычислений, обрабатывают запрос пользователя, взаимодействуя с модулем доступа к данным. Каждый модуль имеет доступ к архивам данных СУБД через специальную библиотеку функций. Модуль доступа к данным обеспечивает поиск, чтение и выборку данных из архивов. В процессе вычислений используется накопленная в базе данных информация, после чего

передается в модуль графического представления. Модуль графического представления использует полученную информацию и, объединив картографические материалы, из базы данных и из среды «Яндекс.Карты» визуализирует данные, запрошенные пользователем. Далее при поддержке CMS, результат отправляется пользователю системы. На рисунке 34 представлено главное окно созданной СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru.

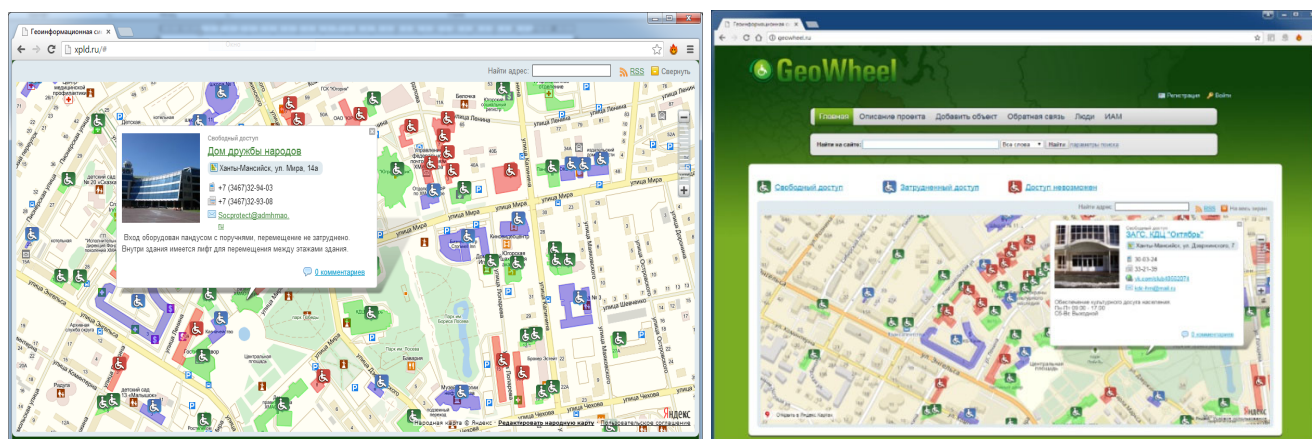


Рисунок 34. Снимок экрана созданной СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru

Функционал системы не ограничивается описанием, представленным во второй главе. СППР управления доступностью ОСИ для МГН обеспечивает внесение информации о точечных объектах, линейных и площадных (полигональных) объектах. Объекты связаны единым координатным пространством и единой системой мер. Как правило, точечными объектами являются небольшие сооружения или иные объекты социальной инфраструктуры. Примерами могут служить такие объекты как светофоры, остановки транспорта, памятники и др. Помимо информации о пространственном расположении объекта, СППР управления доступностью ОСИ для МГН обеспечивает возможность внесения, хранения и изменения информации о характеристиках объекта, о степени доступности его основных элементов (Рисунок 35, 36).

Редактировать объект

Название объекта
 ЗАГС, КДЦ "Октябрь"

Адреса и координаты объекта

Город: Ханты-Мансийск

Улицы: Дзержинского

Долгота: 69.024402760512

Широта: 61.00405943733749

Характеристики объекта

Технические данные

Паспорт объекта: Выберите файл

Доступность для людей передвигающихся на креслах-колясках

- Вход (входы) на территорию
- Путь (пути) движения на территории
- Лестница (наружная)
- Пандус (наружный)
- Автостоянка и парковка
- Отсутствуют

Доступность для людей передвигающихся на креслах-колясках

- Лестница (наружная)
- Пандус (наружный)
- Входная площадка (перед дверью)
- Дверь (входная)
- Тамбур

Вход (входы) в здание

Контакты объекта

Телефон: 30-03-24

Факс: 33-21-39

Веб-сайт: vk.com/club48562074

E-Mail: kdc-hm@mail.ru

ICQ:

Skype:

Рисунок 35. Окно редактирования объекта, степени его доступности и основных характеристиках элементов

Возможность внесения линейных объектов в системы может служить для обмена опытом перемещения между пользователями, а также для выявления наиболее оптимальных маршрутов. Руководствуясь пространственными и семантическими данными и используя оценку маршрутов с помощью СППР управления доступностью ОСИ для МГН можно выявить наиболее оптимальный маршрут [83].

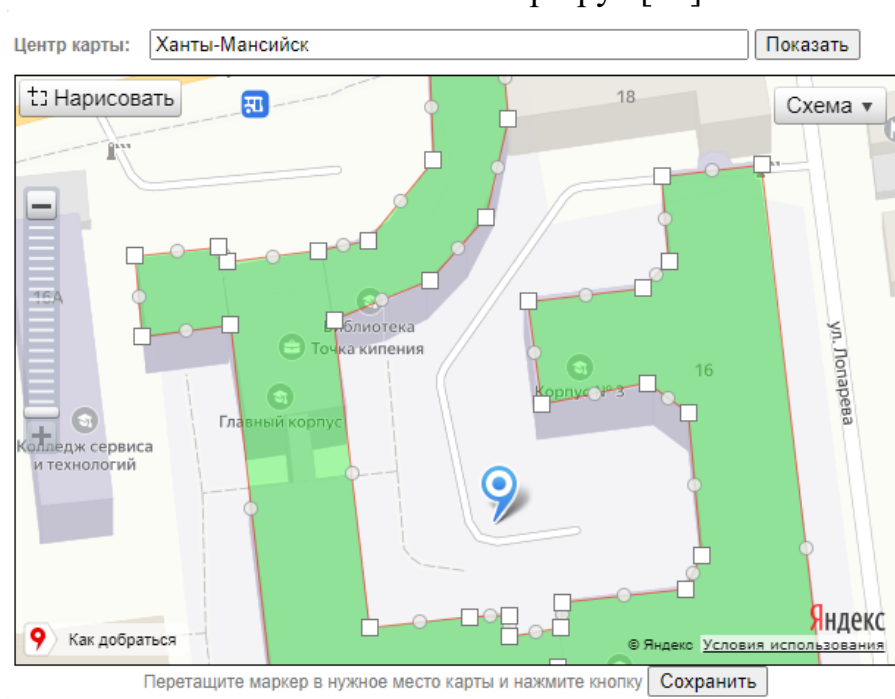


Рисунок 36. Фрагмент интерфейса СППР для редактирования объекта геоинформационного пространства

Таким образом, в данном исследовании описано создание информационного ресурса на основе ГИС-технологий, отражающего степень доступности ОСИ маломобильными гражданами, разработана архитектура системы, определены наиболее подходящие средства разработки, реализован удобный интерфейс взаимодействия с пользователем и интеллектуальная связь системы и социальными сетями.

Описана программная реализация интерактивной социально-ориентированной СППР с элементами ГИС, предназначенной для получения информации об объектах социальной инфраструктуры, направленной на удовлетворение потребностей МГН и людей с ограниченными возможностями. Программно-техническое решение обеспечивает возможности сотрудничества группы людей с целью накопления, хранения, анализа и обмена социально-ориентированными данными посредством взаимодействия с СППР.

На примере муниципального образования г. Ханты-Мансийск. создана рабочей версии продукта «СППР в управлении социальной инфраструктурой города в области доступности ОСИ для МГН» Финальная версия на текущий момент опубликована в сети интернет по адресу www.geowheel.ru. В рамках реализации проекта было проведено несколько семинаров с фокус группами по презентации и тестированию реализованной СППР. Тестовую группу составили люди с ограниченными возможностями из различных муниципальных образований Ханты-Мансийского автономного округа, а также административные органы. Система получила положительные отзывы, а также продолжает использоваться ими вне семинара. Программное обеспечение было создано в несколько итераций, с учетом собранных пожеланий [197, 213].

Представленная разработка решает задачу поддержки принятия решений при управлении доступностью ОСИ для МГН и удовлетворения информационных потребностей людей с ограниченными возможностями в получении формализованных данных относительно ОСИ и степени их доступности. Может быть использована в качестве инструмента геопространственного ориентирования, как информационно-справочная

система с возможностью межпользовательского обмена социально-ориентированными данными. Полезна для использования органами управления при разработке различных программ помощи инвалидам, принятия решений о развитии объектов необходимых объектов социальной инфраструктуры, их реконструкции [201].

3.2 Информационно-аналитический модуль

В рамках реализации прикладных задач исследования для эффективного принятия управленческих решений органами местного самоуправления существует потребность в динамическом представлении информационно-аналитических данных об ОСИ, что требует разработки информационно-аналитического модуля (ИАМ), который позволит обеспечить доступ органов местного самоуправления и иных желающих к информационно-аналитическим данным СППР для получения детальной информации относительно проблемы физической доступности ОСИ, а также поиска эффективных путей обеспечения доступности для МГН. Процесс разработки модуля можно разделить на несколько основных этапов:

1. поиск и сбор первичной информации об ОСИ;
2. систематизация и структурирование этой информации;
3. проектирование алгоритма функционирования и интерфейса пользователя;
4. реализация информационно-аналитического модуля, включая интерфейс пользователя;
5. интеграция информационно-аналитического модуля в СППР.

Модуль представляет собой инструмент доступа к систематизированной и структурированной оперативной информации об ОСИ в виде интерактивного веб-приложения, обеспечивающего комплексный анализ состояния фонда городской застройки и принятия управленческих решений. Из открытых источников, от федеральных и муниципальных органов, а также региональных общественных организаций были получены паспорта доступности ОСИ и данные, содержащие

актуальную информацию об ОСИ для МГН [196]. Для внесения в СППР данные были проанализированы, произведена выборка наиболее значимых ОСИ в приоритетных сферах жизнедеятельности людей с ограниченными возможностями, выполнена процедура структуризации ОСИ по категориям доступности, после чего занесены в БД СППР. База данных (Рисунок 37) содержит в себе множество таблиц, базовыми из которых являются:

- cmsmapcats – категории доступности ОСИ;
- cmsmapitems – ОСИ и основная информация о них;
- cmsmapchars – характеристики ОСИ, подробно описывающие

характеристики доступности.

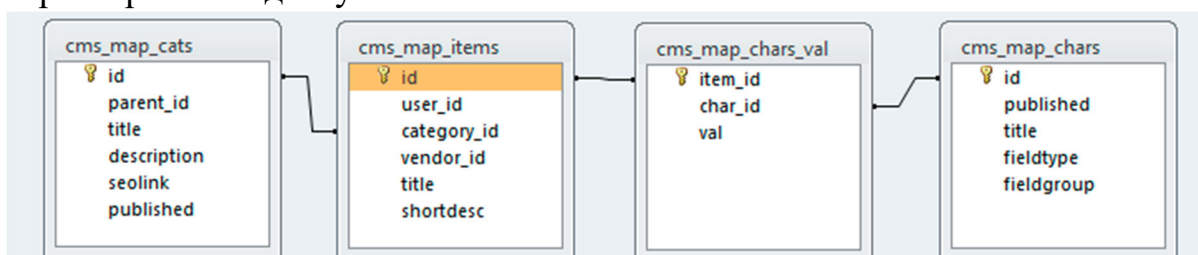


Рисунок 37. Фрагмент базы данных

Выполнение мероприятий по анализу нормативной литературы и взаимодействию с предполагаемыми пользователями СППР позволило формализовать формат данных и вид сводных статистических отчетов. Например, отчет «Информация о доступности объектов социальной инфраструктуры» содержит информацию о наименовании ОСИ, его адрес, категорию доступности и наличие/отсутствие паспорта ОСИ. Интерфейс модуля был спроектирован с учетом интересов пользователей ИАМ, что предоставляет возможность в интуитивно понятной форме сформировать задание на обработку информационно-аналитических данных (Рисунок 38).

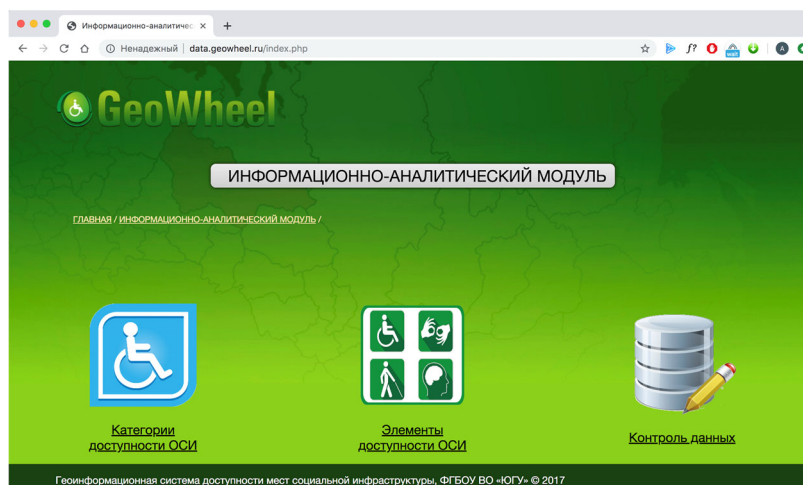


Рисунок 38 – Главное окно информационно-аналитического модуля

3.3 Модуль виртуальных трехмерных панорам

В рамках исследования описано проектирование и реализация модуля трехмерной визуализации ОСИ и интеграция в СППР управления доступностью ОСИ для МГН.

Для более точного и интуитивно понятного представления данных об ОСИ и зрительной подачи информации, а также ввиду ограниченности возможностей МГН в обеспечении канала связи между человеком и машиной существует потребность в трехмерном представлении объектов социальной инфраструктуры [166, 227]. Модуль трехмерной визуализации ОСИ обеспечивает доступ к информации и пространственным данным граждан (в том числе маломобильных групп населения), организаций и органов местного самоуправления с целью эффективного использования для удовлетворения потребности в получении информации относительно объектов социальной инфраструктуры г. Ханты-Мансийска, а также путей перемещения к ним в формате 3D.

Полученные в результате исследований и создания системы трехмерные модели зданий, сооружений, парковок, парков и улиц г. Ханты-Мансийска могут быть применены:

- в качестве готовой программно-технической реализации для построения виртуальных туров;

- в качестве справочно-информационного ресурса, позволяющего осуществлять внесение, хранение, обработку и представление пространственных данных;

- в качестве готового модуля для интеграции в ресурсы, содержащие пространственные данные по объектам социальной инфраструктуры, организациям и иным объектам;

Процесс разработки модуля можно разделить на несколько основных этапов:

- Анализ и выбор средств и методики разработки.
- Анализ и выбор технических средств реализации.
- Выполнение съемки города и объектов социальной инфраструктуры посредством фотоаппарата и наземных сенсоров определения местоположения.

- Обработка. полученных пространственных материалов съемки с помощью специализированного программного обеспечения.

- Наполнение системы пространственными данными по объектам социальной инфраструктуры и прилегающей территории отснятых в формате 3D.

Систем визуализации местности в настоящее время довольно много, и они постоянно развиваются в связи с актуальностью трехмерного представления данных. Был произведен анализ подобных разработок в сети интернет, рассмотрено более 50 ресурсов, таких как:

1. Google панорамы – google.com/maps.
2. Yandex панорамы – maps.yandex.ru.
3. Сферические панорамы г. Мурманска – panorama51.ru.
4. Сферические Панорамы г. Барнаула – 3dbarnaul.ru.
5. ГИС-портал 4geo - 4geo.ru.

В процессе обзора систем были выявлены характеристики подобных ресурсов, имеющие ключевое значение для систем трехмерной визуализации. На основании обзора и сравнительного анализа систем визуализации местности произведена формализация требований к модулю трехмерной визуализация ОСИ для СППР, направленной на удовлетворение

информационных потребностей МГН. Модуль визуализации объектов социальной инфраструктуры должен обладать следующим функционалом:

1. Трехмерное представление объектов социальной инфраструктуры.
2. Накопление, ведение, обработка и представление пространственных данных в сети Интернет.
3. Возможность интеграции модуля в информационные ресурсы, содержащие пространственные данные и метаданные по объектам социальной инфраструктуры.
4. Возможность внедрения модуля в существующие ресурсы органов власти различного уровня.
5. Наличие на карте фото объектов застройки и улиц города.
6. Функция поиска по адресу и категории объекта.
7. Доступ с мобильных устройств.
8. Адаптация для использования маломобильными гражданами.
9. Возможность добавления объектов.
10. Возможность обмена опытом перемещения между пользователями.
11. Возможность межпользовательского взаимодействия.

В процессе разработки модуля необходимо установить требования к функциям, выполняемым модулем:

- Функция входа в систему. Должна реализовывать переход с главной страницы СППР в модуль визуализации путем клика по выделенному на карте ОСИ.
- Функция просмотра панорам. Должна реализовывать вывод на экран панорамы, снятой с выбранной на карте точки, а также поворот панорамы в горизонтальной и вертикальной плоскости.
- Функция масштабирования. Должна реализовывать приближение и отдаление изображения.
- Функция выбора направления движения. Должна реализовывать выбор точки для перехода на следующую панораму.
- Функция вывода карты. Должна реализовывать вывод карты на экран с помощью клика по значку карты.

- Функция добавления панорам. Должна реализовывать возможность администратора загружать в систему новые панорамы.

Трехмерные панорамы используются во многих сферах деятельности, поэтому существует множество средств для их реализации. Все они отличаются по функционалу, стоимости и назначению, был проведен анализ наиболее популярных из этих программ. Для разработки модуля трехмерной визуализации ОСИ решено использовать следующее программное обеспечение:

- Panorama Studio для склейки фотографий в панорамы;
- Pano2VR для создания из этих панорам единого тура по ОСИ;

Были выбраны точки для съемки (Рисунок 39). Их выбор производился по принципу наибольшей информативности для маломобильных граждан (особое внимание уделялось пандусам, дверным проёмам и т.д.).

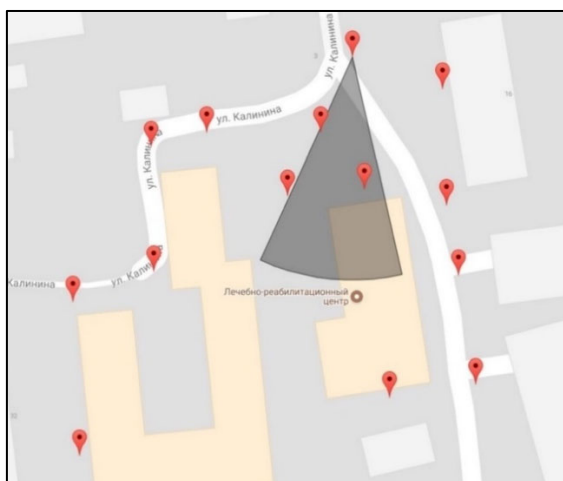


Рисунок 39. Контрольные точки съемки на карте

После определения контрольных точек была осуществлена съемка территории и сооружений посредством фотоаппарата Canon EOS 60D и наземного сенсора определения местоположения Canon GPS receiver GP-E2. Штатив настраивался исходя из среднего роста человека в инвалидной коляске, который составляет приблизительно 132 см. Для оценки соответствия положения фотоаппарата вертикальной или горизонтальной плоскости применялся «уровень», встроенный в штатив. После каждого снятого кадра фотоаппарат необходимо было повернуть в горизонтальной

плоскости на 30 градусов, после чего производился следующий снимок. Фотографирование осуществлялось исключительно в дневное время при солнечной погоде без осадков. Было обеспечено минимальное попадание в кадр прохожих.

С помощью Panorama Studio была созданы создания трехмерные панорамы, состоящие из сопряжённых картинок-текстур, собранных в «кубическую проекцию». Процесс включил в себя следующие этапы: загрузка фотографий, снятых с одной позиции, депланация изображений согласно фокусному расстоянию камеры и позиции линии горизонта, поиск наложений для каждого изображения, корректировка деталей в изображениях попарно, сопряжение изображений попарно. В некоторых местах склейки, где «стыки» оказались видимыми, исправлялись вручную, либо была произведена повторная съемка с данной позиции.

Объединение панорам в единый тур с помощью Pano2VR включила в следующие этапы: Загрузка и сопоставление с координатами точек съемки на карте, отметка точек перехода на панорамах, привязка ссылок на панорамы, снятые с соседних позиций. Для лучшей ориентации пользователя в системе, все переходы подписывались. А для большей информативности с точки зрения маломобильных граждан – были добавлены подсказки, информирующие о ширине дверных проемов и «крутизне» пандусов.

После создания трехмерных туров, модуль визуализации ОСИ был интегрирован на веб-сервер СППР управления доступностью ОСИ для МГН. Для модуля визуализации объектов социальной инфраструктуры использование СУБД не требуется. Файлы и данные, необходимые для работы модуля, хранятся на веб-сервере в файловых структурах (каталогах). Переход с главной страницы СППР в модуль визуализации производится путем клика по выделенному на карте ОСИ (Рисунок 40). С помощью элементов интерфейса панели управления можно выполнять ряд функций.

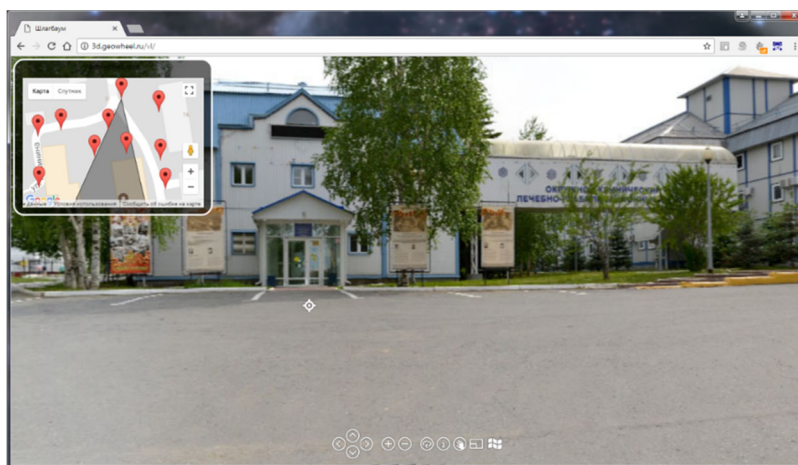


Рисунок 40. Снимок экрана главного окна модуля трехмерной визуализации

Описан процесс создания автоматизированного ресурса, представляющего собой интерактивную трехмерную панораму с вариантами виртуального передвижения, а также возможностью воспользоваться справкой для получения необходимой информации. Все трехмерные туры сняты в HDR и оптимизированы по технологии HTML5 под мобильные устройства iPad, iPhone, Android, Win, а также под VR очки, VR шлемы (HTC Vive, Oculus Rift, Samsung Gear VR) дополнительной реальности и интерактивные touchscreen терминалы и экраны.

3.4 Модуль социальной сети

Модуль социальной сети представляет собой сервис, интегрированный в СППР и позволяющий пользователям создать свой профиль, добавлять друг друга в друзья, публиковать фотографии и видео, делиться мыслями и многое другое. С помощью сервиса можно найти людей, которые разделяют ваши интересы, пообщаться с ними, обмениваться изображениями, музыкой, видео и файлами. Модуль социальной сети также может быть использован для определения местоположения друзей или групп друзей, каждый из которых имеет свою аудиторию. Социальная сеть имеет различные функции, такие как: чат, публикация фотографий и видео, добавление друзей, создание групп. В

отличие от других социальных сетей, модуль социальной сети созданной СППР предоставляет больше возможностей для маломобильных групп населения, отражая к какой категории граждан относится пользователь, включая инвалидов. На рисунке 41 представлен фрагмент личного профиля пользователя.

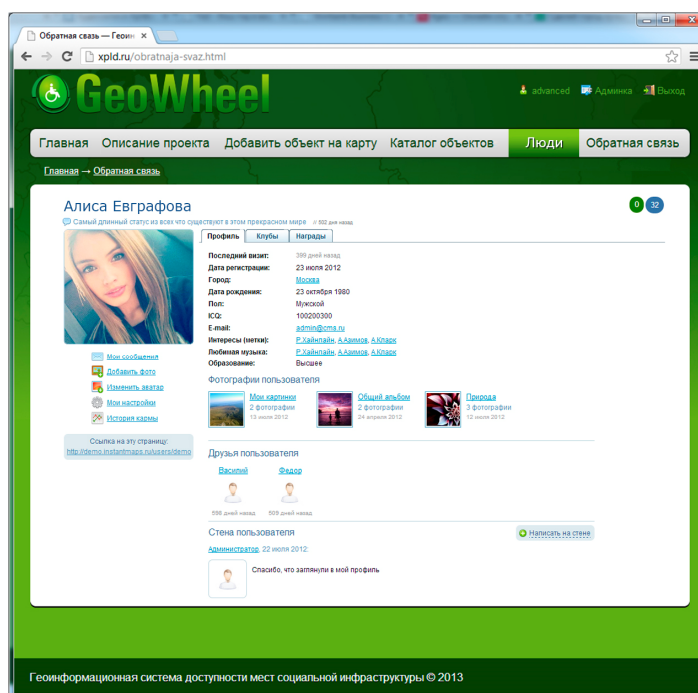


Рисунок 41. Фрагмент окна личного профиля пользователя.

Зарегистрированным в системе пользователям предоставляется возможность поиска других пользователей, список которых может быть представлен в виде каталога с фотографией и именем, что позволяет осуществлять группировку по нескольким критериям, повышает наглядность и удобство поиска по интересам (Рисунок 42).

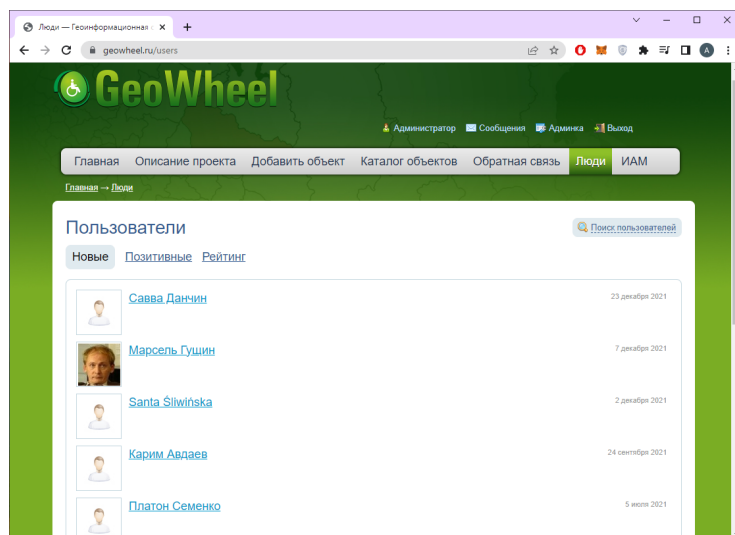


Рисунок 42. Фрагмент окна пользователей СППР

Одной из особенностей модуля социальной сети является его интеграция в систему описания характеристик и признаков доступности ОСИ, что позволяет каждому пользователю возможность оставить обратную связь или отзыв по выбранному ОСИ. В рамках исследования, модуль социальной сети позволил обеспечить накопление достаточного объема социально-ориентированных фолксономических данных о доступности ОСИ для МГН для реализации онтологии посредством теории АФП и формирования динамической базы знаний об объектах социальной инфраструктуры.

3.5 Оценка программно-технической эффективности разработанной СППР

В рамках диссертационной работы описывается применение возможностей теории имитационного моделирования для реализации концептуальной модели СППР управления доступностью ОСИ с целью оценки функциональной эффективности программно-технических средств реализации СППР. Производится описание и анализ предметной области, определяются элементы СППР управления доступностью ОСИ для маломобильных групп населения geowheel.ru, их функционал и принципы взаимодействия, определяются параметры и характеристики входных и выходных переменных, выявляются ограничения. Описываются структурно-функциональные и логические схемы модели системы [198].

Запуск и начало эксплуатации СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru повлекло за собой вопросы, связанные с оценкой эффективности программно-технической составляющей системы. Оценить эффективность работы системы в различных режимах возможно осуществить с помощью технологий имитационного моделирования. Как известно, построение имитационных моделей начинается с выявления проблемы и анализа предметной области [80, 85, 194]. Применительно к теме исследования одной из решаемых проблем является оценка эффективности работы системы geowheel.ru, в таком случае предметной областью изучения является сама СППР управления доступностью ОСИ для МГН.

В исследовании для создания имитационной модели определяются элементы СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru, их функционал и принципы взаимодействия, определяются параметры и характеристики входных и выходных переменных, выявляются ограничения. Описываются схемы модели системы. Указанный набор действий и результатов принято называть концептуальной моделью [132].

Современное развитие технологий имитационного моделирования позволяет выделить три основных подхода к созданию модели [111, 112]:

- Системная динамика
- Дискретно-событийное или процессно-ориентированное моделирование
- Агентное моделирование

Проведенный анализ предметной области позволил определиться с подходом к построению имитационной модели СППР управления доступностью ОСИ для МГН. В исследовании представлен гибридный подход, включающий в себя характерные черты дискретно-событийного и агентного подходов. Смысл объединения двух подходов заключается в том, что с помощью дискретно-событийного подхода возможно построить логическую структурно-функциональную схему модели, а с помощью агентного подхода отобразить динамику взаимодействия заявки и элементов системы. Комбинирование подходов было осуществлено с помощью средства имитационного моделирования ПО AnyLogic [139, 178].

Анализ работы системы облачного блока СППР geowheel.ru позволяет интерпретировать логическую структуру СППР в рамках теории систем массового обслуживания (СМО) [98, 184]. Как известно, структурными элементами СМО являются: заявки, каналы (приборы обслуживания), очереди на обслуживание. Заявки (требования) на обслуживание поступают через случайные интервалы времени, каналы (приборы) служат для обслуживания этих заявок, обслуживание длится случайные интервалы времени. Если в момент поступления заявки все приборы заняты, заявка помещается очередь и ждет там начала обслуживания. Если все ячейки очереди заняты, заявка получает отказ в обслуживании и может не пройти обработку (теряется). Дисциплина обслуживания очереди может функционировать в трех режимах: FIFO (First In - First Out, первый пришел - первый обслужен), IFO (Last In - First Out, последний пришел - первый обслужен) и режим с приоритетом (заявка наделена показателем приоритета, некотором количественном показателе, в зависимости от величины которого заявка принимается на обслуживание или встает в очередь за заявками с большим приоритетом). Применительно к системе geowheel.ru был выбран режим функционирования очереди с приоритетом [187, 235].

Для отображения и представления алгоритма действий пользователей СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru, была использована логическая схема, представленная в главе 3 включившая 4 основные компоненты системы (Рисунок 25): Компонента 1 – Генерация заявки, Компонента 2 – Первая линия, Компонента 3 – Вторая линия, Компонента 4 – Выход/Вывод процесс формирования ответа.

Для понимания процесса обработки заявки сервером произведено описание действий пользователя в системе. Формализуем действия пользователя в первой компоненте (генерации заявки), где клиентом системы задаются характеристики и формируется запрос на обслуживание. Действия пользователя можно разделить на следующие этапы:

1. Пользователь, использующий ПК или иное устройство, с целью удовлетворения информационных потребностей относительно доступности ОСИ для МГН, попадает на главную страницу СППР.

2. На главной странице пользователю предлагается выбрать один из методов взаимодействия с системой, в нашем случае два варианта:

- a. поиск по заданным параметрам;
- b. просмотр с помощью интерфейса навигации системы.

Обозначим вариант выбора метода взаимодействия с системой через множество значений V , где, применительно к системе geowheel.ru, необходимо ввести ограничения: $V = \{V_1; V_2\}$ (V может принимать значения V_1 или V_2).

3. После того как выбран метод взаимодействия с системой, пользователю необходимо произвести одно из трёх действий:

- a. пройти авторизацию в системе;
- b. зарегистрироваться как новый пользователь;
- c. продолжить работу с системой без авторизации.

Обозначим вариант выбора на данном этапе через множество значений H , где, исходя из ограничений системы: $H = \{H_1; H_2; H_3\}$ (H может принимать значения H_1, H_2 или H_3).

4. После прохождения этапа авторизации запрос пользователя формирует заявку, которая переходит на первую линию обработки заявки.

Время прохождения компоненты генерации заявки зависит от скорости взаимодействия пользователя с системой, в нашем случае введем ограничения: от 0,5 сек до 5 сек для приборов V и 1 сек до 7 сек для приборов H . Заявки формируют входящий поток, параметром которого является интенсивность. На рисунке 43 отражена компонента генерации заявки.

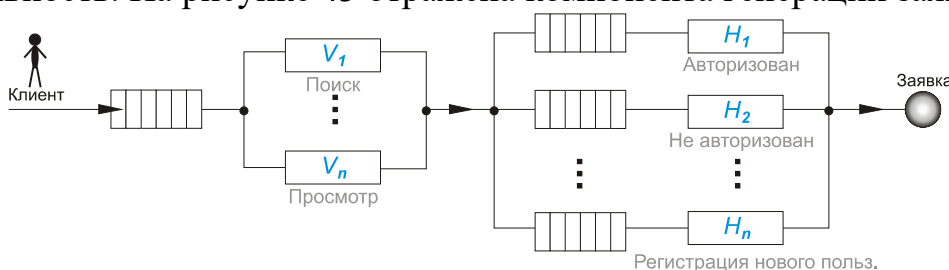


Рисунок 43. Компонента генерации заявки СППР geowheel.ru

Формализуем процесс прохождения заявки пользователя в СППР на первой и второй линиях обслуживания, где представлены принципы и механизмы прохождения заявки пользователя, и её взаимодействие с

элементами системы. Пользователь взаимодействует с интерфейсом системы, где заданные на этапе генерации заявки пользователем параметры, определяют дальнейшее поведение системы. Можно представить в виде следующих этапов:

1. Входящий поток заявок на обслуживание, сформированных пользователями, через интервалы времени с определенной интенсивностью попадают в очередь Qn и ожидают обслуживания.

2. Из очереди заявка пользователя попадает на выбор раздела системы.

3. Применительно к СППР управления доступностью ОСИ для МГН выбор разделов состоит из 4 вариантов:

- a. ОСИ.
- b. Карта.
- c. Социальная сеть.
- d. Регистрация пользователя.

В соответствии со значениями, заданными на этапе генерации заявки, определяется доступность данных разделов владельцу заявки. Обозначим вариант выбора пользователем раздела системы через множество значений S , где, исходя из ограничений системы: $S = \{S_1; S_2; S_3; S_4\}$ (S может принимать значения $S_1; S_2; S_3$ или S_4).

4. После выбора раздела (канала обслуживания) заявка попадает в одну из очередей к действиям системы. Значения, заданные на этапе генерации заявки, определяют доступность владельцу заявки очередей к действиям системы. Выбор очереди к действиям СППР состоит из трёх вариантов:

- a. Очередь на Сбор
- b. Очередь на Хранение
- c. Очередь на Передачу
- d. Очередь на Обработку

Обозначим вариант выбора очереди через множество значений Qm , где, исходя из ограничений системы: $Qm = \{Qm_1; Qm_2; Qm_3; Qm_4\}$, (Qm может принимать значения $Qm_1; Qm_2; Qm_3$ или Qm_4).

5. После того как заявка вышла из очереди она попадает на канал обслуживания, где в соответствии с параметрами, заданными на предыдущих этапах, производится одно из действий:

- a. Сбор
- b. Хранение
- c. Передача
- d. Обработка

Обозначим каналы обслуживания на данном этапе через множество значений M , где применительно к системе geowheel.ru: $M = \{M_1; M_2; M_3; M_4\}$, (M может принимать значения $M_1; M_2; M_3$ или M_4). На данном этапе выбранный прибор обслуживания производит действие в соответствии с запросом пользователя с одной из БД ГИС:

- a. БД ОСИ.
- b. БД Карт.
- c. БД Пользователей.

6. После того, как ответ от одной из баз данных получен он направляется пользователю.

7. Если работа с системой окончена, пользователь выходит посредством закрытия окна браузера, или воспользовавшись интерфейсом системы.

На рисунке 44 отражены три компонента: первая линия обработки заявки, вторая линия обработки заявки, компонента вывод/выход.

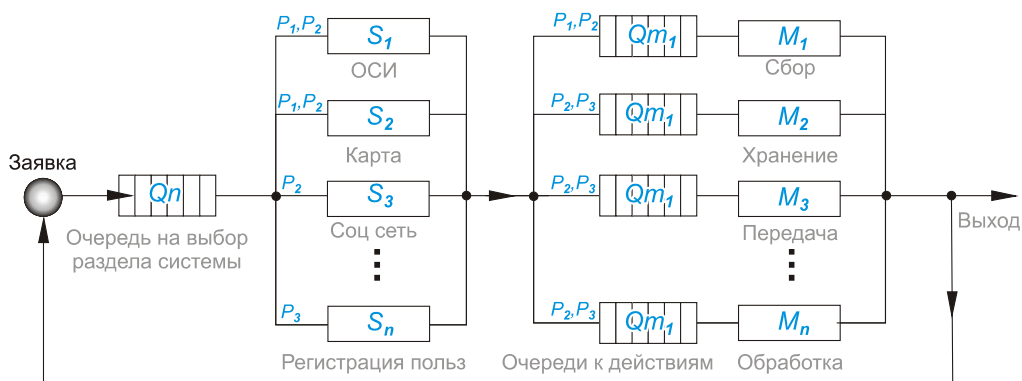


Рисунок 44. Компоненты обработки заявки СППР geowheel.ru и вывода результата

После формализации процесса прохождения заявки пользователем был произведен анализ входных параметров СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru. Входные параметры могут быть заданы как пользователем, так и системой, а их показатели в совокупности с показателями выходных параметров служат средством оценки эффективности работы системы. Для удобства входные параметры были разделены на 2 группы (Таблица 7): постоянные параметры (описывают константы, определяющие поведение системы, могут быть изменены при модификации системы) и условно-постоянные параметры (описывают переменные, задаваемые при каждом формировании заявки на обслуживание).

Таблица 7. Входные параметры

№	Постоянные (Параметры)
1	Количество обслуживающих каналов (приборов)
2	Производительность канала / интенсивность (скорость) обслуживания / пропускная способность (среднее количество заявок, которое может обслужить один канал в единицу времени)
3	Продолжительность процедуры обслуживания (вероятностное распределение времени обслуживания требований)
4	Вероятностное распределение моментов поступлений заявок на обслуживание
5	Вероятность выхода из строя обслуживающего канала
6	Структура / конфигурация обслуживающей системы (параллельная, последовательная или иная конфигурация, дисциплина очереди и др.)
7	Вместимость каждой из очередей
№	Условно-постоянные (переменные)
1	Интенсивность (скорость) входного потока заявок (среднее количество заявок, поступающих в систему в единицу времени),
2	Мощность источника требований / заявок
3	Вероятностное распределение количества итераций и каналов, необходимых для обслуживания заявки пользователя
4	Вероятностное распределение объема данных, передаваемого от заявки пользователя к каналам обслуживания и от каналов к заявке

Основные выходные параметры СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru представлены в таблице 8:

Таблица 8. Выходные параметры

№	Выходные параметры
1	коэффициент загрузки системы (доля каналов, занятых обслуживанием)

2	средняя длина очереди (среднее количество заявок, ожидающих обслуживания)
3	среднее количество заявок в системе (в очереди плюс на обслуживании)
4	среднее время ожидания заявки (среднее время нахождения в очереди: от момента поступления заявки до начала обслуживания)
5	среднее время нахождения заявки в системе (от момента поступления до окончания обслуживания)
6	Среднее число занятых каналов
7	Среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени
8	степень загрузки канала, т.е. вероятность того, что канал занят
9	коэффициент загрузки обслуживающих каналов
10	Абсолютная пропускная способность системы, т.е. среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени
11	Относительная пропускная способность, т.е. средняя доля поступивших заявок, обслуживаемых системой
12	Вероятность отказа, т.е. вероятность того, что заявка покинет СМО не обслуженной
13	Среднее время ожидания обслуживания
14	Вероятность того, что число заявок в очереди превысит определенное значение и т.п.

Определены элементы СППР управления доступностью ОСИ для МГН, выявлен их функционал и принципы взаимодействия, установлены параметры входных и выходных переменных, введены ограничения, созданы схемы модели системы. Создание компьютерной имитационной модели в рамках теории СМО для оценки эффективности СППР управления доступностью ОСИ для МГН описано в следующих параграфах.

3.6 Аналитическая модель программно-технической составляющей СППР управления доступностью ОСИ для МГН

С математической точки зрения динамическая система представляет собой набор переменных состояния и алгебраических дифференциальных уравнений различного вида, заданных для этих переменных и описывающих их изменение с течением времени. Модельный анализ функционирования СППР управления доступностью ОСИ для МГН, проводимый с учетом положений теории массового обслуживания, позволяет представить СППР как динамическую систему, в виде размеченного графа состояний [121, 142].

Интенсивности переходов системы из одного состояния в другое $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{g-1}$ можно интерпретировать как интенсивности возникновения заявок в системе. Аналогично величины $\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_{g-1}$ – интенсивности переходов системы из состояния в состояние можно интерпретировать как интенсивности выполнения заявок в системе. Зная интенсивности переходов, можно найти величины $p_1(t), p_2(t), \dots, p_g(t)$ – вероятности нахождения системы Sys в состояниях $Sys_1, Sys_2, \dots, Sys_g$ соответственно. При в любой момент времени t должно выполняться условие нормировки

$$\sum_{j=1}^n p_j(t) = 1 \quad (1)$$

Поскольку все состояния являются сообщающимися и существенными, существует [4] предельное распределение вероятностей состояний. Получим систему уравнений для такого случая распределения вероятностей состояний системы. В стационарных условиях для каждого состояния поток, втекающий в данное состояние, равен потоку, вытекающему из данного состояния. Таким образом, для состояния Sys_0 :

$$p_0 \lambda_0 \Delta t = p_1 \mu_0 \Delta t$$

$$\lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1$$

для состояния Sys_1 :

$$p_1 (\lambda_1 + \mu_0) \Delta t = p_0 \lambda_0 \Delta t + p_2 \mu_1 \Delta t$$

$$(\lambda_1 + \mu_0) p_1 = \lambda_0 p_0 + \mu_1 p_2$$

Последнее уравнение с учетом предыдущего можно привести к виду $\lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2$.

Аналогично можно получить уравнения для остальных состояний системы. В результате состояния системы Sys можно описать системой уравнений Колмагорова

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1, \\ \lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2, \\ \dots \\ \lambda_k p_k = \mu_k p_{k+1}, \\ \dots \\ \lambda_{g-1} p_{g-1} = \mu_{g-1} p_g, \\ p_0 + p_1 + \dots + p_g = 1. \end{array} \right. \quad (2)$$

Последнее уравнение в (2) является очевидным условием (1).

Решение системы уравнений (2) имеет вид:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{g-1}}{\mu_0 \mu_1 \mu_2 \dots \mu_{g-1}} \right)^{-1}$$

$$p_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0} p_0; p_2 = \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} p_0; p_3 = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} p_0; \dots; p_g = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{g-1}}{\mu_0 \mu_1 \mu_2 \dots \mu_{g-1}} p_0$$

Рассмотрим СППР управления доступностью ОСИ для МГН как одноканальную систему массового обслуживания с ограниченной очередью, без ограничения нахождения заявки в очереди по времени [98, 144]. В системе массового обслуживания с ограниченной очередью число мест N в очереди ограничено. Следовательно, заявка, поступившая в момент времени, когда все места в очереди заняты, отклоняется и покидает систему массового обслуживания. Вероятность отказа в обслуживании заявки в такой системе равна:

$$p_{\text{отк}}(t) = \frac{\lambda(t)}{\mu} - \frac{1 - \frac{\lambda(t)}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda(t)}{\mu}\right)^{N+2}}$$

Анализируя динамику поступления и выполнения заявок в системе, необходимо отметить, что особенность системы мониторинга и оперативного анализа данных заключается в том, что необработанные сервером заявки накапливаются, увеличивая при этом поток входящих запросов. Обозначим количество поступающих заявок во входную очередь системы как $I(t)$, количество необработанных системой заявок – $X(t)$, а количество обработанных – $Y(t)$. Новые заявки, формируемые регистраторами данных, обозначим $\varphi(t)$. На этой основе получим систему уравнений:

$$I(t) = \varphi(t) + X(t);$$

$$X(t) = I(t) * p_{\text{отк}}(t) + X_0;$$

$$Y(t) = I(t) - X(t);$$

$$\varphi(t) = \frac{Z}{\tau} t$$

где Z – количество регистраторов данных; τ – временной интервал между формированием заявок одним регистратором; X_0 – количество заявок в системе в начальный момент времени.

3.7 Имитационная модель оценки качества СППР управления доступностью ОСИ для МГН с помощью теории СМО

Учитывая специфику исследования, эффективность работы системы решено было оценивать с помощью следующих выходных параметров:

- Надежность (процент отказов системы).
- Среднее время нахождения в системе.
- Средняя пропускная способность системы.
- Пороговые значения входных параметров, при которых

наступает тотальный отказ системы.

Концептуальная модель СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru, представлена в предыдущей главе. В исследовании представлено продолжение работы по развитию гибридного подхода к построению имитационных моделей, включающего в себя характерные черты дискретно-событийного и агентно-ориентированного подходов. Смысл объединения двух подходов заключается в том, что с помощью дискретно-событийного подхода возможно построить логическую структурно-функциональную схему модели, а с помощью агентно-ориентированного подхода отобразить динамику взаимодействия заявки и элементов системы. Для построения и исследования компьютерных моделей различных процессов существует большое количество программных пакетов (AnyLogic, Arena, MATLAB Simulink, Simula и т.д.). Для реализации гибридной модели было выбрано ПО AnyLogic, которое позволяет создавать агентно-ориентированные модели, отражающие общее представление о поведении моделируемой системы посредством назначения перечня параметров и правил поведения ее элементов (агентов), не имея сведений о каких-либо общих законах поведения системы в целом [154, 169, 196].

Процесс создания имитационной модели начнем с описания реальной СППР управления доступностью ОСИ для МГН. Реальную действующую

систему можно представить в виде виртуальной компьютерной модели, а объекты и функционал реальной системы представить в виде математических обозначений и функций. СППР управления доступностью ОСИ и удовлетворения информационных потребностей маломобильных групп населения geowheel.ru реализована в виде клиент-серверной системы. Серверная часть представляет собой набор сервисов для обработки заявки пользователя, включая базы данных и приложения. Клиентская часть представлена в виде интернет-сайта и наделена интерфейсом взаимодействия с серверной частью. Пользователь при обращении к серверу исходя из возможностей системы имеет возможность выбора характеристик заявки, что определяет её сложность S . Таким образом, исследуемая система выполняет функции в соответствии с запросом пользователя.

Для построения модели введем количественные показатели. СППР управления доступностью ОСИ для МГН можно описать в виде терминов систем массового обслуживания [121]. Для доступа к тем или иным сетевым СППР клиенты, совершают запросы к серверу 3 типов: заявки на получение содержимого СППР (изображения, HTML-страницы, таблицы стилей); заявки на получение содержимого базы данных; заявки на ввод данных в базу данных. Сервер получает от клиентов, запрос, обрабатывает и отправляет ответ с результатами. Рассматриваемая информационная система оснащена одним сервером, на который с определенной интенсивностью λ на обработку от пользователей поступают заявки с некоторой сложностью S , являющейся случайной величиной. Интенсивность поступления заявок λ определяется количеством обращений пользователей в единицу времени. Сложность заявки определяется количеством операций S , требуемых на ее выполнение. Если сервер занят, то заявка перенаправляется в очередь, который выполняет роль буфера заявок, вместимостью N . Очередь имеет определенный период ожидания, длительностью t_{out} . Производительность обслуживания заявок системой Q

(операций/сек) считается известной величиной. Время обработки заявки системой может быть выражено как $t_{servdelay} = \frac{S}{Q}$.

Как описывалось ранее, анализ работы СППР, опубликованной по адресу в интернете geowheel.ru, позволяет интерпретировать логическую структуру системы в рамках теории СМО, для чего были исследованы реальные параметры и характеристики системы, а также произведён ряд экспериментов для проверки адекватности моделируемых параметров с точки зрения теории систем массового обслуживания. Модель имитирует потоки заявок и их обработку на сервере. Облачный Web-сервер можно рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания (СМО), приняв при этом следующие упрощающие предположения [187, 235]:

- λ - система имеет входной пуассоновский поток заявок;
- поток заявок, является случайным, стационарным, без последствий;
- t_{total} - время обслуживания имеет экспоненциальное распределение;
- $t_{servdelay} = \frac{S}{Q}$ - время обслуживания заявок, где S – случайная величина отражающая сложность, Q – известная производительность обслуживания;
- система является разомкнутой, с ожиданием и отказами;
- система является одноканальной (имеет одно обслуживающее устройство);
- система не ограничена по времени нахождения заявки в очереди;
- система имеет конечную очередь, конечный буфер;
- тип дисциплины обслуживания FIFO (first in – first out), обслуживание без приоритетов.

На рисунке 45 представлена схема имитационной модели СППР geowheel.ru в виде описанных элементов СМО.

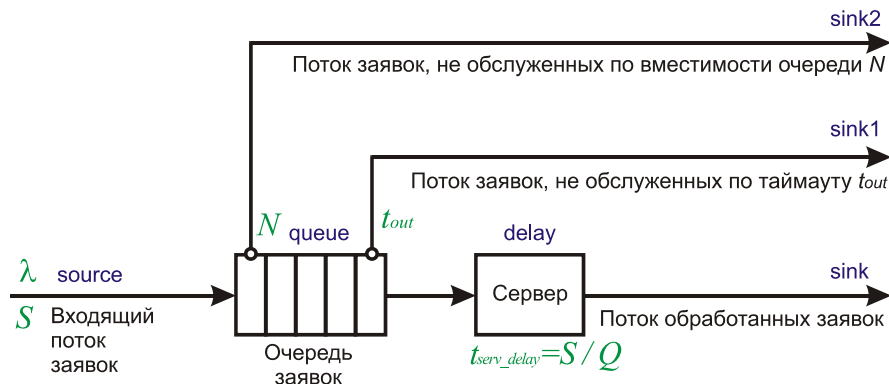


Рисунок 45. Схема имитационной модели СППР geohweel.ru в виде СМО

Наиболее значимыми входными параметрами являются:

1. λ – интенсивность поступления заявок (количество обращений пользователей в единицу времени).
2. S – сложность заявки (количество операций, требуемых на выполнение заявки).
3. Q – производительность системы (количество операций в секунду).
4. N – максимальная вместимость очереди заявок.
5. t_{out} – интервал критического времени ожидания ответа от сервера в очереди.

Последовательность обращений пользователей, происходящих одно за другим в случайные моменты времени, принято называть входным потоком. Предполагается, что входной поток в рассматриваемой модели является пуассоновским, т.е. стационарным и без последствий [228]. Соответственно, число обращений n за любой фиксированный интервал времени t , будет распределено по закону Пуассона:

$$\mathbb{P}(n, t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}, \text{ где}$$

$\mathbb{P}(n, t)$ – вероятность поступления n заявок за некоторый интервал времени t .

Интервалы времени τ между обращениями пользователей распределены экспоненциально:

$$\mathbb{P}(\tau < t) = 1 - e^{-\lambda t}, \text{ где}$$

$\mathbb{P}(\tau < t)$ – вероятность того, интервал времени τ между обращениями будет меньше t .

Для работы с системой geowheel.ru пользователь использует интернет-браузер, который с помощью протокола TCP/IP устанавливает соединение с web-сервером. Если соединение неактивно в течение интервала времени t_{out} , браузер повторно устанавливает его. При поступлении на сервер запросов на открытие соединения, сервер рассылает на каждую заявку подтверждение и ожидает дальнейших действий, если же буфер очереди на входящие соединения заполнен, сервер становится недоступным и отклоняет заявки. Если время ожидания ответа от сервера превысило установленный интервал t_{out} , браузер прекращает попытки установить соединение и сообщает пользователю о недоступности сервера.

Характеристики серверной части включают в себя такие параметры, как производительность системы Q и максимальная вместимость очереди заявок N . Производительность системы Q представлена в виде количественного показателя, консолидирующего характеристики системы (производительность процессора сервера, объем памяти, скорость чтения и записи, пропускная способность сети, и др.) и выраженного в виде количества выполняемых операций в секунду. Для СППР geowheel.ru были проведены тесты производительности с помощью серверной утилиты sysbench. Под производительностью Q понимается итоговая совокупность параметров системы: производительность процессора, скорость выполнения системных, сетевых, файловых операций и прочие показатели. Вместимость очереди заявок N задается при настройке сервера баз данных.

В текущем исследовании сложность заявки определяется как случайная величина, которая подчиняется симметричному треугольному распределению, и записывается в виде: $[S_{moda} \pm Z]$, где S_{moda} – мода треугольного распределения, а $S_{min} = S_{moda} - Z$ и, соответственно, $S_{min} = S_{moda} + Z$.

Опираясь на формализацию логической схемы СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru, а также используя значения

количественного показателя моды сложности S_{moda} была построена компьютерная имитационная модель, реализованная в среде имитационного моделирования Anylogic. В ходе исследования была протестирована работа модели, устойчивость, адекватность, выявлена чувствительность, произведена калибровка, проведен ряд экспериментов. В таблице 9 представлены элементы модели, а на рисунке 46 представлен снимок экрана созданной модели в ПО Anylogic.

Таблица 9. Элементы модели СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Наименование	Объект Anylogic	Параметры
Входной поток заявок пользователя	source	Гипотеза о том, что входной поток в рассматриваемой модели является стационарным пуассоновским. λ – интенсивность S_{moda} – мода распределения сложности заявки
Очередь заявок	queue	N – максимальная вместимость очереди заявок. t_{out} – интервал критического времени ожидания ответа от сервера в очереди.
Задержка системы на обработку заявки	delay	$t_{servdelay} = \frac{S}{Q}$ Q – производительность системы.
Не обслуженные заявки из-за вместимости очереди	sink2	Количество не обслуженных заявок из-за вместимости очереди N
Не обслуженные заявки из-за времени ожидания	sink1	Количество не обслуженных заявок из-за времени ожидания t_{out}
Обслуженные заявки	sink	Количество обслуженных заявок

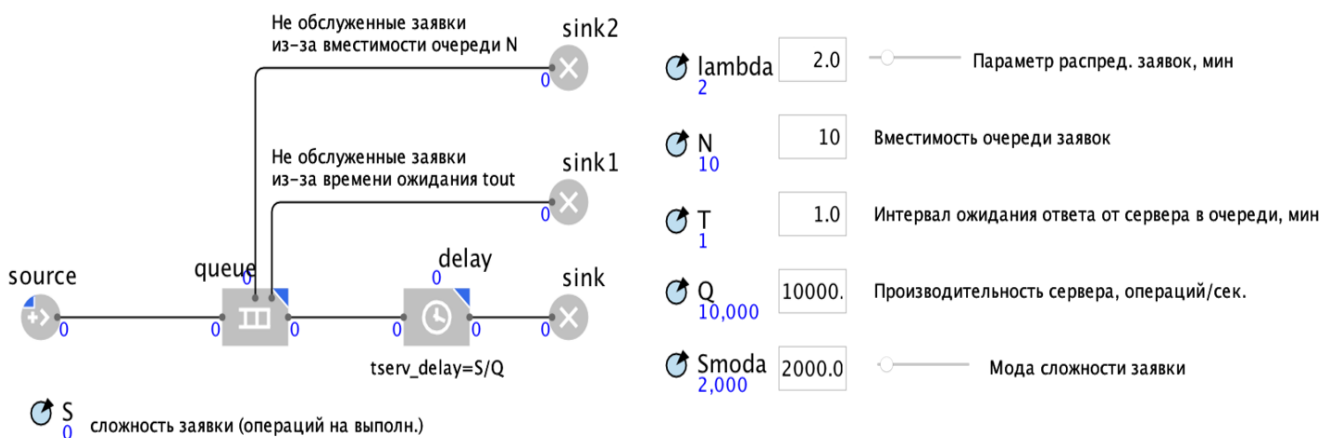


Рисунок 46. Снимок экрана реализации модели СППР управления доступностью ОСИ для МГН geowheel.ru в ПО Anylogic

После калибровки модели была проведена серия экспериментов, с целью оценки эффективности СППР управления доступностью ОСИ для МГН, которые условно можно разделить на 3 группы. Для проведения экспериментов были установлены следующие параметры:

Единица модельного времени – 1 мин.

Время длительности эксперимента – 7 суток (10080 мин.)

Q – производительность системы, $Q = 10^4$ операций/сек. (реальное значение итоговой производительности системы, установленное путем экспертного анализа).

N – максимальная вместимость очереди заявок, $N = 10$.

t_{out} – критическое время ожидания ответа от сервера в очереди, $t_{out} = 1$ мин.

Кроме того, использовались параметры сложности S_{moda} и интенсивности λ .

В первую группу вошли эксперименты с фиксированной сложностью $S_{moda} = \pm 2000$ опер., а интервалы времени между поступлениями заявок распределены по экспоненциальному закону с интенсивностью поступления заявок $\lambda = 2$. В результате экспериментов первой группы была определена средняя длина очереди, средняя загрузка системы, пропускная способность (количество обслуженных заявок), зависимость количества обработанных заявок от времени, распределение времени в системе. На рисунке 47 представлены результаты первой группы экспериментов.

Количество обслуженных заявок – 21387 заявок (97%);

Количество отказов по N – 534 заявки (2%);

Количество отказов по t_{out} – 118 заявок (1%);

Средняя длина очереди – 1,37;

Средняя загрузка системы – 0,43.

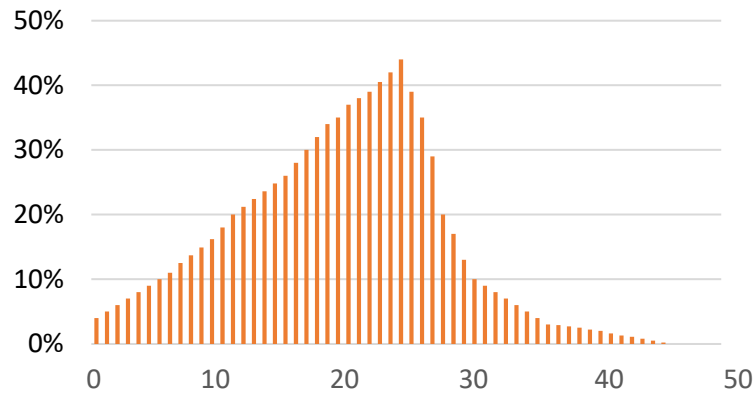
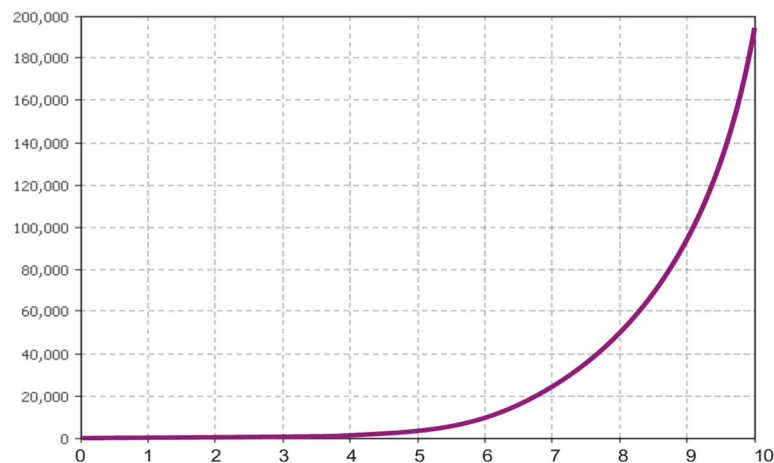
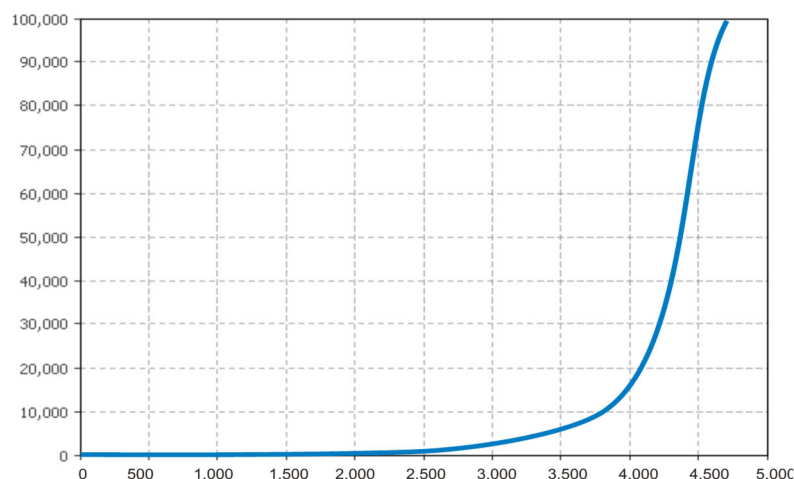


Рисунок 47. Распределение времени обработки заявок

Вторая группа экспериментов – это исследование зависимостей между входными и выходными параметрами модели. В данную группу вошли графики зависимости среднего значения отказов в обслуживании от интенсивности поступления заявок, зависимости среднего значения отказов в обслуживании от сложности заявки (Рисунок 48).



Зависимость среднего значения отказов в обслуживании от интенсивности λ , при заданной сложности $S_{moda} = 2000$ опер.



Зависимость среднего значения отказов в обслуживании от сложности заявки S_{moda} при заданной интенсивности поступления заявок $\lambda = 2$

Рисунок 48. Графики второй группы экспериментов

В третью группу вошли эксперименты, в ходе которых выявлялись пороговые значения входных параметров. Катастрофическим случаем в работе информационной системы является ситуация, при которой процент отказов системы превышает установленный уровень для области применения информационной системы.

Предложено несколько уровней количества отказов системы L , при котором при фиксированной сложности $S_{moda} = \pm 2000$ опер. определен критический показатель интенсивности поступления заявок λ . В таблице 10 приведены результаты экспериментов, найдены значения интенсивности для установленных уровней отказов.

Таблица 10. Пороговые значения интенсивности λ для уровней отказов

Кол-во отказов, L	$L = 10\%$	$L = 30\%$	$L = 50\%$	$L = 70\%$	$L = 90\%$	$L = 100\%$
Интенсивность, λ	4,45	6,89	8,33	8,93	9,53	$\geq 10,68$

При фиксированном показателе параметра интенсивности поступления заявок $\lambda = 2$ и распределённых по экспоненциальному закону интервалов времени между поступлениями заявок были определены критические показатели сложности заявки S для установленных уровней отказов (Таблица 11).

Таблица 11. Пороговые значения сложности S для уровней отказов

Кол-во отказов, L	$L = 10\%$	$L = 30\%$	$L = 50\%$	$L = 70\%$	$L = 90\%$	$L = 100\%$
Мода сложности, $S_{мода}$	2463	4078	4201	4352	4576	4670

Применение технологий имитационного моделирования позволяет комплексно и многопланово проводить оценку эффективности социально-ориентированных СППР управления доступностью ОСИ для МГН, при этом под эффективностью системы понимаются такие показатели как средняя длина очереди, средняя загрузка системы, пропускная способность (количество обслуженных заявок), распределение времени в системе, зависимость количества обработанных заявок от времени, зависимость среднего значения отказов в обслуживании от интенсивности поступления заявок, зависимость среднего значения отказов в обслуживании от сложности заявки [198].

3.8 Компьютерная реализация имитационной модели СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Моделирование динамических систем поддерживается многими системами имитационного моделирования, в том числе Powersim, AnyLogic, SimuLink и др. AnyLogic является кроссплатформенным программным обеспечением, работающим под управлением таких операционных систем как Windows, Mac OS и Linux. AnyLogic включает в себя графический язык моделирования, а также с помощью языка Java позволяет расширять созданные модели. В AnyLogic разработчик может гибко использовать различные уровни абстрагирования и различные стили и концепции и смешивать их при создании одной и той же модели [157].

Среда AnyLogic является объектно-ориентированной. Объектно-ориентированный подход весьма удобен для представления сложных систем, также является интуитивно понятным для пользователей системы. Особенностью AnyLogic является представление моделей в виде набора активных объектов, которые взаимодействуют и параллельно

функционируют. Такой подход к моделированию является понятным, так как системы реальной жизни состоят из совокупности активностей, которые взаимодействуют с другими объектами. Активным объектом в AnyLogic называется объект, который самостоятельно функционирует, а также взаимодействует с окружением. Активный объект может состоять из любого количества других активных объектов. Также, в соответствии с законами функционирования системы, они могут динамически порождаться и исчезать [168].

Система AnyLogic поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, также возможны различные виды анализа, такие как анализ на чувствительность и оптимизация параметров модели относительно некоторого критерия. При создании модели возможно использование концепций и средств из «классических» областей моделирования. Например, в агентной модели использовать методы системной динамики для представления изменений состояния среды или в непрерывной модели динамической системы учесть дискретные события. Программная среда AnyLogic поддерживает все три основных метода моделирования, а также любую их комбинацию: системная динамика; дискретно-событийное (процессное) моделирование; агентное моделирование [112].

В связи с тем, что логику обработки сообщений задают графически с помощью карт состояний, AnyLogic имеет естественные аналоги блоков и транзакций языков блочного моделирования. Такие объекты, как ресурсы или очереди, строятся при помощи базовых средств программы AnyLogic, которые содержатся в библиотеке. Общепринятая методология построения моделей процессов и статистическая обработка случайных параметров являются в AnyLogic встроенными и выполняются автоматически. Программный пакет AnyLogic содержит встроенные библиотеки, при помощи которых можно смоделировать любой происходящий процесс. Главным преимуществом среды Anylogic является комбинирование различных подходов моделирования, позволяющая отражать комплексность и неоднородность систем реального мира. Возможно комбинирование моделей процессов, построенных с помощью библиотеки

моделирования процессов, с моделями системной динамики или агентными моделями. Система AnyLogic является инструментом, язык моделирования которого не задает исключительно непрерывное или дискретное поведение, а может задавать модели с гибридным поведением [154]. Имеется возможность создания гибридной модели посредством добавления дискретных событий, которые будут влиять на непрерывное поведение моделируемой системы. Например, можно добавить событие, отслеживающее значения непрерывно изменяющихся переменных и выполняющее некоторые действия при достижении значением переменной какого-то определенного порога; или событие, которое изменяет параметр уравнения и тем самым влияет на моделируемую динамическую систему. В частности, система AnyLogic предоставляет специальные элементы для задания дифференциальных и алгебраических уравнений:

- накопитель – для реализации дифференциальных уравнений;
- динамическая переменная – для формул.

Система AnyLogic поддерживает несколько методов для решения дифференциальных, алгебраических и смешанных систем уравнений. Метод автоматически выбирается исполняющим модулем системы AnyLogic в соответствии с поведением моделируемой системы. При решении обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) первого порядка, как правило, используется метод Рунге-Кутты с фиксированным шагом. В случае систем алгебраических и смешанных уравнений система AnyLogic использует метод Ньютона, варьирующий шаг интеграции для достижения необходимой точности.

Системы имитационного моделирования поддерживают моделирование физических систем с помощью метода конечных элементов – метода решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. В этом случае в модели обычно используются массивы и размерности. При этом в уравнениях можно ссылаться на следующий и предыдущий элементы. При запуске модели уравнения собираются в главную систему дифференциальных уравнений (СДУ). Во время моделирования эта СДУ решается одним из встроенных в

систему AnyLogic методов, реализуемых за счет встроенной библиотеки моделирования процессов. При этом в системе AnyLogic визуализируются результаты в окне эксперимента (Рисунок 49).

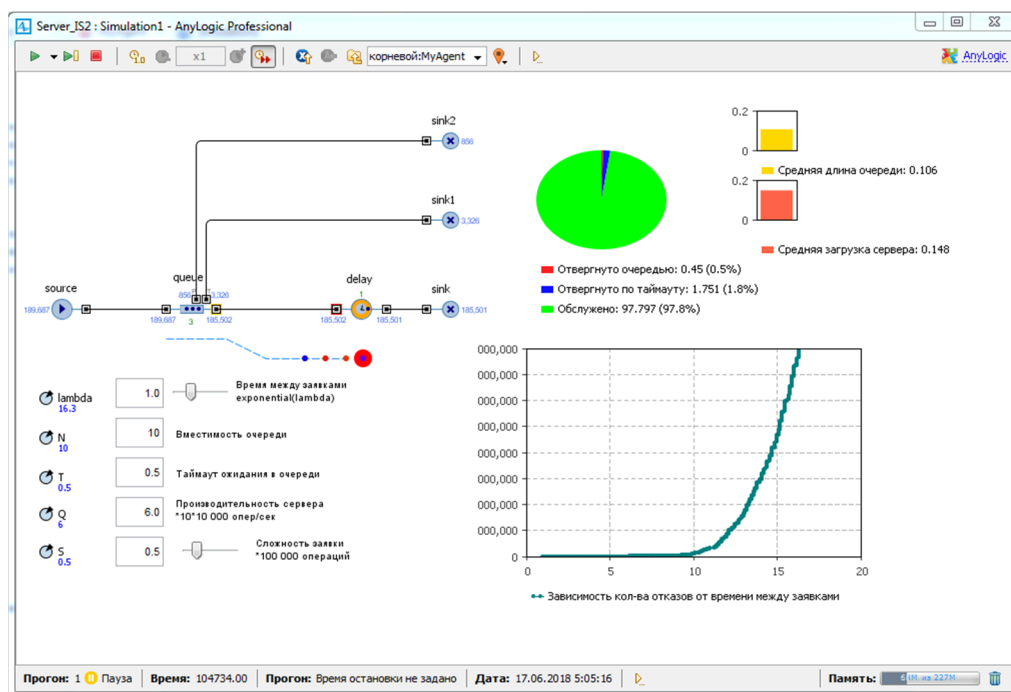


Рисунок 49. Снимок экрана окна эксперимента в AnyLogic

Модель, полученная в результате исследования, позволяет оценить выходные параметры системы. Сравнение результатов модельного анализа с показателями работы реально функционирующей системы показывает их достаточное согласование при исследовании функционирования реальной СППР управления доступностью ОСИ для МГН. Таким образом, основанный на предложенной метод позволяет оперативно и непрерывно осуществлять мониторинг состояния сложных технических систем, а также провести оптимизацию загруженности информационной системы [198].

3.9 Выводы по главе 3

Исследованы разработанные методы и алгоритмы для обеспечения принятия управленческих решений в области управления доступности ОСИ. Предложенные в предыдущей главе алгоритмы были программно

реализованы в созданных автоматизированных комплексах получения и обработки информации и объединены в общую систему поддержки принятия решений управления доступностью ОСИ для МГН. Были созданы программные модули визуализации данных с помощью геоинформационных технологий. Представлена структура программного комплекса СППР.

Реализован программно-технический комплекс в виде набора модулей системы поддержки принятия решений, позволяющей ускорить получение и обработку информации за счет оптимизации процессов идентификации и классификации информации о характеристиках ОСИ, уровнях доступности, представленную в разных входных форматах. Произведено исследование работы программно-технического комплекса. Сформирована база ОСИ, произведена идентификация на карте объектов городской среды, расположенных в городе Ханты-Мансийске, определены характеристики и степень доступности, описаны функциональные характеристики, произведена оценка с точки зрения МГН, сформированы формальные понятия, позволившие выявить «серые» зоны городского хозяйства Ханты-Мансийска в сфере обеспечения доступности ОСИ для МГН.

Получены следующие результаты:

1. Реализован алгоритм автоматического анализа, извлечения и классификации фолксономических данных с использованием теории анализа формальных понятий, направленный на поддержку принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН.
2. Реализован интерфейс информационной поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН на основе геоинформационных технологий.
3. Реализован программно-вычислительный комплекс на базе геоинформационных технологий, позволяющий накапливать,

систематизировать, и эффективно использовать фолксономические данные для поддержки процесса управления доступностью ОСИ для МГН и научно-исследовательских задач.

4. Создана система поддержки принятия решений, реализующая разработанные модели и методы для поддержки процесса принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН.
5. Произведена оценка качества функционирования СППР для МГН в виде гибридных имитационных моделей, позволяющих произвести ряд экспериментов для оценки эффективности СППР с точки зрения программной-технической реализации, показаны результаты оценки качества программного продукта.
6. Повышена оперативность управления и состоянием доступности ОСИ для МГН за счет уменьшения времени, затраченного на процесс принятия решений. Снижение временных затрат достигается за счет увеличения быстродействия работы алгоритмов получения и обработки информации об ОСИ, ГИС-технологий

Произведены работы по апробации алгоритма поддержки принятия решений управления доступностью ОСИ с использованием разработанный СППР. Внедрение в деятельность органов власти и общественную деятельность граждан разработанной геоинформационной системы поддержки принятия решений позволило повысить эффективность принятия решений в области управления доступностью ОСИ для МГН. Реализованные модели и методы служат для удовлетворения потребностей в получении формализованных пространственных данных, в качестве инструмента географического ориентирования, как информационно-справочная система поддержки принятия решений, обеспечивает возможности социального обмена информацией. Система используется МГН в качестве инструмента пространственного ориентирования, а также

органами муниципального управления для принятия управленческих решений в отношении обеспечения информационной и физической доступности объектов социальной инфраструктуры, в частности внедрена в работу регионального общественного движения инвалидов-колясочников Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Преобразование» и в Федеральное учреждение Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России» в качестве системы поддержки принятия решений в области доступности ОСИ для МГН.

ГЛАВА 4. АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ В ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ДОСТУПНОСТЬЮ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

4.1 Результаты испытаний моделей и алгоритмов, эксплуатации программной реализации СППР в условиях города Ханты- Мансийска

Реализованные модели и методы служат для удовлетворения потребностей в получении формализованных пространственных данных, в качестве инструмента географического ориентирования, как информационно-справочная система поддержки принятия решений, обеспечивает возможности социального обмена информацией [205, 210, 230]. Система используется МГН в качестве инструмента пространственного ориентирования, а также органами муниципального управления для принятия управленческих решений в отношении обеспечения информационной и физической доступности объектов социальной инфраструктуры, в частности внедрена в работу регионального общественного движения инвалидов-колясочников Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Преобразование», в Федеральное учреждение Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России», включена в состав информационных ресурсов Администрации города Ханты-Мансийска в качестве системы поддержки принятия решений в области доступности ОСИ для МГН.

Разработанные методы были поддержаны научным грантом РФФИ №15-41-00092 «Фолксономический подход в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем», грантом программы Умник Фонда инноваций № 4073ГУ1/2014 «Интегрирование виртуальных 3D панорам в информационные системы для маломобильных групп населения», грантом конкурса Департамента экономического развития ХМАО – Югры «Золотая инновация», секция информационные технологии,

что показывает высокую заинтересованность в проведенных исследованиях и прикладных результатов. В рамках пленарных заседаний с представителями маломобильных групп населения был создан ежегодный семинар по развитию доступности ОСИ для МГН в ХМАО-Югре, выраженный положительными итогами использования практических результатов в виде программного продукта «СППР в управлении социальной инфраструктурой города в области доступности ОСИ для МГН geowheel.ru» со стороны МГН и органов власти. Результаты работы докладывались на 14 всероссийских и международных научно-практических конференциях [190, 209, 213].

Разработанная СППР была внедрена в работу и активно используется органами власти и ведомствами, учреждениями ЖКХ и другими организациями, а также физическими лицами. Внедрение данной системы в функционирование и работу органов администрации города Ханты-Мансийска, ХМАО и России в целом позволяет решить класс задач:

На федеральном уровне:

- государственная поддержка в сфере обеспечения доступности ОСИ и информации об ОСИ;
- разработка методологической базы формирования системы отношений в сфере обеспечения доступности ОСИ;
- создание механизмов мотивации к созданию безбарьерной среды в городском хозяйстве;
- усовершенствование механизма информационного обеспечения, снижения трудозатрат;
- разработка нормативных основ, направленных на развития и модернизации городского хозяйства в области доступности ОСИ;
- анализ и контроль исполнения действующего законодательства в области обеспечения доступности ОСИ;
- принятие решений, предусматривающих обеспечение доступности ОСИ, социальную поддержку граждан;

- разработка программ помощи инвалидам, принятия решений о развитии объектов необходимых объектов социальной инфраструктуры, их реконструкции.

На региональном уровне:

- внедрение механизма мониторинга соблюдения организациями нормативных требований в части доступа МГН к объектам социальной инфраструктуры обеспечивает приведение ОСИ в соответствии с требованиями нормативных документов;
- пересмотр плана обеспечения и утверждение порядка и модернизации муниципальных хозяйств в области доступности ОСИ;
- формирование и построение служебных и статистических отчетов;
- повышение эффективности взаимодействия ключевых лиц управления доступностью ОСИ.

На местном уровне:

- формирование сквозной общегородской системы управления доступностью ОСИ, строительства новых и реконструкции существующих объектов;
- паспортизация объектов социальной инфраструктуры (обследование объектов по нормативам на предмет доступности);
- обеспечение органов управления готовым программным продуктом, исполняющим указ правительства РФ по реализации ГП «Доступная среда»;
- повышение компетентности руководителей и сотрудников организации в области управления доступностью ОСИ.
- установление, описание характеристик ОСИ, способов обеспечения и ключевых критериев доступности;
- обеспечение открытого доступа к информации об ОСИ, реализация обратной связи от МГН;
- создание механизма государственной поддержки модернизации ОСИ;

- пересмотр объема установленных муниципальных планов по реконструкции ОСИ.

На уровне граждан и социальных общественных объединений:

- Удовлетворение информационной потребности относительно выбранного объекта социальной инфраструктуры.
- Поиск и получение наиболее полной информации об уровне доступности выбранной локации, технических характеристиках, визуальном представлении, в виде интерактивной карты.
- Добавление объектов в систему с возможностью отметки на карте, загрузки фотографий, добавлением описания, загрузкой паспорта, комментированием и др.
- Учет объектов социальной инфраструктуры, контроль полноты и корректности заносимых данных.
- Реализация обратной связи для пользователей системы.
- Реализация внутренней связи между пользователями системы по принципу социальной сети (система рейтинга пользователей, мгновенные сообщения, комментирование и др.)
- Регистрация обращений пользователей системы в режиме реального времени.
- Формирование каталога объектов социальной инфраструктуры.
- Реализация информационной система для сопровождения и поддержки маломобильных групп населения
- Модуль трехмерной визуализации данных наиболее точно описывает выбранное географическое пространство, что позволяет пользователям системы более достоверно оценить выбранный участок с точки зрения доступности.

Повышение оперативности принимаемых решений в области доступности ОСИ достигается за счет снижения времени получения и обработки информации, применения разработанных методов и алгоритмов. Также СППР представляет возможность наглядно оценить уровень

доступности ОСИ, объединив процессы идентификации ОСИ на картах учета его характеристик и показателей доступности.

Применение СППР для МГН позволило определить «серые» зоны в области доступности ОСИ городского хозяйства на примере Ханты-Мансийска, составить представление о причинах возникновения проблемных явлений и отдельных ОСИ остро нуждающихся в модернизации, выявить недобросовестные звенья в цепи управления доступностью ОСИ городского хозяйства, получить обратную связь от заинтересованных в улучшении состояния доступности ОСИ для МГН.

Новые социальные эффекты носят характер, выраженный как в фактическом изменении состоянии городской среды в области доступности ОСИ для МГН, так и в информационном обеспечении инструментом удовлетворения информационных потребностей, включая данные о ключевых характеристиках ОСИ, данные об уровне доступности ОСИ, а также инструмент связи с органами управления городским хозяйством и социальными службами [211].

4.2 Результаты внедрения СППР управления доступностью ОСИ для МГН в структуру муниципального управления города Ханты-Мансийска

В практике внедрения к СППР управления доступностью ОСИ для МГН в структуру муниципального управления городской средой Ханты-Мансийска, был выработан метод поддержки принятия решений, посредством которого осуществляется управление состоянием городской среды в области обеспечения доступности ОСИ для МГН и возврат фактических отклонений от требований МГН и законодательных стандартов. Метод предполагает преодоление проблемы поддержки принятия решений при управлении состоянием доступности ОСИ для МГН с использованием обоснованных управленческих решений в муниципальном управлении городским хозяйством с сгенерированных с помощью геоинформационных технологий, фолксономического подхода и онтологических

моделей на основе теории АФП. Проблема обеспечения доступности ОСИ решается разработанной СППР по двум направлениям использования: как СППР для органов управления городской средой; как средство информационного и географического ориентирования для МГН, имеющего обратную связь между обоими вариантами использования.

Исходными данными о городской среде в области доступности ОСИ для МГН явились фолксномические социально-ориентированные данные, законодательные, нормативные акты и другие данные, имеющие различную структуру и источники. Реализованные в СППР онтологические модели позволили обеспечить связность и возможность применения разнородных данных в комбинации друг с другом. Применение управленческого подхода производится в рамках актуального нормативно-правового поля, руководствуясь которым, функционируют организации в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН. Такими документами являются (174-177):

1. Федеральный закон № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».
2. Правительство РФ. ГП РФ «Доступная среда на 2011-2015 годы» (распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2012 г. № 2181-р).
3. Правительство РФ. СП 31-102-99 «Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей».
4. Правительство РФ. СП 35-101-2001 «Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения».
5. Правительство РФ. СП 35-105-2002 «Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения».

Таким образом, результаты внедрения разработанной СППР позволили обеспечить выполнение федеральных государственных программ на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, а также на примере г. Ханты-Мансийска продемонстрировать повышение

уровня управленческих решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН. СППР функционирует в облачном режиме, имеет опубликованный адрес в сети интернет, обеспечивает бесперебойный круглосуточный доступ к данным о городской среде и позволяет сформировать каталог ОСИ в виде списка категорий, осуществлять фильтрацию и экспорт данных по выбранным ОСИ (Рисунок 50).

№п/п	Наименование ОСИ	Адрес	Категория доступности	Наличие паспорта
1	УВД	Ханты-Мансийск, ул. Ленина 53,	Доступ невозможен	нет
2	Ресторан Ночной город	Ханты-Мансийск, ул. Карла Маркса 18,	Доступ невозможен	нет
3	Миграционная служба	Ханты-Мансийск, ул. Комсомольская 39а,	Доступ невозможен	нет
4	Дом Правосудия	Ханты-Мансийск, ул. Ленина 63,	Доступ невозможен	нет
5	МБДОУ «Детский сад №4 «Снежинка»	Ханты-Мансийск, ул. Мичурина 36,	Доступ невозможен	да
6	МБДОУ «Детский сад №1 «Колокольчик»	Ханты-Мансийск, ул. розина 70,	Доступ невозможен	да
7	МБДОУ Детский сад №18 «Слыбка»	Ханты-Мансийск, ул. Мичурина 2,	Доступ невозможен	да
8	Библиотека-филиал №3	Ханты-Мансийск, ул. розина 16,	Доступ невозможен	нет
9	Окружная клиническая больница	Ханты-Мансийск, ул. Калинина 40,	Свободный доступ	нет
10	Супермаркет "Эльдорадо"	Ханты-Мансийск, ул. Комсомольская 29,	Свободный доступ	нет
11	Концертно-театральный комплекс "Югра-Классик"	Ханты-Мансийск, ул. Мира 22,	Свободный доступ	нет
12	Государственный музей природы и человека	Ханты-Мансийск, ул. Мира 11/9,	Свободный доступ	нет
13	ЗАОС "ЮЦ "Октябрь"	Ханты-Мансийск, ул. Дзержинского 7,	Свободный доступ	да
14	Дом дружбы народов	Ханты-Мансийск, ул. Мира 14а,	Свободный доступ	нет
15	Торговый дом	Ханты-Мансийск, ул. Карла Маркса 16/36,	Свободный доступ	нет
16	Административное здание	Ханты-Мансийск, ул. Мира 18,	Свободный доступ	нет
17	ТД "Гермес"	Ханты-Мансийск, ул. Карла Маркса 17,	Свободный доступ	нет
18	Общекварт	Ханты-Мансийск, ул. Студенческая 156,	Свободный доступ	нет
19	Общекварт	Ханты-Мансийск, ул. Студенческая 176,	Свободный доступ	нет
20	Технопарк	Ханты-Мансийск, ул. Студенческая 27,	Свободный доступ	нет
21	Росреестр	Ханты-Мансийск, ул. Студенческая 29,	Свободный доступ	нет
22	Управление опеки и попечительства Администрации города Ханты-Мансийска	Ханты-Мансийск, ул. Пионерская 46,	Свободный доступ	да
23	МБДОУ ДОД "Центр развития творчества детей и юношества"	Ханты-Мансийск, ул. Красноаризанская 2,	Свободный доступ	да
24	МП «Бодоганаль»	Ханты-Мансийск, ул. сирена 59,	Свободный доступ	нет
25	детский сад № 7 «Елочка»	Ханты-Мансийск, ул. иррова 15,	Свободный доступ	нет
26	Филиал ОГБ по ул. Осенняя д.1	Ханты-Мансийск, ул. осенняя 1,	Свободный доступ	нет
27	СОШ №1	Ханты-Мансийск, ул. комсомольская 40,	Затрудненный доступ	нет
28	Начальная школа №11	Ханты-Мансийск, ул. комсомольская 38,	Затрудненный доступ	да
29	СДЮСШОР	Ханты-Мансийск, ул. Калинина 1,	Затрудненный доступ	да
30	Общекварт	Ханты-Мансийск, ул. Студенческая 13,	Затрудненный доступ	нет
31	Общекварт	Ханты-Мансийск, ул. Стеленская 17,	Затрудненный доступ	нет

Рисунок 50. Фрагмент окна каталога ОСИ г. Ханты-Мансийска, отфильтрованного по категориям доступности

Каждый из ОСИ, внесенный в каталог СППР предполагает возможность детального анализа характеристик и признаков доступности, что представлено в виде каталога элементов доступности объектов социальной инфраструктуры и позволяет осуществить контроль в области управления доступностью элементами ОСИ для МГН (Рисунок 51).

Элементы доступности объектов социальной инфраструктуры

Категория доступности:

Свободный доступ Затрудненный доступ Доступ невозможен

№п/п	Наименование ОСИ	Адрес	Группа пользователей	Структурно-функциональная зона	Функционально-планировочный элемент
1	ЗАГС, КДЦ "Октябрь"	Ханты-Мансийск, ул. Дзержинского 7,			Авгостовка и парковка
					Лестница (наружная)

Рисунок 51. Фрагмент окна каталога элементов доступности ОСИ

Функционал СППР обладает возможностью формирования аналитической информации с помощью инструментов структуризации данных, учитывающих отклонения от требований МГН представленных в виде социально-ориентированных фолксономических данных, а также от федеральных и муниципальных стандартов, законов, распоряжений и прочих нормативных документов. Аналитическая информация возможна к представлению в различных формах, например в виде каталога объектов ОСИ и характеристик доступности, наделенными цветовой градацией и текстовыми рекомендациями по модернизации существующих, а также строительстве новых ОСИ (Рисунок 52).

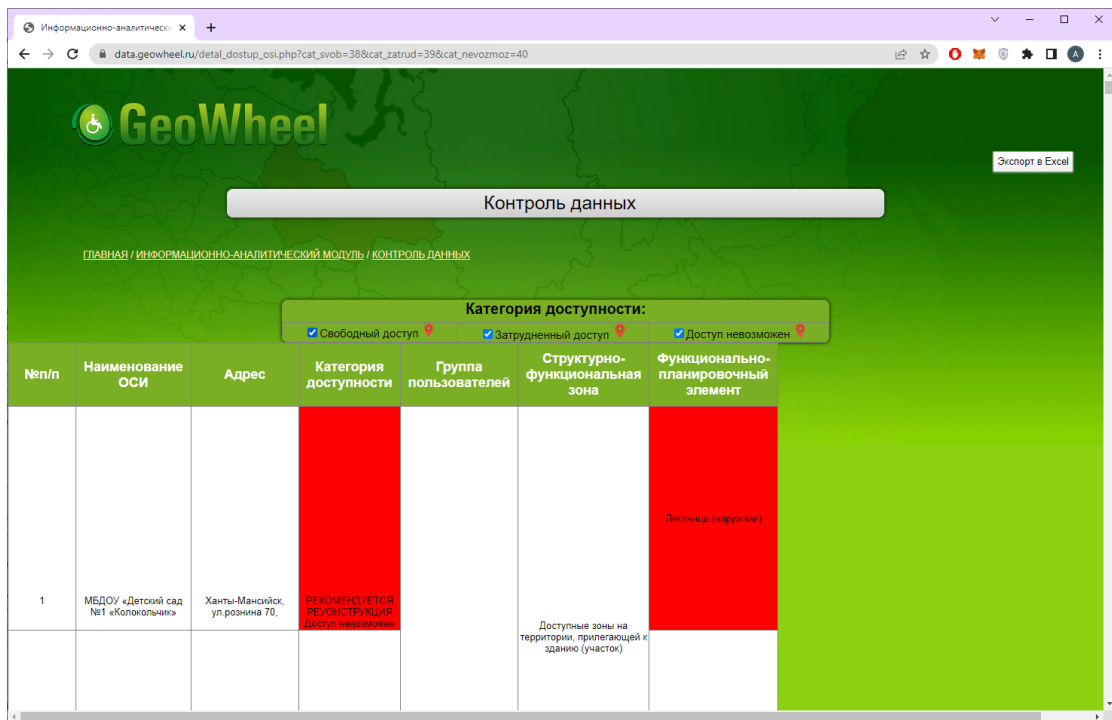


Рисунок 52. Фрагмент окна каталога объектов ОСИ и характеристик доступности с аналитическими рекомендациями

Исходные социально-ориентированные и фолксномические данные об ОСИ имеют разные форматы представления и помимо применения их для анализа с помощью созданных онтологических моделей могут быть отражены в виде исходного комментария или отметки с помощью интерфейса модуля социальной сети СППР (Рисунок 53).

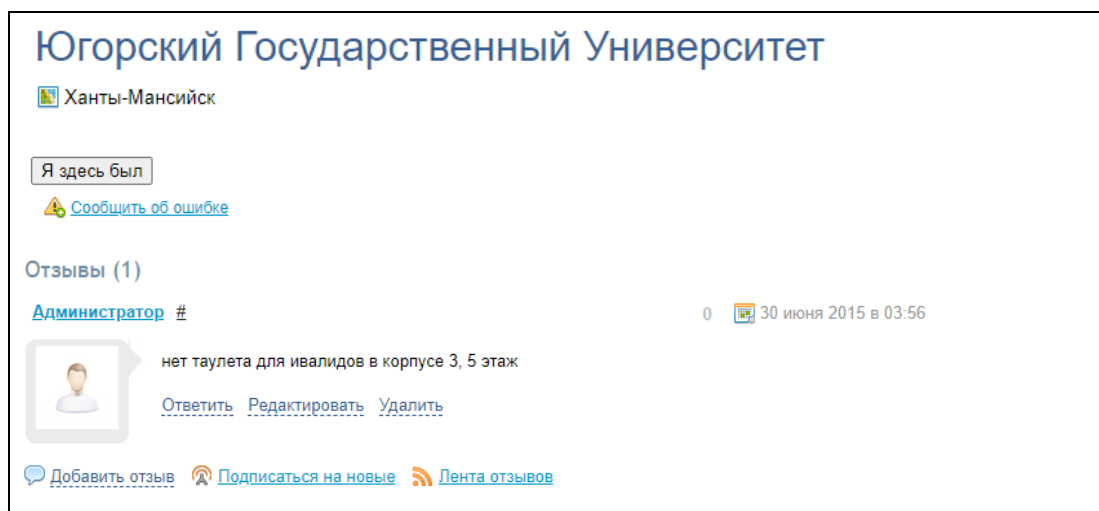


Рисунок 53. Фрагменты интерфейса социальной сети применительно к определённому ОСИ

Фолксномические данные, генерируемые пользователями системы, имеют привязку к определенному ОСИ, а также связаны с конкретным пользователем системы, информация о котором, включая IP-адрес может быть отражена с помощью инструментов системы в виде каталога пользователей. (Рисунок 54).

Все комментарии

#	id	Дата	Текст	IP	Показ	Автор	Цель	Действия
<input type="checkbox"/>	2	2020-11-21 00:18:09	Здание на центральной площади города не имеет входа с площади	5.140.234.84	✓	Евгений	Дом дружбы народов	
<input type="checkbox"/>	4	2018-11-21 12:24:27	Я там небыл	91.193.218.34	✓	Макс	Военкомат	
<input type="checkbox"/>	3	2018-11-21 12:23:18	Нет пандуса!!!	91.193.218.34	✓	Марина Львовская	УВД	
<input type="checkbox"/>	6	2017-11-21 12:27:32	нет туалета для инвалидов в корпусе 3, 5 этаж	91.193.218.34	✓	Викторий Евгеньевич	Югорский Государственный Университет - Главный корпус	
<input type="checkbox"/>	11	2016-01-06 15:54:01	Очень спорно поставлен знак доступности. Если и можно попасть, то только с остановкой "Гагарина", т.е. с горы, а вот из центра на колесе инвалид или мамочка с коляской пешком не попадут.	94.50.193.191	✗	Валентина	Храм Воскресения Христова	
<input type="checkbox"/>	8	2015-11-21 12:30:02	доступ для лиц с инвалидностью в полной мере невозможен, т.е. на второй этаж не попасть	91.193.218.34	✓	Венный мус	Торговый дом	
<input type="checkbox"/>	10	2015-06-29 21:56:30	нет туалета для инвалидов в корпусе 3, 5 этаж	5.140.26.51	✓	Администратор (admin)	Югорский Государственный Университет	
<input type="checkbox"/>	9	2013-11-21 12:30:56	Очень сложно жить на колесе в России!	91.193.218.34	✓	Лев Михайлов	Различные организации	
<input type="checkbox"/>	5	2013-11-21 12:24:55	не оборудована входная группа, а именно не оборудован пандус (скользящая поверхность, нет поручней)	91.193.218.34	✓	Алена	Концертно-театральный комплекс "Югра-Бисерск"	

Рисунок 54. Фрагмент каталога пользователей СППР

СППР позволяет визуализировать результат соответствующих запросов с помощью геоинформационных технологий. Каждый ОСИ отражен на карте и выделен цветом, соответствующим определенной категории доступности точки зрения МГН. Такая визуализация повышает информированность субъектов процесса контроля за городской средой в области доступности ОСИ для МГН, а также лиц, принимающих решение. (Рисунок 55).

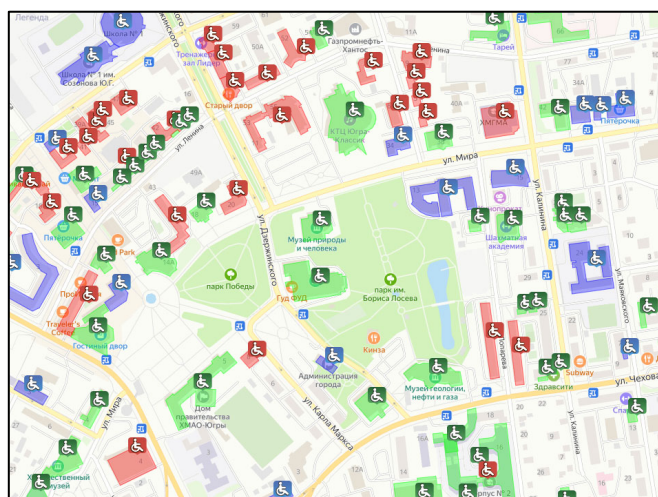


Рисунок 55. Фрагмент окна модуля ГИС представляющего ОСИ на карте

Такой способ визуализации позволяет наглядно показать, какие ОСИ имеют достаточный уровень доступности, а какие требуют управляющего воздействия на городскую среду. Также СППР позволяет визуализировать отдельные элементы определённого ОСИ с точки зрения доступности МГН (Рисунок 56).

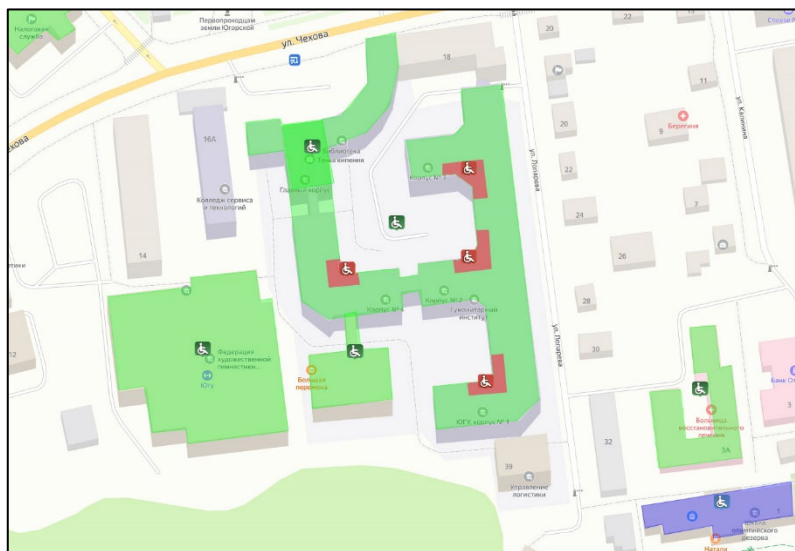


Рисунок 56. Фрагмент окна модуля ГИС, представляющего элементы ОСИ на карте

СППР обеспечивает возможность сформировать полную информационную карту ОСИ с точки зрения доступности МГН, включая паспорт доступности, оформленный по стандарту государственного федерального закона № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» (с изменениями, внесенными Федеральным законом № 419-ФЗ), обязательный к оформлению государственными организациями различных отраслей и негосударственными в области паспортизации своих объектов и предоставляемых услуг (Рисунок 57).

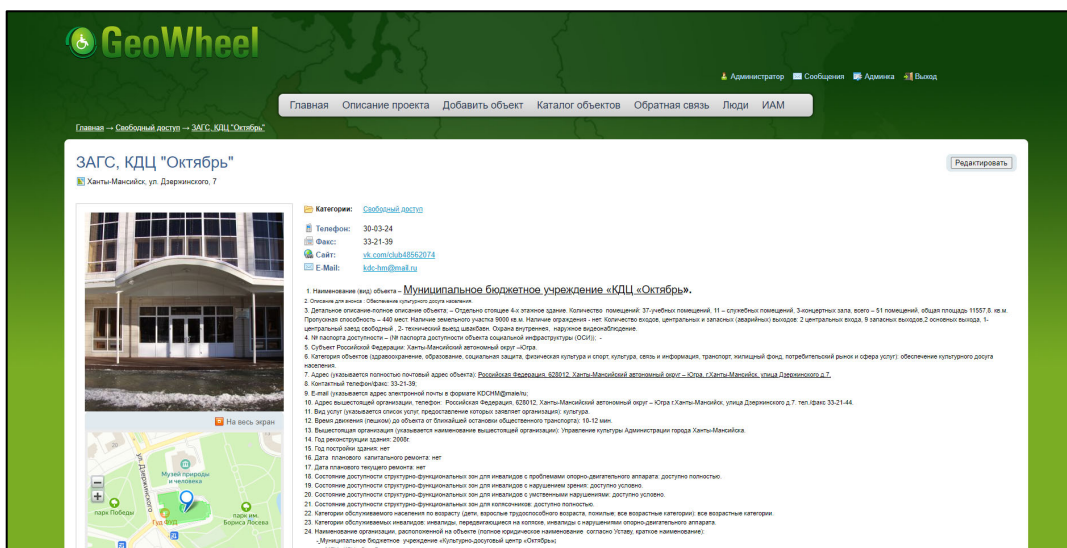


Рисунок 57. Фрагмент окна информационную карты ОСИ

СППР предоставляет возможность детального исследования характеристик и признаков доступности выбранного объекта ОСИ с точки зрения различных категорий МГН (Рисунок 58), таких как:

- Доступность для людей, передвигающихся на креслах-колясках.
- Доступность для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата.
- Доступность для людей с нарушениями зрения.
- Доступность для людей с нарушениями слуха.
- Доступность для людей с нарушениями умственного развития.

Такие категории доступности определены нормативными документами, регламентирующими необходимые требования к содержанию городской среды при обеспечении доступности элементов ОСИ для МГН.

Доступность для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата	
Доступные зоны на территории, прилегающей к зданию (участок):	<ul style="list-style-type: none"> Вход (входы) на территорию Путь (пути) движения на территории Пандус (наружный) Автостоянка и парковка
Вход (входы) в здание:	<ul style="list-style-type: none"> Пандус (наружный) Входная площадка (перед дверью) Дверь (входная) Тамбур
Путь (пути) движения внутри здания (в т.ч. пути эвакуации):	<ul style="list-style-type: none"> Коридор (вестибюль, зона ожидания, галерея, балкон) Лестница (внутри здания) Пандус (внутри здания) Лифт пассажирский (или подъемник) Дверь Пути эвакуации (в т.ч. зоны безопасности)
Зона целевого назначения здания (целевого посещения объекта):	
Вариант №1. Зона обслуживания граждан (в том числе инвалидов и других МГН):	
1.B - Зальная форма обслуживания	
1.D - Форма обслуживания с перемещением по маршруту	

Рисунок 58. Фрагмент интерфейса элементов доступности ОСИ применительно к категориям МГН

Эффект от внедрения разработанной СППР обусловлен двумя составляющими: повышение эффективности управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН, снижение времени выполнения операций по поиску информации о характеристиках доступности и возможных вариантах доступа к ОСИ.

В результате внедрения СППР на муниципальном уровне в г. Ханты-Мансийске значительно выросла доля ОСИ, характеристики которых соответствуют требованиям МГН и законодательным стандартам (Рисунок 59).

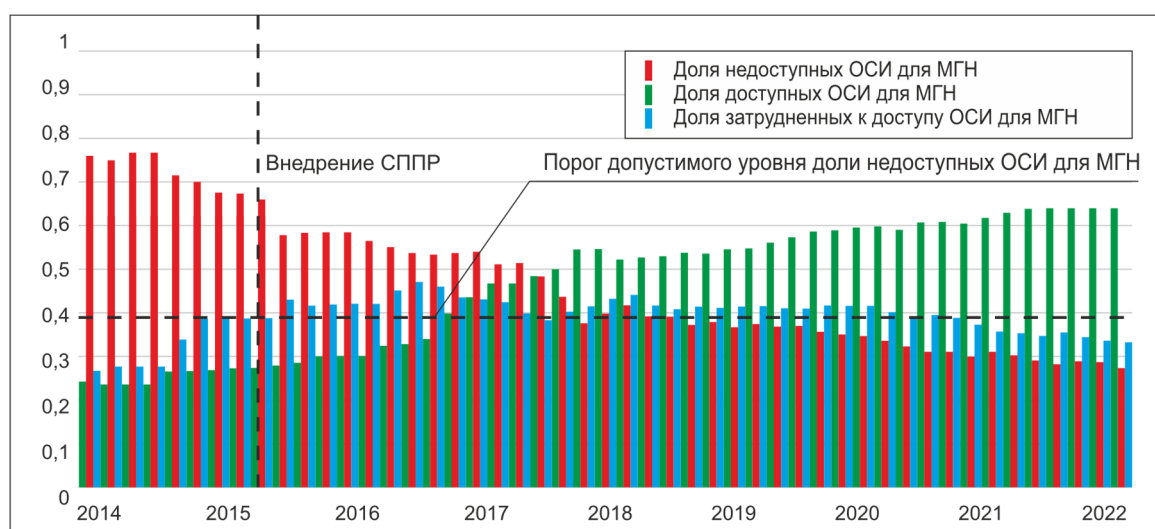


Рисунок 59. Динамика изменения доступных, недоступных и затрудненных к доступу ОСИ для МГН в г. Ханты-Мансийске

Как показано на графике (Рисунок 21), доля недоступных объектов ОСИ для МГН в период с 2015 по 2022 года сократилась в 2,8 раза, а в численном эквиваленте с 215 недоступных ОСИ уменьшилась до 75. Доля доступных объектов ОСИ для МГН за тот же период увеличилась в 2,6 раза, что в численном эквиваленте составило увеличение количества доступных ОСИ с 68 до 177. Количество затрудненных к доступу ОСИ для МГН претерпело незначительные изменения в сторону уменьшения и изменилось в количественном эквиваленте с 89 до 78, и 0,9 раза в относительной величине. Порог установленный требованиями МГН и законодательными стандартами по количеству недоступных ОСИ в городской среде, с момента внедрения СППР в начале 2015 был достигнут к концу 2017, что позволяет сделать вывод о том, что внедрение разработанной системы за 1,5 года позволило обеспечить выполнение ключевых показателей в области доступности ОСИ, пересмотр и модернизацию структуры управления городской средой, а также повышение эффективности управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН при численности населения в 100 тыс. чел.

Эффект от снижения времени выполнения операций по поиску информации о характеристиках доступности и возможных вариантах доступа к ОСИ выражен в более результативном осуществлении процесса. В ходе исследования замерено среднее время по осуществлению поиска информации о характеристиках доступности для одного ОСИ одним пользователем СППР в облачном режиме через web-среду. Результаты приведены в виде графика (Рисунок 60), где по оси ординат отмечено время (в минутах), по оси абсцисс – номер эксперимента.

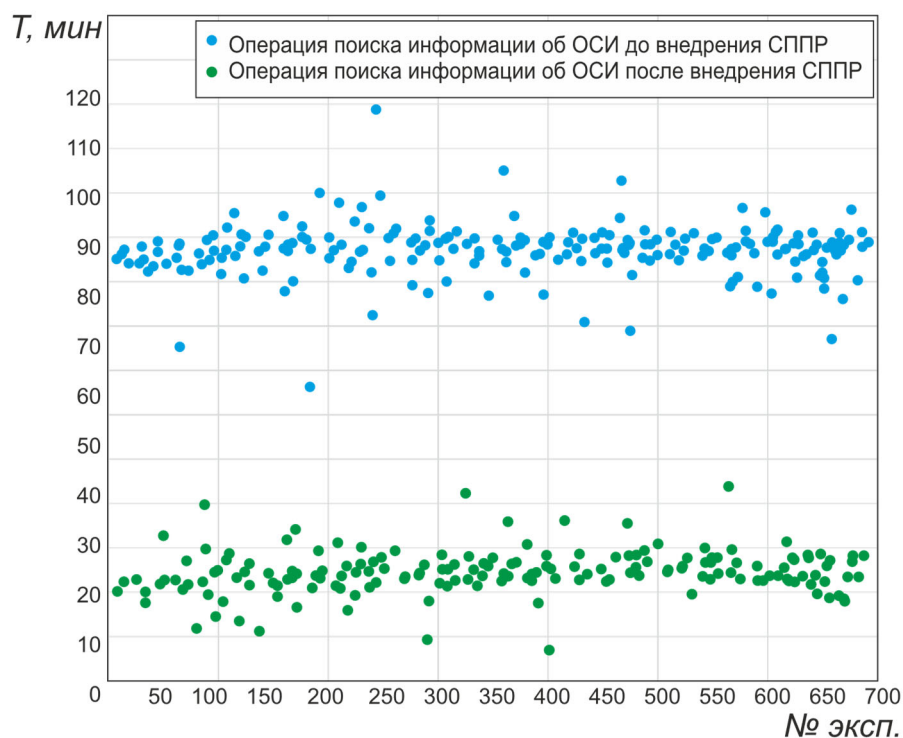


Рисунок 60. Среднее время поиска информации о характеристиках доступности ОСИ до и после внедрения системы

Среднее арифметическое время операции по поиску информации о характеристиках доступности ОСИ до внедрения разработанной СППР составило 87 минут, после внедрения – 22 минуты. Таким образом, повышение эффективности, выраженное в сокращении времени выполнения задачи по поиску информации о характеристиках доступности ОСИ, в относительной величине, изменилось в 4 раза. В таблице 12 приведены показатели, отражающие более детально динамику процесса внедрения и применения средств и возможностей разработанной СППР.

Таблица 12. Динамика показателей внедрения и использования СППР

Показатель	Единица измерения	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1. Общие показатели										
Достижение уровня требований к доступности ОСИ для МГН	Средний % недоступных ОСИ	78%	71%	63%	50%	47%	44%	42%	41%	39%
Использование СППР органами муниципального управления	% организаций	0%	50%	65%	80%	90%	95%	95%	95%	95%

Использование СППР в качестве системы пространственного ориентирования для МГН	Кол-во МГН, использующих систему, чел.	0	41	78	134	245	358	383	397	411
Количество жителей в городе	Кол-во, чел.	93493	95353	96936	98692	98485	99385	101466	103177	106713
Количество ОСИ в городе	Кол-во, шт.	248	260	274	283	300	305	318	323	335
2. Мониторинг показателей доступности ОСИ для МГН в городской среде										
Доступные ОСИ	Кол-во, шт.	63	68	79	111	125	159	160	167	177
Недоступные ОСИ	Кол-во, шт.	224	215	187	152	138	121	105	89	75
Затрудненные к доступу ОСИ	Кол-во, шт.	68	89	112	105	98	90	85	81	78
Реконструированные ОСИ	Кол-во, шт.	0	10	12	9	18	14	7	2	0
Новые ОСИ	Кол-во, шт.	5	12	14	9	17	5	13	5	7
3. Оценка показателей управления городской средой посредством СППР										
Управляющих решений, сгенерированных СППР	Кол-во, ед.	0	521	683	1275	851	887	953	728	679
Поддержанных управляющих воздействий, сгенерированных СППР	Кол-во, ед.	0	119	125	537	317	288	303	241	192
Информационная поддержка по направлению доступности ОСИ для МГН	Кол-во обращений, ед.	0	1214	2548	3147	4527	4081	3872	4276	3211

Внедрение СППР в управлении доступностью ОСИ для МГН позволило обеспечить в облачном режиме сбор, хранение, обработку, анализ, структуризацию социально-ориентированных фолксномических данных об ОСИ, а также выполнение требований к уровню доступности городской среды с целью генерирования управляющих решений по обеспечению доступности ОСИ для МГН. Система наполнена исчерпывающим объемом информации о характеристиках доступности ОСИ г. Ханты-Мансийска, учитывает сети дорожных и транспортных коммуникаций и позволяет управлять городской средой посредством контроля мер по исполнению требований в области доступности ОСИ. СППР обеспечивает оптимизацию взаимодействия органов муниципального управления, служит средством удовлетворения

потребностей МГН в области доступности ОСИ и информации о них, что позволило повысить эффективность управления городской средой в области доступности ОСИ, а также позволило упразднить ряд административных задач, включающих паспортизацию ОСИ, детальный анализа характеристик доступности, обеспечение обратной связи от МГН, поддержки принятия решений в области модернизации городской среды, выявление «серых» зон, требующих особого внимания и применения управленческих решений. Для МГН система служит средством пространственного ориентирования в городской среде, позволяет формировать маршруты передвижения, обеспечивая визуализацию уровня доступности ОСИ в виде цифрового города с помощью геоинформационных технологий. СППР отражает актуальную на текущий момент информацию о городской среде, обеспечивает информационную поддержку и содержит подсказки о передвижении для пользователя-инвалида или маломобильного гражданина. Сводный положительный эффект от внедрения приведен в таблице 13.

Таблица 13. Сводный положительный эффект от внедрения СППР

ОСИ	МГН	Органы муниципального управления
Открытость информации о доступности ОСИ для МГН		
Доступность информации о характеристиках ОСИ	Информационная поддержка в области пространственного ориентирования в городской среде с точки зрения доступности ОСИ для МГН → эффективное расходование времени на поиск информации об ОСИ	Повышение эффективности управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН, взаимодействия органов муниципального управления, контроля исполнения, паспортизации ОСИ, обратной связи от МГН → организационная эффективность управления доступностью ОСИ
Исполнение требований законодательства, МГН		
Реконструкция и строительство ОСИ с учетом требований МГН и законодательных стандартов для обеспечения физической доступности	Реализация требований в части обеспечения физической доступности ОСИ различным категориям МГН. Информирование МГН об изменении уровня доступности ОСИ. → возможность посещения, использования	Реализация требований законодательства в области доступности ОСИ для МГН не требует специальных затрат. Возможность использовать систему в рамках исполнения требований государственных программ по управлению информационной и физической доступностью ОСИ. → экономическая эффективность

	услуг новых и ранее недоступных ОСИ	→ факт реализации законодательства в области реализации информационных средств обеспечения доступности ОСИ и информации о них
Применение созданных алгоритмов, моделей, технологий и пр.		
Облачный режим доступа характеристикам доступности ОСИ в интерактивной ГИС и каталогов данных	Снижение времени выполнения операций по поиску информации об ОСИ. Обеспечение связи с органами власти. Средство пространственного ориентирования в городской среде. Социальная сеть для МГН. → эффективность взаимодействия МГН с городской и социальной средами в цифровом виде	Готовое решение для исполнения ГП «Доступная среда» [174] в части необходимости разработки информационных систем для МГН. Оптимизация процессов структуризации данных для принятия решений по управления городской средой. → организационная эффективность в области поддержки принятия решений → экономическая эффективность вследствие экономии на программно-аппаратном обеспечении

С помощью разработанных алгоритмов, моделей и технологий создана и внедрена СППР управления городской средой в области обеспечения доступности ОСИ для МГН, что позволило повысить эффективность управления организационной структурой муниципальных органов власти в части обеспечения доступности ОСИ и информации о них, с учетом требований МГН, законодательных стандартов и формулирования корректных управляющих решений.

4.3 Адекватность используемых методов и технологий при разработке СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Требование адекватности является обязательным для любых случаев построения моделей и моделирующих систем, входящих в состав СППР. Для таких сложных систем, как СППР управления городским хозяйством в области доступности ОСИ для МГН, включающая в себя ряд различных математических и компьютерных моделей, исследование адекватности определённой модели позволяет говорить лишь о какой-либо стороне или аспекте разработки. Оценку степени адекватности следует проводить с учетом того, в какой степени у конкретной модели СППР могут быть достигнуты цели, поставленные при исследовании каждого конкретного

вопроса, для решения которого необходимо прибегать к моделированию. В ходе реализации СППР учитывались требования к основным элементам и подсистемам СППР, такие как простота и оптимальность построения каждой конкретной модели и комплексов моделей, входящих в СППР.

Задача повышения адекватности моделей в исследовании решается с помощью многокритериальности моделей и применения комбинированного подхода в моделировании онтологии, выраженного в наличии блока формализации государственных стандартов в области доступности ОСИ для МГН, более адекватно отображающих задачи в рамках функций СППР, т.е. объективные параметры, а также, более адекватное представление предпочтений ЛПР или иного пользователя системы, т.е. субъективные параметры. Достоинствами применения такой комбинированной модели представления знаний являются то, что она более адекватно соответствует специфическим свойствам отображаемых задач и возможностям ЛПР или иного пользователя, а также обеспечивает более эффективную обработку знаний. Онтология, реализованная посредством семантической сети отражает распределенный характер решаемых задач, состояния параметров модели, а система продукционных правил отражает логику действия ЛПР или иного пользователя по выбору метода управления городской средой или взаимодействия с информацией о ней.

Одним из аспектов повышения адекватности моделей в исследовании является проверка базы знаний (БЗ) в сформированной онтологии СППР на полноту и адекватность. Всё множество фактов делится на следующие группы:

- факты, описывающие начальную (или проблемную) ситуацию;
- факты, описывающие целевую ситуацию;
- факты, не включённые в начальную или целевую ситуации, не рассматриваются.

Анализ совокупности концептуальных структур единичных решений на адекватность начинается с установления значений фактов проблемной и целевой ситуации. Если путём логических выводов будет достигнута

целевая ситуация, то на основании отчёта, сгенерированного СППР, устанавливается факт об адекватности и полноте вырабатываемых рекомендаций для соответствующей БЗ. Полнота БЗ проверяется по классам ситуаций. При этом если логический вывод прерывается по причине невозможности применения правил к начальной ситуации, то БЗ не полна либо неверно настроена стратегия управления правилами. Проверка на адекватность обусловлена логическими выводами по результатах моделируемого процесса. При обнаружении неполноты или неадекватности следует доработать БЗ, или попытаться применить другие стратегии управления правилами. БЗ продукционных правил, содержит основные элементы модели и описывают предусловия, которым должны удовлетворять состояния участвующих в действии объектов, и правила изменения состояний объектов в конце соответствующего действия. Проверка работоспособности модели на контрольных примерах осуществляется за счет использования разнообразных статистических критериев согласия.

Как уточнялось ранее, модель считается адекватной, если отражает заданные свойства объекта с приемлемой точностью. Так как структура моделей СППР является иерархической и многокритериальной, то для качественного исследования факта соответствия свойств моделируемого объекта, была применена двухуровневая оценки адекватности: на уровне комплекса моделей, входящих в состав СППР, и на уровне СППР в целом. Применение двухуровневой оценки адекватности позволяет определить степень важности каждой модели, определить приоритеты функциональных, пространственных, временных и точностных характеристик и, с учетом этого, произвести оценку адекватности моделей, определить влияние параметров на результаты экспериментов.

Оценка адекватности комплекса моделей, вошедших в состав СППР проводится статистическими методами, путем определения доверительной вероятности сходимости результатов натуральных и вычислительных экспериментов. Необходимая степень адекватности достигается

последовательной доработкой модели на основе результатов непрерывного процесса калибровки модели в течение всего ее жизненного цикла с использованием принципов и методов инструментального контроля. Качество модели, как программы, оценивается семантическими методами.

В исследовании описывается применение метода имитационного моделирования для оценки эффективности, которое заключается в том, что основной объем испытаний проводится с привлечением средств моделирования, а результаты натуральных экспериментов используются для подтверждения или уточнения характеристик СППР. Выяснено, что результаты имитационного моделирования СППР согласуются с нормативными данными по критерию согласия Пирсона на уровне значимости не менее $C_{immod} = 0,09$. Из чего сделан вывод, что имитационная модель СППР адекватно отражает реальный процесс взаимодействия пользователя с системой.

Для оценки степени адекватности структурного-функциональных и информационно-аналитических характеристик применяемых в разработке моделей, СППР была представлена как система, функционирующая во времени и непрерывно выдающая запрашиваемую информацию. Поэтому, рассмотрение адекватности определяется тремя показателями [118]:

- структурное соответствие;
- информационное соответствие;
- функциональное соответствие.

Показатель структурного соответствия определяется степенью связанности моделей C_{str} , вошедших в состав СППР:

$$C_{str} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N (k_{1i} + k_{2i}) - 2 \times N}{2 \times N^2} \right) \exp \left[\frac{-(k_{in} + k_{out} - 2 \times N)}{3} \right],$$

где k_{1i} – количество моделей, от которых можно получить воздействие на i -ю модель;

k_{2i} – количество моделей, на которые передается воздействие после завершения работы i -й модели;

k_{in} , k_{out} – суммарное количество точек входа и выхода по воздействию всех моделей;

N – общее количество моделей в СППР.

Для получения показателя, характеризующего информационное соответствие, определяется информационное поле.

Пусть k_{1i} – количество информации, принимаемой моделью,

k_{2i} – количество информации, передаваемой моделью.

Тогда оценка C_{inf} – показатель информационного соответствия:

$$C_{inf} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (k_{1i} + k_{2i}) - 2 \times N}{2 \times N^2},$$

Уровень функционального соответствия оценивается показателем:

$$C_{Func} = \frac{N_p}{N}.$$

где N_p – количество моделей участвующих в реализации целей и задач;

N – общее число моделей.

При анализе показателей указанных критериев, применительно к разработанной СППР, были получены следующие значения: $C_{Str} = 0,92$; $C_{inf} = 0,98$; $C_{Func} = 0,97$. Близость данных показателей к единице свидетельствует о пригодности варианта комплексной модели СППР для выполнения поставленных целей и задач по выработке решений для обеспечения доступности ОСИ для МГН в городской среде.

На основе анализа адекватности моделей и точности предлагаемых СППР управленческих решений, а также путем экспертной оценки качества генерируемых решений, сделан вывод, о том что СППР имеет адекватные модели и синтезирует решения, соответствующие системе предпочтений ЛПР или иного пользователя, что делает её эффективным инструментом поддержки принятия решений по управлению доступности ОСИ для МГН, и качественным средством географического ориентирования МГН. Кроме

того, СППР обеспечивает внедрение принципов корректного исполнения требований в области обеспечения доступности ОСИ для МГН в рамках деятельности муниципальных органов власти. Адекватность построенных моделей подтверждена также проверкой статистической гипотезы о равенстве коэффициентов регрессионных моделей, построенных по основной и контрольной выборкам.

4.4 Анализ эффективности разработанной системы в условиях города Ханты-Мансийска, оценка влияния на качество управления доступностью ОСИ для МГН

Существуют подходы оценки эффективности внедрения информационных систем и информационных технологий, которые используют сочетание количественных, качественных, вероятностных методов оценки эффективности. Большинство из подходов имеют сложную механику расчета и включают большое число косвенных показателей, не имеющих количественные выражений наглядно демонстрирующих эффективность использования внедряемых информационных систем и технологий. Применительно к созданной системе предложены подходы оценки эффективности управления на основе полученных результатов, разработаны критерии оценки эффективности, проведено исследование эффективности СППР для МГН [87, 226].

Доступными для МГН объектами социальной инфраструктуры являются здания и сооружения, в которых реализован комплекс архитектурно-планировочных, инженерно-технических, эргономических, конструкционных и организационных мероприятий, отвечающих нормативным требованиям по обеспечению доступности и безопасности инвалидов.

В социальной статистике принятая методика оценки уровня жизни населения, предлагает способ оценки уровня доступности объектов социальной инфраструктуры для МГН путем сопоставления фактических показателей с нормативными, т. е. по степени удовлетворения потребностей

людей с ограниченными возможностями, инвалидов в жизненных благах и разнообразных услугах. При оценке эффективности следует учитывать анализ всего жизненного цикла, учет интересов всех субъектов управления доступностью ОСИ, учет фактора времени и результатов реализации проекта. Предлагается, что система многочисленных показателей сводится к одному общему показателю уровня доступности объектов социальной инфраструктуры, обеспечивающим методологическое единство всех показателей и характеристик каждого ОСИ городской среды и однозначную оценку уровня и процесса обеспечения доступности ОСИ для МГН [87, 181].

В качестве базовых критериев оценки эффективности управления городским хозяйством в области поддержки принятия решений обеспечения доступности ОСИ для МГН предложено использовать фактические показатели уровня доступности ОСИ, отраженные в последней редакции государственной программы Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Доступная среда в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре на 2016-2020 годы» [174]. Целью программы является обеспечение доступности приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп граждан. За основу показателя доступности были взяты критерии, отраженные в приложении таблице достигнутых целевых показателей (Таблица 14).

Таблица 14. Динамика изменений в области доступности ОСИ для МГН
(согласно приложению к ГП «Доступная среда в ХМАО-Югре»)

п/п	Наименование показателей результатов*	Базовый показатель на начало реализации Программы	Значения показателя по годам								Целевое значение показателя на момент окончания действия Программы
			2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Показатели непосредственных результатов											
1	Доля доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем	34,8	41,2	50	57,8	63,5	68,4	72	75,3	75,3	

	количестве приоритетных объектов, %									
2	Доля парка подвижного состава автомобильного и городского транспорта общего пользования, оборудованного для перевозки маломобильных групп населения, в парке этого подвижного состава, %	32,8	34	35	36	37	37,5	38	38,5	38,5
3	Доля учреждений профессионального образования, в которых сформирована универсальная безбарьерная среда, позволяющая обеспечить совместное обучение инвалидов и лиц, не имеющих нарушений развития, в общем количестве учреждений профессионального образования, %	9	9	17	22	26	26	30	30	30
4	Доля специалистов, прошедших обучение и повышение квалификации по вопросам реабилитации и социальной интеграции инвалидов, среди всех специалистов, занятых в этой сфере, %	15,8	16,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Показатели конечных результатов										
1	Доля инвалидов, положительно оценивающих уровень доступности приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности, в общей численности инвалидов, %	41,2	50,8	57,6	60	60	60	60	60	60
2	Доля инвалидов, получивших положительные результаты реабилитации (взрослые (дети))%	6,3/(5,4)	6,3/(5,4)	6,5/(5,2)	6,6/(5,6)	6,8/(5,7)	6,9/(5,9)	7,0/(6,0)	7,2/(6,1)	7,2/(6,1)
3	Доля инвалидов, положительно оценивающих отношение населения к проблемам инвалидов, в общей численности опрошенных инвалидов, %	30	40	50	50	50	50	50	50	50

Годовые значения ключевых показателей доступности ОСИ можно представить в виде ряда последовательных этапов ($\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_N$), при этом на каждом этапе используется разработанная система поддержки принятия решений в области обеспечения доступности ОСИ для МГН для обеспечения задач ($O\mathcal{Z}_1, \dots, O\mathcal{Z}_N$) необходимых, для управления городским хозяйством, получения информации, решения задач доступности ОСИ для МГН (Рисунок 61).

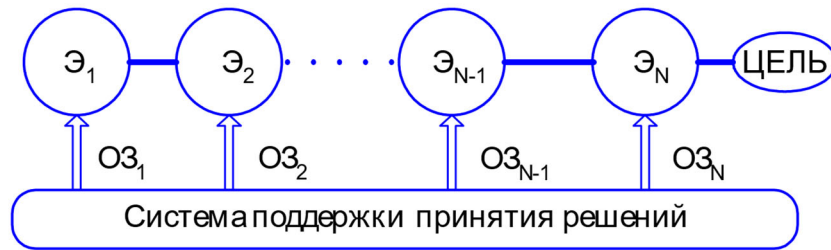


Рисунок 61. Этапы (годы) эксплуатации СППР управления доступностью ОСИ для МГН

От того, насколько эффективна система поддержки принятия решений управления доступностью ОСИ, зависит уровень обеспеченности городского хозяйства в области доступности ОСИ для МГН, выраженный в конечном результате и уровень качества жизни МГН, выраженный в непосредственном результате.

Введен показатель Q_i , отражающий качество выполнения i -го этапа (года) использования СППР управления доступностью ОСИ для МГН в системе управления городским хозяйством. Предлагается использовать линейную аппроксимацию функции плотности вероятности показателя качества для исследования эффективности использования СППР.

Анализ показателей критериев доступности ОСИ для МГН (таблица 11) позволяет сделать вывод о том, что оценка качества измеряется в процентной величине, то есть показатель качества является непрерывной величиной, принимающей значения от 0 до Q_M . В относительных единицах Q_i/Q_M значение показателя качества Q_i^* может изменяться от 0 до 1:

$$Q_i^* \in 0,1; i = 1, \dots, n$$

Показатель качества каждого этапа (года) Q_i^* использования СППР, учитывая значительное количество недетерминированных условий, можно считать случайной величиной и охарактеризовать с помощью функции плотности распределения вероятности. При этом плотность вероятности величины Q_i^* будет зависеть от эффективности и качества используемой СППР, что можно выразить как δ_i - интенсивность влияния СППР на городскую среду в области обеспечения доступности ОСИ. В

относительных единицах значение показателя интенсивности δ_i^* может изменяться от 0 до 1, чем больше значение, тем эффективнее СППР влияет на показатель доступности ОСИ для МГН.

Процесс управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН разделен на этапы (годы), то есть каждый этап обуславливается наличием предыдущего, а показатель плотности вероятности качества выполнения текущего этапа (года) зависит от показателя качества предыдущего этапа (года). Качество реализации выбранного этапа связано с условной плотностью вероятности показателя качества Q_i^* :

$$P\left(\frac{Q_i^*}{Q_1^*}, \dots, Q_{i-1}^*, \delta_i^*\right)$$

Для простой последовательной цепи:

$$P\left(\frac{Q_i^*}{Q_{i-1}^*}, \delta_i^*\right)$$

Требования, предъявляемые к уровню доступности ОСИ для МГН на разных этапах (годах) использования СППР могут быть различными и определяются в виде значения показателя качества реализации этапа Q_{yi}^* в диапазоне $0 < Q_{yi}^* \leq 1$, при котором удовлетворятся установленные к этапу требования. Наиболее значительным является показатель качества финального этапа (на Рисунке 61 - ЦЕЛЬ), отражающий результат и эффективность внедрения СППР управления доступностью ОСИ для МГН.

Этапы реализации (годы) являются последовательными, без обратной связи, что можно представить в виде простой Марковской цепи событий, что позволяет выразить n -мерную плотность вероятности показателя качества вдоль всей цепи следующим образом:

$$P(Q_0^*, Q_1^*, \dots, Q_n^*, \delta_1^*, \dots, \delta_n^*) = P(Q_0^*)P\left(\frac{Q_1^*}{Q_0^*}, \delta_1^*\right) \dots P\left(\frac{Q_n^*}{Q_{n-1}^*}, \delta_n^*\right)$$

где $P(W_0^*)$ – плотность распределения вероятности показателя качества на входе цепи.

В результате внедрения СППР в области управления доступностью ОСИ для МГН и использования в ходе этапов (годов), вероятность оценки качества СППР выше удовлетворительного, можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned}
 & P(Q_1^*, \delta_1, \dots, \delta_n) \\
 &= \int_{Q_{y1}^*}^1 \dots \int_{Q_{yn}^*}^1 P(Q_1^*) P\left(\frac{Q_1^*}{Q_0^*}, \delta_1\right) P(Q_2^*) P\left(\frac{Q_2^*}{Q_1^*}, \delta_2\right) \times \dots \\
 &\times P\left(\frac{Q_n^*}{Q_{n-1}^*}, \delta_n\right) dQ_0^* \dots dQ_n^*
 \end{aligned}$$

где $Q_0^*, Q_1^*, \dots, Q_n^*$ - значение показателя качества СППР на соответствующем этапе в относительных единицах;

$\delta_0, \delta_1 \dots \delta_n$ - значение интенсивности влияния СППР на соответствующем этапе в относительных единицах;

$P(Q_{i-1}, \delta_i)$ - условная плотность вероятности показателя качества на i -ом этапе.

Для оценки среднего значения показателя качества использования СППР сформулировано выражение в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \bar{Q}^*(\delta_1, \dots, \delta_n) &= \int_{Q_{y1}^*}^1 \dots \int_{Q_{yn}^*}^1 Q_0 Q_1 \dots Q_n P(Q_0^o) P\left(\frac{Q_1^o}{Q_0^o}, \delta_1^o\right) \times \dots \\
 &\times P\left(\frac{Q_n^*}{Q_{n-1}^*}, \delta_n^*\right) dQ_0^* \dots dQ_n^*
 \end{aligned}$$

Дискретная оценка показателя качества Q_i , характеризующего результат i -го этапа (года) с помощью описанных выражений может быть произведена для известного закона распределения вероятности $P\left(\frac{Q_i^*}{Q_{i-1}^*}, \delta_i^*\right)$. Нахождение функции плотности вероятности возможно экспериментальным путем, при этом можно выделить свойства, характеризующие данную функцию:

- Качество обеспечения доступности ОСИ для МГН на каждом этапе зависит от степени использования СППР (чем интенсивнее используется СППР, тем выше качество).

- Вероятность качества выполнения i – го этапа зависит от качества выполнения предыдущего этапа (чем выше показатель, тем выше вероятность).

- Функция плотности вероятности удовлетворяет следующему условию нормировки:

$$\int_0^{Q_M} P\left(\frac{Q_i^*}{Q_{i-1}^*}, \delta_i^*\right) dQ_i = 1$$

Применительно к описанным свойствам, является возможным произвести аппроксимацию функции до простой. Для примера была использована линейная функция, выраженная в следующем виде:

$$P\left(\frac{Q_i^*}{Q_{i-1}^*}, \delta_i^*\right) = \frac{1}{Q_M} - \frac{\delta_i^*}{2 - \delta_i^*} \left(\frac{2Q_{i-1}^* - Q_M}{Q_M}\right) \left(1 - \frac{2Q_i^*}{Q_M}\right)$$

где Q_i^* - значение показателя качества на i -том этапе в относительных единицах;

Q_M – максимальное значение показателя качества в относительных единицах;

δ_i^* - значение интенсивности влияния СППР i -том этапе в относительных единицах.

Исследование поведения приведенной функции возможно с помощью графиков кривых, для чего был выбран и зафиксирован один из параметров функции. При фиксированном (максимальном) значении показателя интенсивности влияния СППР $\delta_i^* = 1$ на качество принимаемых решений в области обеспечения доступности ОСИ, можно определить вид функции плотности вероятности показателя качества поддержки процесса управления обеспечения доступности ОСИ для одного из этапов эксплуатации Q_i^* в зависимости от качества выполнения предыдущего этапа

Q_{i-1}^* . На примере 2020 года (этапа) показана зависимость плотности вероятности качества СППР от показателя качества проведения i -го этапа с учетом различных значений показателя качества на предыдущем этапе – Рисунок 62.

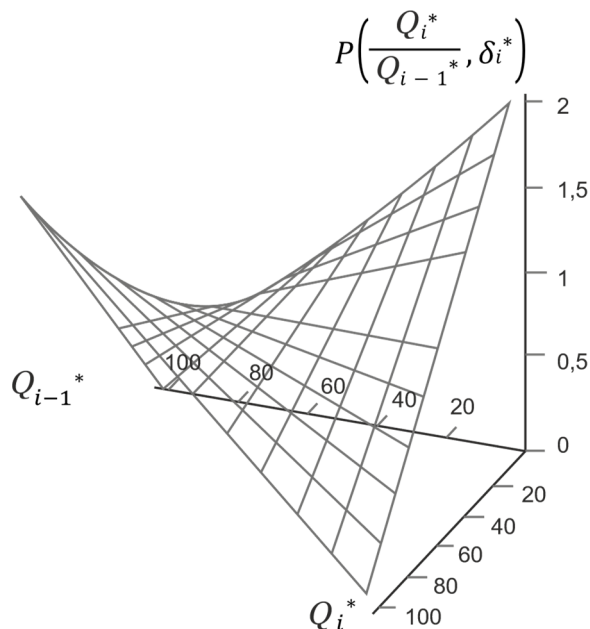


Рисунок 62. Плотность вероятности качества СППР при фиксированном (максимальном) значении интенсивности влияния СППР.

При фиксированном значении показателя качества СППР на предшествующем этапе $Q_{i-1}^* = 1$ можно определить вид функции плотности вероятности показателя качества СППР на одном из этапов эксплуатации Q_i^* в зависимости от качества поддержки принятия решений δ_i^* . На примере 2020 года (этапа) показана зависимость плотности вероятности качества и эффективности принимаемых решений от интенсивности эксплуатации СППР δ_i^* – Рисунок 63.

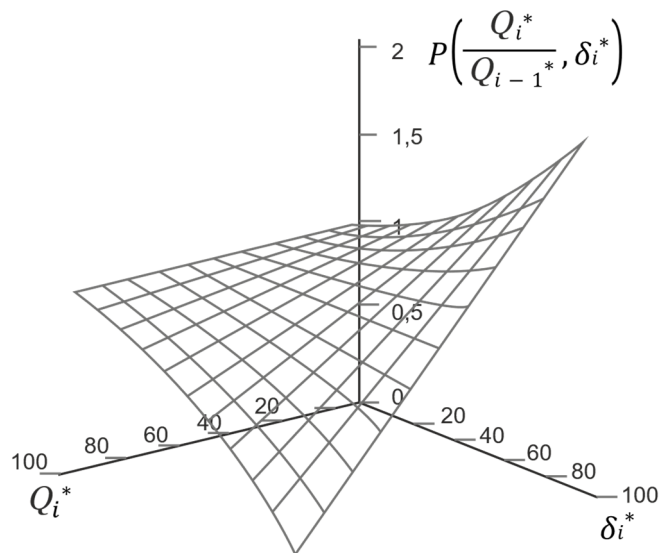


Рисунок 63. Зависимость плотности вероятности качества и эффективности принимаемых решений от интенсивности эксплуатации СППР.

Исследование поведения функции при изменении параметра интенсивности использования СППР δ_i^* в диапазоне $1 \geq \delta_i^* > 0$ характеризуется изменением амплитуды зависимости плотности вероятности качества СППР, при этом характер зависимости остается неизменным. При нулевой интенсивности использования СППР $\delta_i^* = 0$ воздействие на качество принимаемых решений при управлении доступностью ОСИ для МГН СППР не оказывает.

Для определения необходимого уровня влияния использования СППР при управлении городским хозяйством введен показатель количества обращений к СППР – m . При известных значениях распределения плотности вероятности качества принимаемых решений, является возможным установление аналитических зависимостей среднего значения показателя качества и эффективности СППР $\bar{Q}^* = f(m, \delta)$ от интенсивности использования δ и количества обращений m . Вид описанных зависимостей представлен с помощью графика на Рисунке 64.

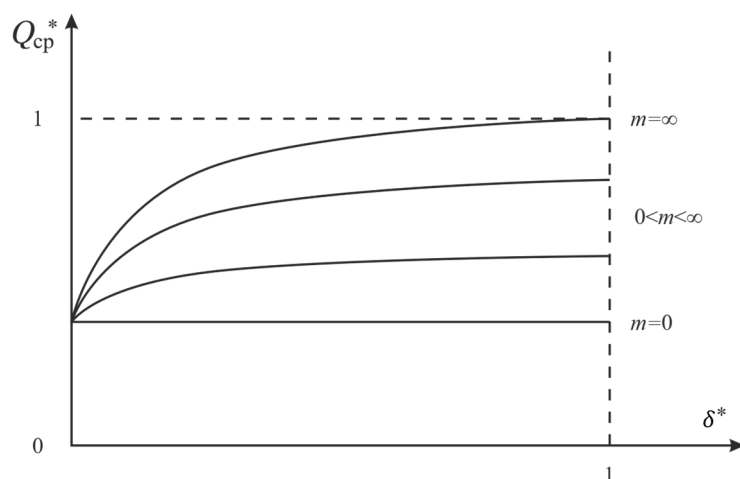


Рисунок 64. Зависимость показателя качества и эффективности СППР от интенсивности использования и количества обращений.

Исследование поведения функции показателя качества СППР позволяет сделать вывод о том, что с увеличением количества обращений к СППР нелинейно растёт среднее значение показателя качества, стремясь к максимальному показателю. Полученные выражения дают представление о влиянии СППР на качество поддержки процесса управления обеспечения доступности ОСИ для МГН. На их основе может быть определено количество обращений m к СППР, при котором достигается требуемое среднее значение показателя качества $Q_{ср}^*$ поддержки процесса управления городским хозяйством, то есть требования к составу и уровню информационного наполнения СППР управления доступностью ОСИ для МГН [213].

4.5 Повышение эффективности функционирования разработанной СППР управления доступностью ОСИ для МГН

Для определения экспериментальной оценки применимости и эффективности разработанной системы поддержки принятия решений к процессу управления доступностью ОСИ для МГН проведен мониторинг функционирования СППР и реализован ряд задач, направленный на повышение эффективности работы системы. Проведена апробация разработанных методик, алгоритмов и программного продукта на базе фокус-групп, состоящих из основных пользователей системы. На основе

анализа полученных от фокус-групп, учтены требования к методологическим и функциональным характеристикам. В состав фокус-групп вошли муниципальные и федеральные органы власти и граждане, МГН, включая людей с ограниченными возможностями [200].

Интеграционные процессы СППР в деятельность органов государственной власти, индивидуальные переговоры с ответственными лицами различных государственных структур и служб, таких как Служба социальной защиты, Департамент социального развития, Администрация г. Ханты-Мансийска, Администрация Ханты-Мансийского автономного округа и аппарат Губернатора позволило:

- выделить ключевые процессы информационных потоков в области управления городским хозяйством;
- определить направления развития и реализации городской среды в области доступности ОСИ;
- выявить возможности и полномочия различных уровней управления;
- качественно описать меры обеспечения поддержки процесса управления доступностью ОСИ;
- осуществить адаптацию СППР к условиям деятельности органов власти;
- уточнить детально с точки зрения закона необходимый функционал, возлагаемый на ресурсы для МГН;
- сформировать грамотную структуру функционирования СППР с учетом интересов органов власти;
- снизить неопределенность в структурной связности информационной базы данных об ОСИ;
- определить оптимальный алгоритм управления доступностью ОСИ.

Апробация на уровне граждан, включая МГН и людей с ограниченными возможностями была произведена в рамках открытых семинаров, в состав которых вошли общественные объединения и граждане Ханты-Мансийского автономного округа, включая АНО «Преобразование», Общественное объединение инвалидов г. Сургута, Общественное объединение слабовидящих ХМАО, что позволило:

- определить уровень знаний в области современных технологий информационной поддержки и управления доступностью ОСИ для МГН;
- выявить ключевые характеристики инструмента, необходимого для удовлетворения информационных потребностей в области доступности ОСИ для МГН;
- уточнить компетентность в области знаний нормативно-правового регулирования доступности ОСИ для МГН и социальной поддержки;
- выявить новые эффективные методы и формы поддержки в области обеспечения доступности ОСИ и их характеристиках для людей с ограниченными возможностями и МГН;
- построить индивидуальные методики информационной поддержки для различных категорий людей с ограниченными возможностями.

Систематическое изучение общественного мнения с применением разнообразных средств и методы сбора и анализа информации, позволило обеспечить объективность и корректность реализации системы поддержки принятия решений в области управления доступностью ОСИ, обеспечить эффективность органов государственной власти применительно к теме исследования, сформировать качественный социальный эффект в обеспечении доступности ОСИ. Особую значимость общественного мнения в оценке эффективности системы управления доступностью ОСИ сыграло общественное мнение, мнение самих граждан, включая МГН и людей с ограниченными возможностями.

Разработка и реализация новых моделей, средств, алгоритмов интеллектуальной поддержки, повсеместное освоение их органами управления и гражданами способствует созданию важных предпосылок для серьезного улучшения функционирования государственной-гражданского регулирования уровня доступности ОСИ в условиях динамического развития страны.

4.6 Перспективные направления улучшения интеллектуальной поддержки разработки в организационных системах управления социальной инфраструктурой

На сегодняшний день разработанная СППР используются в различных предметных областях, в том числе, как инструмент для улучшения производительности и качества управленческих решений в области доступности ОСИ, значительно ускоряя процесс обоснования и принятия решений. Ключевым моментом в жизненном цикле программного продукта, включающего методики и алгоритмы является процесс постоянного усовершенствования и дополнения новыми технологиями, моделями, интерфейсами и другими элементами сложных информационных систем. В обозримой перспективе улучшение функционирования разработанной СППР управления доступностью ОСИ для МГН возможно по следующим направлениям:

- Разработка методики прогнозирования перспектив различных вариантов принимаемых решений с экономической и социальной точек зрения.
- Разработка методики интеллектуальной идентификации пространственного объекта (ОСИ или иного объекта городской среды) на растровых и векторных картах.
- Разработка методики классификации ОСИ по классам с разделением на подклассы с определением процента принадлежности к тому или иному классу (подклассу).
- Разработка методики выработки рекомендаций для различных служб муниципального управления и органов ЖКХ.
- Интеграция процессов обмена данными между СППР и региональными социальными службами, органами здравоохранения, учреждениями ЖКХ.
- Внедрение стандартов обеспечения доступности ОСИ в работу социальных служб и органов власти.
- Разработка методов повышения качества социальной связи общества и государства, уровня образованности в области регулирования доступности ОСИ.

- Обеспечение информационного взаимодействия с другими смежными системами управления доступностью ОСИ.

Одним из направлений улучшения качества управления доступностью ОСИ является усовершенствование структуры управления. Корректная управленческая и организационная культура способны придать смысл деятельности муниципальных служб, обеспечить эффективным инструментом управления, информационным обеспечением, стимулировать их активность. В рамках исследования были выделены основные направления совершенствования структуры управления доступностью ОСИ:

- Переход к плоским организационным структурам, децентрализация и интенсификация горизонтальных связей, активизация неформальных связей;
- Сокращение численности аппарата управления в связи с внедрением автоматизированных систем управления доступностью ОСИ;
- Переход к групповой ответственности работников подразделений за результаты деятельности в организации.
- Ликвидация звеньев, не участвующих непосредственно в управлении, устранение многоступенчатости, упрощение организационной структуры;
- Соблюдение работниками каждого звена на всех ступенях норм управляемости, обеспечивающих организационную устойчивость, оперативность и надежность управления доступностью ОСИ;
- Создание условий для внутреннего обмена информацией на необходимом уровне (проходимость информации).

Дальнейшая работа над разработанной СППР позволит вывести процесс поддержки принятых решений в области управления доступностью ОСИ на качественно новый уровень, что положительно отразится на жизни граждан и работе органов власти. Эксплуатация и итерационная модернизация СППР позволит оптимизировать процессы, повысить производительность труда, улучшить качество принимаемых решений, освободить от рутинных процессов, обеспечить детальный анализ уровня доступности ОСИ, выявить нарушения, значительно экономить время в динамике усложняющихся задач социально-экономического развития.

4.7 Выводы по главе 4

В данной главе проведены исследования (практическая проверка) разработанных алгоритмов обеспечения поддержки принятия решений в процессах управления и обработки данных о доступности объектов социальной инфраструктуры с точки зрения МГН.

Результаты показали, что разработанные методы, алгоритмы и программное обеспечение позволили повысить эффективность принимаемых управленческих решений в области управления доступностью ОСИ, улучшить качество жизни и обеспечить информационную доступность для МГН за счет создания геоинформационной системы поддержки принятия решений в управлении городской средой. Наилучшие результаты программный комплекс показал при разработке рекомендаций решений для управления и обработки данных о состоянии доступности ОСИ с точки зрения различных групп лиц с ограниченными возможностями.

Благодаря реализации единой геоинформационной системы оптимизирована работа функций управления ОСИ (учет, реконструкция, модернизация и тд.), обеспечена возможность получения среза информации о доступности ОСИ. Автоматизированы процессы: идентификации ОСИ на картах; определения характеристик и признаков доступности, отслеживания реакции населения, а также оценки показателей доступности ОСИ. Это позволило осуществлять поддержку принятия управленческих решений и повысить эффект деятельности органов власти в управлении городской средой.

Проведены исследования алгоритмов получения и обработки информации для задач управления и принятия решений на основе идентификации и контроля корректности процесса обеспечения доступности ОСИ за счет применения геоинформационной системы поддержки принятия решений и фолксномического подхода.

Повышена эффективность СППР за счет привлечения фокус-групп, что в значительной степени обеспечило возможность конкретизации и расширения функциональных характеристик системы. Описаны перспективы созданной системы, включающие в себя возможные усовершенствования программного продукта, методик и алгоритмов, а также улучшения системы управления доступностью ОСИ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные в диссертационной работе исследования, связанные с разработкой моделей и алгоритмов поддержки принятия решений обеспечения доступности социальной инфраструктуры с применением геоинформационных технологий и фолксономического подхода позволило решить важную социальную проблему эффективного управления доступностью социальной инфраструктуры для МГН, а также обеспечило повышение качества жизни маломобильных групп населения и людей с ограниченными возможностями. Основные выводы и результаты заключаются в следующем:

1. Выполнен анализ структур управления в организационных системах городского хозяйства, существующих подходов, методов и технологий, используемых на практике для поддержки принятия решений в сфере управления состоянием доступности социальной инфраструктуры города. Произведен анализ разработок в области управления доступностью ОСИ для МГН, формализованы классы разработок, требования к необходимому функционалу СППР. На основе анализа и изучения существующей системы управления городской средой в области доступности ОСИ для МГН, определены этапы разработки системы поддержки и принятия решений при управлении социальной инфраструктурой с использованием ГИС-технологий и теории АФП.

2. Разработан алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений на основе совместного применения методов обработки, структуризации и визуализации разнородных данных, включая теорию анализа формальных понятий и геоинформационные технологии. Создана концептуальная модель системы поддержки принятия решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН, отражающая компоненты системы, связи элементов, потоки и наборы данных.

3. Создан интерфейс поддержки принятия решений, направленный на модернизацию существующей организационной системы управления городским хозяйством в области обеспечения доступности ОСИ для МГН на базе разработанной концептуальной модели СППР. Созданы новые математические модели представления и структуризации фолксономических данных, математическая модель функционирования СППР. Интерфейс позволяет с

помощью карт и геоинформационных технологий обеспечить качественным инструментом поддержки принятия решений при управлении социальной инфраструктурой, а также служит инструментом удовлетворения информационных потребностей МГН относительно ОСИ.

4. Произведена программная реализация системы поддержки принятия решений на основе применения сервисно-ориентированной архитектуры, разработанных моделей и алгоритмов. Выполнено внедрение в структуру управления городским хозяйством Ханты-Мансийска для увеличения качества, оперативности и эффективности принимаемых решений при управлении доступностью ОСИ для МГН. Данная разработка также выполняет функцию информационно-справочной системы для МГН, содержащей сведения о характеристиках доступности социальной инфраструктуры. Созданы компьютерные имитационные модели, отражающие алгоритм функционирования разработанной СППР в виде СМО, обеспечивающие проведение экспериментов, определяющих качество программного продукта.

5. Произведена оценка эффективности, качества и надежности разработанной СППР. Осуществлена проверка корректности и адекватности применяемых методов применительно к теме исследования. Выполнен аналитический, вычислительный и графический метод оценки результата внедрения и эксплуатации СППР;

В работе решена актуальная научно-техническая проблема обеспечения поддержки принятия обоснованных управленческих решений в области управления состоянием доступности ОСИ для МГН, для чего были разработаны методы, модели и алгоритмы с использованием геоинформационных технологий, фолксономического подхода и теории АФП. Применение разработанных методов в реальном процессе управления состоянием доступности ОСИ для МГН позволяет повысить эффективность информационной поддержки за счет существенного сокращения временных затрат на анализ социально-ориентированных данных. По результатам диссертационного исследования были определены перспективные направления совершенствования процесса управления доступностью социальной инфраструктуры. Положения и разработки диссертационного исследования также внедрены в практику управления ряда органов власти федерального и муниципального уровней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Agichtein E. Extracting relations from large text collections. – PhD thesis, Columbia University, 2005. – 154 p.
2. Agichtein E., Ganti V. Mining reference tables for automatic text segmentation. // Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Seattle, USA. – 2004. – P. 20-29.
3. Agichtein E., Gravano L. Snowball: Extracting relations from large plain text collections. // Proceedings of the 5th ACM International Conference on Digital Libraries, 2000. – 10 p.
4. Arampatzis G., Kiranoudis C.T., Scaloubacas P., Assimacopoulos D. A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies. European Journal of Operational Research 152. – 2004. – P. 465–475.
5. Baoan Li, Jianjun Yu. Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things. Procedia Engineering. 2017. – 234 p.
6. Barbut M., Monjardet B. Ordre et classification. Algebra and combinatorics. Hachette, Paris, vol.1, 1970. – 176 p.
7. Belkacem LAHMAR, Hadda DRIDI, Ahmed AKAKBA. A gis-based multicriteria spatial decision support system model to handle health facilities resources. Case of crisis management in batna, algeria. Geographia Technica. – 2020. – Vol. 15, Issue 1 – P. 173-186
8. Berners-Lee Tim, Hendler James, Lassila Ora. The Semantic Web: A New Form of Web Content That is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities. – 2001. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/225070375> (дата обращения 03.09.2022).
9. Birkhoff Garrett. Lattice Theory. – American Mathematical Society, Algebra, Abstract, 1961. – 283 p.
10. Bloehdorn Stephan, Cimiano Philipp, Hotho Andreas. Learning Ontologies to Improve Text Clustering and Classification. // From Data and Information Analysis to Knowledge Engineering – 2006. – P. 334-341.
11. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. Control Mechanisms for Organizational-Technical Systems: Problems of Integration and Decomposition // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Volume 49, Issue 32. – P. 1-6.

12. Carpineto C., Romano G. Using Concept Lattices for Text Retrieval and Mining. In: Ganter B., Stumme G., Wille R. Formal Concept Analysis. // Lecture Notes in Computer Science, vol 3626. Springer, Berlin, Heidelberg – 2005. – P. 161-179.
13. Chang Kang-Tsung. Introduction to Geographic Information Systems. – McGraw-Hill. – 2009. – 450 p.
14. Cimiano P., Hotho A., Staab S. Learning Concept Hierarchies from Text Corpora using Formal Concept Analysis. // Journal of Artificial Intelligence Research, 24. – 2005. – P. 305-339
15. Cimiano, Philipp. Ontology Learning and Population from Text. // Algorithms, Evaluation and Applications – 2006. – 312 p.
16. Codd E. F. Further Normalization of the Data Base Relational Model. // Data Base Systems. ed. by R. Rustin. – Englewood Cliffs : Prentice-Hall. – 1972. – P. 33-64.
17. Collins Allan M., Loftus Elizabeth. A Spreading Activation Theory of Semantic Processing. // Psychological Review. 82. 1975. – P. 407-428.
18. Collins Allan M., Quillian Ross M. Retrieval Time from Semantic Memory. // Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 8. 1969. – P. 240-247.
19. Demers Michael N. Fundamentals of Geographical Information Systems. – Wiley, Technology & Engineering. – 2000 – 498 p.
20. Doer Jet Stephan, Jaschke Robert, Stumme Gerd. Publication Analysis of the Formal Concept Analysis Community. // Formal Concept Analysis: 10th International Conference, ICFCA, Leuven, Belgium – 2012. – P. 77-87.
21. Fisher Howard. Mapping Information, the Graphic Display of Quantitative Information. – Abt Books – 1982. – 384 p.
22. Ganter B., Wille R. Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations. – Springer, Berlin, 1999. – 314 c.
23. Ganter B., Stumme G., Wille R. Formal Concept Analysis, Foundations and Applications. // Lecture Notes in Computer Science 3626. Berlin: Springer – 2005. – P. 272-287.
24. Gordon G. The Application of GPSS V to Discrete System Simulation. – Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. – 1975. – 389 p.
25. Gruber T.R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition – 1993. – V. 5. – P. 199-220.

26. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving shareable, reusable knowledge bases // Proceedings of the Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning. – 1991. – P. 601-602.
27. Hansen W.G. How accessibility shapes land use // Journal of American institute of planners. – 1959. – Vol.35. No.2. – P.10-44.
28. Hirschman Albert O. The Strategy of Economic Development, Volume 10. – Yale University Press, 1958. – 217 p.
29. Hollay A.V., Tashkin A.O. The Intellectual Support Efficiency Methods Evaluation in the Sphere of Social Infrastructure Accessibility Managing for Low-Mobile Population Groups // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 151–162. DOI: 10.14529/ctcr220314
30. Ignatov D. I., Kaminskaya A. Y., Konstantinov A. V., Bezzubtseva A. A., Poelmans J. FCA-Based Models and a Prototype Data Analysis System for Crowdsourcing Platforms. // 20th International Conference on Conceptual Structures. Berlin; Heidelberg: Springer. – 2013. – P. 173-192.
31. Inmon W.H. Building the Data Warehouse. – Wiley Publishing Inc., 2005. – 546 p.
32. Jihong Xia, Lihuai Lin, Junqiang Lin, Laounia Nehal. Development of a GIS-Based Decision Support System for Diagnosis of River System Health and Restoration. Water. – 2014. – P. 3136-3151.
33. Kuznetsov S. O. On stability of a formal concept. In San Juan, E., ed.: JIM, Metz, France – 2003.
34. Lehmann F., Wille R. Triadic Approach to Formal Concept Analysis // Proceedings of the Third International Conference on Conceptual Structures: Applications, Implementation and Theory. Santa Cruz. – 1995. – P. 32-43.
35. Mendes P.N., Jakob M., García-Silva A., Bizer C. DBpedia spotlight: shedding light on the web of documents // I-SEMANTICS, 7th Int. Conf. on Semantic Systems, Sept. 7-9, Graz, Austria, 2011. – 8 p.
36. Miller G. Nouns in WordNet. WordNet An Electronic Lexical Database– Ed. by C. Fellbaum. – Cambridge: The MIT Press, 1998. – 422 p.
37. Neznanov A., Ilvovsky D., Kuznetsov S. FCART: A New FCA-based System for Data Analysis and Knowledge Discovery. // Contributions to the 11th International Conference on Formal Concept Analysis. Dresden: Qucoza – 2013. – P. 31-44.

38. Niculescu-Mizil, Alexandru and Ehsan Abbasnejad. Label Filters for Large Scale Multilabel Classification. // Conf. AISTATS, 2017. – 10 p.
39. Nirenburg S., Raskin V. Ontological Semantics. // MA: The MIT Press. Cambridge – 2004. – P. 147-152.
40. Nonaka I., Takeuchi H. The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation, New York: Oxford University Press, 1995. – 284 p.
41. Pannu A. Artificial Intelligence and its Application in Different Areas // International Journal of Engineering and Innovative Technology. – 2015. – Vol. 4. – № 10. – P. 79-84.
42. Phadke D.N. Geographical Information Systems (GIS) in Library and Information Services. – Concept Publishing Company – 2006. – 162 p.
43. Porter Joshua. Folksonomies: A User-Driven Approach to Organizing Content // UIE Articles, July 26, 2006. [Электронный ресурс]. URL: <https://articles.uie.com/folksonomies/> (дата обращения 03.09.2022).
44. Rakesh K. Sharma, Durga Prasad Sharma. Review of spatial decision support systems in resource management. Review of Business and Technology Research. – 2012. – Vol. 6, No. 1.– P.167-174.
45. Rima M. Sultani, Ahmed M. Soliman, Khalid S. Al-Hagla. The Use of Geographic Information System (GIS) Based Spatial Decision Support System (SDSS) in Developing the Urban Planning Process. APJ, Architecture & Planning Journal 20. – 2009. – P. 97-115.
46. Sajja A., Kharde D., Pandey C. A. Survey on efficient way to Live: Smart Home - It's an Internet of Things. ISAR - International Journal of Electronics and Communication. 2016. – 26 с.
47. Semenov S.P., Slavskii V.V., Tashkin A.O., Tyakunov A.S. Mathematical model of social infrastructure based on the theory of formal concept analysis (FCA)/ International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR) ISSN: 2321-0869 (O) 2454-4698 (P), –Volume-8, Issue-1, September – 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://www.erppublication.org/published_paper/IJETR2291.pdf (дата обращения 03.09.2022).
48. Sowa John F. Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine. // The Systems Programming Series. Computational Linguistics, Volume 12, Number 3, July-September – 1986. – P. 218-219.

49. Tashkin A.O., Hollay A.V. Development of a decision support system of city's social infrastructure accessibility based on GIS-technologies // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 122-131. DOI: 10.14529/ctcr220211
50. Vander Wal Thomas. Folksonomy. // Online Information 2005 London, UK by Thomas Vander Wal, Dec. 30, 2005. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vanderwal.net/folksonomy.html/> (дата обращения 03.09.2022).
51. Vossen P. Euro WordNet: A Multilingual Database with Lexical Semantic Networks // Computational Linguistics. – 1998 – Vol. 25. № 4. – P. 628-632.
52. Wille Rudolf. Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts. // Ivan Rival, editor, Ordered sets, Reidel, Dordrecht-Boston. – 1982. – P. 445-470.
53. Yates Alexander, Qingqing Cai. Semantic Parsing Freebase: Towards Open-domain Semantic Parsing. // Second Joint Conference on Lexical and Computational Semantics (*SEM), Volume 1, Atlanta, Georgia, June 13-14. – 2013. – P. 328–338.
54. Zelenko D., Aone C., Richardella A. Kernel methods for relation extraction. // Journal of Machine Learning Research, 2003. – 10 p.
55. Авен О.И., Коган Я.Л., Гурин Н.Н. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. – М.: Наука, 1982. – 464 с.
56. Аверченкова Е.Э., Горбунов А.Н. Применение теории управления для описания системы управления региональной социально-экономической системой. Известия Юго-Западного государственного университета. – 2019 – 23(4) – С. 105-115. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-4-105-115
57. Авиженис А. Отказоустойчивость – свойство, обеспечивающее постоянную работоспособность цифровых систем. // ТИИЭР, Т. 66, №10, 1978 – С. 5-25.
58. Авиженис А., Лапри Ж.К. Гарантоспособные вычисления: от идеи до реализации в проектах // ТИИЭР. – 1986 – Т. 74, №5 – С.8-21.
59. Аврамчук Е.Ф.; Вавилов, А.А.; Емельянов, С.В. Технология системного моделирования. – М.: Машиностроение, 1988 г. – 520 с.
60. Аношкина Е.Л., Страумит И.С., Аношкин П.А. Стратегическое планирование городского развития: методологические и прикладные аспекты // Экономические стратегии. – 2011. – Т.13. №7-8 (93-94). – С.146-151.
61. Астахова Н.И., Москвитина Г.И. Теория управления. М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 375 с.

62. Ахо А. Хопкрофт Дж. Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. – М.: Мир, 1979. – 536 с.
63. Башарин Г.П. Начала финансовой математики. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 160 с.
64. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. Теория и методы системного анализа, 1990.– 160 с.
65. Белоногов Г.Г. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии. – Монография. Москва: Русский мир, 2004.–248 с.
66. Беляков В.В., Бушуева М.Е., Сагунов В.И. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем. – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т., 2001. – 271с.
67. Берлянт А.М., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Картография и геоинформатика // Итоги науки и техники. Картография. Т. 14. М.: ВИНТИ, 1991. – с. 38-51.
68. Берлянт А.М. Картография. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
69. Бигдан В.Б. Особенности реализации методов интеллектуального анализа результатов имитационных экспериментов. Компьютерная математика. – 2009. – Вып. 2. – С. 95-100.
70. Боев В.Д., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. – М.: Интуит, 2016. – 525 с.
71. Бугаевский Л.М., Цветков В. Я. Геоинформационные системы. – Москва, Златоуст, 2000. – 222 с.
72. Булыгин Ю.Е. Организация социального управления (основные понятия и категории). Словарь-справочник. Под общей ред. Проф. И.Г. Безуглова. М.: «Контур», 2002. – 234 с.
73. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: СИНТЕГ, 2001. – 124 с.
74. Бурков В.Н., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994. - 270 с.
75. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981. – 384 с.
76. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. – 264 с.

77. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А., Губко М.В. Introduction to theory of control in organizations. Boca Raton, USA: CRC Press, 2015. – 346 с.
78. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: Состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. – 128 с.
79. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – Москва: Наука, 1978. – 400 с.
80. Вавилов А.А. Имитационное моделирование производственных систем. – М. Берлин: Машиностроение, 1983. – 417 с.
81. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ. – М.: ИТК «Дашков и К», 2010. – 640 с.
82. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
83. Вертакова Ю.В., Согачева О.В. Исследование социально-экономических и политических процессов – М.: Кнорус, 2009. – 336 с.
84. Виноградов И.Д. Реализация анализа формальных понятий в реляционных базах данных. // Конференция: «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (ПУМСС), 2004. – С. 409-414.
85. Вознесенская Т.В. Математическая модель алгоритмов синхронизации времени для распределенного имитационного моделирования. // Программные системы и инструменты. М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2000. – Т. 1. – С. 56-66.
86. Волик Б.Г., Буянов Б.Б., Лубков Н.В. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем – Под ред. Б.Г. Волика – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 296 с.
87. Волик Б.Г., Рябинин И.А. Эффективность, надежность и живучесть управляющих систем. // АиТ, № 12., 1984 – С. 152-160.
88. Вольфенгаген В.Э., Калинин Л.А., Мендкович А.С., Сюнтюренко О.В., Томилин А.Н., Шириков В.П., Щур Л.Н. Информационные системы и научные телекоммуникации. Вестник РФФИ. – 1998. – №4(14) – С. 4-50.
89. Гаврилов А.И., Жигалова Н.Е. Технология стратегического планирования территорий – Нижний Новгород: Издательство ВВАГС, 2010. – 125 с.
90. Гаврилов А.И., Жигалова Н.Е., Распопин С.Л. Методика стратегического выбора развития территорий – Нижний Новгород: Издательство Гладкова О.В., 2009. – 377 с.

91. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 384 с.
92. Гелбрейт Дж. К. Экономические теории и цели общества. – М.: Прогресс, 1979. – 406 с.
93. Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. — М.: ИПУ РАН, 2002. – 52 с.
94. Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информаци-онные системы и математические модели. – М.: Спутник, 2004. – 159 с.
95. Глушков В.М., Гусев В.В., Марьянович Т.П., Сахнюк М.А. Программные средства моделирования непрерывно-дискретных систем. – Киев: Наукова думка, 1975. – 152 с.
96. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. – М.: Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1983. – 351 с.
97. Гнатышак Д.В., Игнатов Д.И., Кузнецов С.О., Пульманс Й., Семенов А.В. Анализ данных (data mining) онлайн социальных сетей с помощью бикластеризации и трикластеризации //XIII национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16-20 октября 2012 г., Белгород, Россия): Труды конференции. В 4-т., Белгород: Изд-во БГТУ. – 2012. – Том 2. – С. 66-73
98. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
99. Голицына О.Л., Максимов Н.В. Информационные системы – Московская финансово-промышленная академия. – М.: 2004. – 329 с.
100. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. 3-е изд., перераб. и дополн. М.: МЦНМО, 2018. – 224 с.
101. Губко М.В., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Управление организационными системами: современные научные направления // Проблемы теории и практики управления. – 2011. – № 12. – С. 62-71.
102. Гуров С. И., Онищенко А. А. Классификация на основе АФП и бикластеризации: возможности подхода // Прикладная математика и информатика: Труды факультета Вычислительной математики и кибернетики. – Т. 38. МАКС Пресс Москва, 2011. – С. 77–87.

103. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1328 с.
104. Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. – М. БИНОМ; Лаборатория знаний, 2008. – 172 с.
105. Добров, Б.В., Лукашевич Н.В. Лингвистическая онтология по естественным наукам и технологиям для приложений в сфере информационного поиска. – Ученые записки Казанского Государственного Университета. Серия Физико-математические науки. – 2007. – т.149. книга 2 – С. 49-72.
106. Емельянов С.В., Калашников В.В. Исследование сложных систем с помощью моделирования // Итоги науки. Техн. кибернетика. – М.: ВИНТИ, Т. 14., 1981. – С. 158-209.
107. Ершов А.П., Поттосин И.В. Методы трансляции и конструирования программ. – Академия наук СССР, Сибирское отд., Вычислительный центр, 1986 – 167 с.
108. Жуков Д.М. Экономика и организация жилищно-коммунального хозяйства города. М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2016. – 96 с.
109. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск, Издательство института математики, 1999. – 270 с.
110. Загоруйко Ю.А., Боровикова О.И. Информационная модель портала научных знаний // Информационные технологии – 2009. – № 12. – С. 2-7.
111. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования. – Пермь: ПГУ, 2007. – 119 с.
112. Замятина Е.Б., Миков А.И. Проблемы повышения эффективности и гибкости систем имитационного моделирования // Проблемы информатики. №4. 2010. – С. 49-64.
113. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика. – М.: МаксПресс, 2001. – 349 с.
114. Иванов М.В. Повышение уровня транспортной доступности как фактор социально-экономического развития территорий // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2013. – Том 172. – С.460-469.
115. Игнатов Д. И., Каминская А. Ю., Беззубцева А. А., Блинкин К. Н. Система анализа данных коллаборативных платформ CrowDM // Анализ изображений, сетей и текстов. Доклады всероссийской научной конференции АИСТ'12. Екатеринбург, 16-18 марта. – 2012 г. – С. 16-26.

116. Игнатов Д. И., Кузнецов С. О., Пульманс Й. Разработка данных систем совместного пользования ресурсами: от трипонятий к трикластерам // Математические методы распознавания образов: 15-я Всероссийская конференция. Сборник докладов. М.: МАКС Пресс, 2011. – 618 с.
117. Игнатов Д.И., Каминская А. Ю., Кузнецов С.О., Магизов Р. А. Метод бикластеризации на основе объектных и признаковых замыканий // Интеллектуализация обработки информации: 8-я международная конференция. Сборник докладов. – М.: МАКС Пресс. – 2010. – С. 140-143.
118. Игнатъев М.Б. Управление вычислительными процессами, Том 1. – Изд.-во Ленингр. ун-та, 1973. – 296 с.
119. Квейд Э. Анализ сложных систем. – под ред. И.И. Андреева, И.М. Верещагина. – М.: Советское радио, 1969 – 520 с.
120. Кейслер Г., Чэн Ч.Ч. Теория моделей. – пер. с англ. С. С. Гончарова, С. Д. Денисова, В. А. Душского и Д. И. Свириденко. Под редакцией Ю. Л. Ершова и А. Д. Тайманова. М.: Мир, 1977. – 614 с.
121. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями; пер. с англ., под ред. Б. С. Цибакова. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
122. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. – Пер. с англ. И. М. Верещагина. – М: Сов. радио, 1974. – 278 с.
123. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.
124. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М. Наука, 1987. – 304 с.
125. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. – М.: ГИС-Ассоциация, 1997 – 160 с.
126. Концепция «Умный город»: основные положения, описание, устройство, примеры [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/399297/kontseptsiya-umnyiy-gorod-osnovnyie-polojeniyaopisanie-ustroystvo-primeryi> (дата обращения 03.09.2022).
127. Кузнецов С.Д. Базы данных. Модели и языки. – М.: Бином-Пресс, 2008. – 720 с.
128. Кузнецов С.О. Теория решёток для интеллектуального анализа данных. – Монография, 2005. – 94 с.
129. Кунцевич В.М. Дискретные системы управления, 1978. – 88 с.

130. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления. Игровой подход, 1985. – 248 с.
131. Курзаева Л.В. Введение в теорию систем и системный анализ. Магнитогорск: МаГУ, 2015. – 211 с.
132. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. – СПб, изд. РГГМУ, 2012. – 136 с.
133. Ладенко И.С. Интеллектуальные системы и информатика. М.: Знание. 2016. – 615 с.
134. Ланкастер Ф. Информационно-поисковые системы. – Издательство: М.: Мир., 1972. – 308 с.
135. Липаев В.В. Качество программных средств. Методические рекомендации. – Под общей ред. проф., д.т.н. Полякова А.А. – М.: Янус-К, 2002. – 400 с.
136. Литвинов В.В., Марьянович Т.П., Сергиенко И.В. Методы построения имитационных систем. – Киев: Наук. думка. 1991. – 120 с.
137. Ляпунов А.А. О соотношении понятий материя, энергия и информация // В кн.: Ляпунов А.А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. – Новосибирск: Наука. – 1980. – С. 320-323.
138. Мазепа Р.Б., Догаев А.В. Моделирование и оценка эффективности радиосистем управления. – 2018 – 180 с.
139. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 230 с.
140. Мальковский М.Г. Диалог с системой искусственного интеллекта. – Изд-во Московского университета, 1985. – 213 с.
141. Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Цвиркун А.Д. Проектирование подсистем и звеньев автоматизированных систем управления. – М.: Высшая школа, 1975 – 246 с.
142. Марка Дэвид А., МакГоуэн Клемент. Методология структурного анализа и проектирования SADT Structured Analysis & Design Technique. – М: Изд. «Мета технология», 2008 – 285 с.
143. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. – М.: Мир, 1980. – 662 с.
144. Мартин Дж. Системный анализ передачи данных. – М.: Мир, Т.1, Т.2., 1975. – 688 с.

145. Марчук Г.И. Математические модели в иммунологии. – М.: Наука, 1991. – 304 с.
146. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977. – 456 с.
147. Матов В.И. Топологическая классификация ростков функций максимума и минимакса семейств функций общего положения. // *Russian Math. Surveys*, 37:4, 1982. – С. 127–128.
148. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
149. Месарович М.Д., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – пер. с англ. Э. Л. Наппельбаума; под ред. В. С. Емельянова. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
150. Мидоу Ч. Анализ информационных систем. – М.: Прогресс. 1977. – 400 с.
151. Минакир П.А., Демьяненко А.Н. Общественное развитие: междисциплинарные взаимодействия пространственных проекций. // *Пространственная экономика*. – 2011. – №4 – С. 124-134.
152. Мишин С.П. Оптимальные иерархии управления в экономических системах. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 190 с.
153. Моисеев Н.Н. Имитационные модели // *Наука и человечество: Междунар. ежегодник: Доступно и точно о главном в мировой науке. За 1973 г.* – М.: Знание, 1972. – С. 259-270.
154. Моисеев Н.Н., Евтушенко Ю.П., Краснощеков П.С., Павловский Ю.Н. Имитационные системы // *Экономика и организация промышленного производства*. №6. 1973. – С. 39-46.
155. Нариньяни, А.С. Введение в недоопределенность. – Москва: Новые технологии: Информ. технологии, 2007. – 32 с.
156. Невзорова О.А., Невзоров В.Н. Модель онтологической системы с рефлексивным ядром. – *Открытое образование*. – 2013. – 3(98) – С. 57-62.
157. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир., 1975. – 502 с.
158. Никулина Е.В., Борисовская В.В. Стратегическое управление региональными социально-экономическими системами // *Актуальные проблемы экономики в условиях реформирования современного общества: Материалы III*

международной научно-практической конференции. – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2015. – С. 270-274.

159. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: Синтез, 2007. – 668 с.

160. Новиков Д.А. Классификации систем управления // Проблемы управления. – 2019. – №4. – С. 27-42.

161. Новиков Д.А. Механизмы управления - конструктор для управленцев. Управленческое консультирование. – 2011 – по. 3 – С. 5-16.

162. Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М.: ИПУ РАН, 1998. - 216 с.

163. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.

164. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 3-е изд. М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.

165. Новиков Д.А., Корепанов В.О., Чхартишвили А.Г. Reflexion in mathematical models of decision-making // International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems. – 2018. – V. 33 issue 3. – P. 319-335.

166. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.

167. Нусина А.Ю., Семенова О.А. Сравнительный анализ систем «Умный дом». М.: 2015. – 232 с.

168. Окольников В. В. Представление времени в имитационном моделировании // Вычислительные технологии. – Т. 10, № 5. 2005. – С. 57-80.

169. Окольников В.В. Использование имитационного моделирования при разработке Автоматизированной системы управления технологическими процессами Северомуйского тоннеля // Вычисл. технологии. – Т. 9, № 5. 2004. – С. 82-101.

170. Олейников В.А., Зотов Н.С., Пришвин А.М. Основы оптимального и экстремального управления. – М: Высшая школа, 1969. – 296 с.

171. Олсон М. Логика коллективных действий, общественные блага и теория групп – М.: Фонд экономической инициативы. – 1995. – 165 с.

172. Оре О. Графы и их применение: Пер. с англ. – М.: Наука, 1965. – 176 с.

173. Оре О. Теория графов. 2-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 336 с.

174. Правительство РФ. ГП РФ «Доступная среда на 2011-2015 годы» (распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2012 г. № 2181-р)
175. Правительство РФ. СП 31-102-99 «Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей».
176. Правительство РФ. СП 35-101-2001 «Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения».
177. Правительство РФ. СП 35-105-2002 «Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения».
178. Пронь С.П., Семенов С.П., Ташкин А.О., Токарева Е.В. Агентно-ориентированные имитационные модели для реальных городских процессов // Сборник трудов Всероссийской конференции по математике с международным участием "МАК-2019" / АлтГУ. – Барнаул: Изд-во АлтГУ. – 2019. – С. 169-173.
179. Радина О.И. Социальная инфраструктура как категория региональной экономики // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Общественные науки, № S9 – 2003. – С 67-72.
180. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. – М.: МОСССР. 1990. – 645 с.
181. Репин В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. 2015. – 544 с.
182. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: РИА «Стандарты и качество», 2014. – 408 с.
183. Риордан Дж. Вероятностные системы обслуживания. – М.: Связь, 1966. – 184 с.
184. Рубашкин В.Ш. Онтологическая семантика. Знания. Онтологии. Онтологически ориентированные методы информационного анализа текстов. – Физматлит: 2013. – 348 с.
185. Румизен М.К. Управление знаниями. – М.: АСТ. – 2004 – 318 с.
186. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Сов. радио. – 1965. – 520 с.

187. Самарина О.В., Семенов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О., Тякунов А.С. Анализ социальных сетей с использованием среды Wolfram Mathematica: учеб.-метод. пособие / [рец. С. Г. Пятков]; М- во образования и науки Рос. Федерации, Югор. гос. ун-т.– Ханты-Мансийск: Ред.-изд. отд. ЮГУ, 2016. – 60 с.
188. Самуэльсон П.А., Пордхаус В.Д. Экономика. – Пер. с англ. М.: Изд-во «БИНОМ», 1997. – 800 с.
189. Семенов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О. Анализ информационных ресурсов, направленных на удовлетворение информационных потребностей людей с ограниченными возможностями. Вестник НГУ Серия: Инф. технологии. ISSN 1818-7900. – 2016. – Том 14, Выпуск № 1. – С. 83-102.
190. Семенов С.П., Кононенко С.П., Ташкин А.О. Создание социально-ориентированных геоинформационных систем с применением возможностей фолксномического подхода. Материалы III международной научно-практической конференции Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития 13-14 ноября 2015 г, г. Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет. –2015 – С. 105-107.
191. Семенов С.П., Пронь С.М., Ташкин А.О. Многоподходная имитационная модель динамики миграции населения города // МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. – 2020. – С. 169-173.
192. Семенов С.П., Пронь С.М., Ташкин А.О. Моделирование системы управления доступностью объектов социальной инфраструктуры // МАК: Математики - Алтайскому краю. сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. – 2021. – С. 153-158.
193. Семенов С.П., Славский В.В., Куркина М.В., Ташкин А.О., Самарина О.В., Финогенов А.А. Компьютерные математические модели социально-экономических систем с использованием ГИС-технологий // Вестник Югорского государственного университета. – 2021. – Т. 17. №1. – С. 79-84. DOI: 10.17816/byusu20210179-84.
194. Семёнов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О. Агентно-ориентированная модель динамики города с использованием ГИС-технологий // Вестник Югорского государственного университета. – 2019. – Т. 15. №1. – С. 66-71. DOI: 10.17816/byusu20190166-71

195. Семенов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О. Анализ формальных понятий (АФП) в социально-ориентированных геоинформационных системах. Вестник ЮГУ – 2016. – Выпуск 2 (41). – С. 57–60.
196. Семенов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О. Разработка имитационной модели ГИС-системы для маломобильных групп населения. Вестник ЮГУ – 2017. – Выпуск 3 (46). – С. 78–85.
197. Семенов С.П., Славский В.В., Ташкин А.О., Тякунов А.С. Математическая модель объектов социальной инфраструктуры на основе теории анализа формальных понятий (АФП). Международный научный журнал «ИННОВАЦИИ В ЖИЗНЬ» Июнь. ISSN 2227-6300.– 2017. – № 2 (21) – С. 43-47.
198. Семенов С.П., Ташкин А.О. Оценка эффективности ГИС для маломобильных групп населения. Информационные технологии и системы. Седьмой Междунар. науч. конф. (ИТиС - 2019): науч. электрон, изд. Ханты-Мансийск. – 2019. – С. 121-125.
199. Семенов С.П., Ташкин А.О. Интерактивная геоинформационная система для маломобильных граждан. Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», Барнаул, 20-24 октября, 2015. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2015. – С. 1007-1010.
200. Семенов С.П., Ташкин А.О. Методика разработки геоинформационной системы для маломобильных граждан. Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1; [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/115-12206> (дата обращения 03.09.2022).
201. Семенов С.П., Ташкин А.О. Применение фолксномического подхода в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем. Вестник ЮГУ. – 2014 г. – Выпуск 2 (33). – С. 94–99.
202. Сиваев С.Б. Как эффективно управлять жилищным фондом: теория и практика. М.: Фонд «Институт экономики города», 2017. – 217 с.
203. Сидорова Е.А., Гаранина Н.О. Мультиагентный подход к извлечению информации из текстов и пополнению онтологии – Всероссийская конференция с международным участием "Знания-Онтологии-Теории" (ЗОНТ-2015), Новосибирск, 6-8 октября. – 2015. – С. 50-59.
204. Синяк В.С., Агаджанян С.И. Информационное обеспечение ОАСУ. – М.: Статистика, 1976. – 136 с.

205. Смелянский Р.Л. Проблемы разработки и анализа функционирования встроенных систем реального времени // Труды Первой Всероссийской научной конференции: Методы и средства обработки информации. – М.: МГУ, 2003. – С. 57-73.
206. Смелянский Р.Л., Молонов В. Г. Комплексный подход к моделированию распределенных вычислительных систем // Программирование. No 1. – 1988. – С. 57-63.
207. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 343 с.
208. Соченков И.В., Суворов Р.Е. Сервисы полнотекстового поиска в информационно-аналитической системе (Часть 1) – Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. – 69 с.
209. Ташкин А.О. Автоматизированная система предоставления услуг населению г. Ханты-Мансийска, – Материалы IV Международного IT-форума. г. Екатеринбург., Издательство Уральского университета. – 2011. – С.192 -193.
210. Ташкин А.О. Методика создания объединенной геопространственной базы данных для исследования анализа динамики экологических демографических и иных процессов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования» / Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий. – Ханты-Мансийск: ООО Издательство Юграфика. – 2013. – С. 39-41.
211. Ташкин А.О., Семенов С.П. Разработка геоинформационной системы для решения задач информационного обеспечения людей с ограниченными возможностями. Электронный сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития» – Ханты-Мансийск: Изд. Югорского гос. ун-та. – 2013. – С. 105 – 107.
212. Ташкин А.О., Семенов С.П., Славский В.В. Математическая модель социально-ориентированной геоинформационной системы для маломобильных групп населения. // Международная конференция «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе», посвящённой дню рождения великого русского математика академика П.Л. Чебышёва: Тезисы / (Сургут, 16- 20 май 2016 г): Тезисы докладов. Сургут: НЦ СурГУ. – 2016.– 256 с.

213. Ташкин А.О., Семенов С.П., Славский В.В. Социально-ориентированные геоинформационные системы, модели и методы реализации. Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции / АУ «Югорский НИИ информационных технологий». – Ханты-Мансийск, 2017. – С. 62-68.
214. Ташкин А.О., Тякунов А.С. Использование социометрического метода для анализа малой группы в социальной сети. Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки», апрель. –2018. – № 4 – С. 87-91.
215. Тиори Т., Фрай Дж. Проектирование структур баз данных: В 2-х кн. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 287 с.
216. Тихомиров И.А., Смирнов И. В. Применение методов лингвистической семантики и машинного обучения. – Международная конференция «Диалог». – 2009. – С. 483-487.
217. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: Синтег, 1998. - 376 с.
218. Трефилов А. Использование системы ELMA в сфере управления недвижимостью. 2012. [Электронный ресурс] – URL: https://www.elma-brm.ru/journal/index.php?ELEMENT_ID=2836 (дата обращения 03.09.2022).
219. Трояновский В.М. Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов. М.: Гелиос АРВ, 2017. – 304 с.
220. Трояновский Ю.А. Математическое моделирование в экономике. – М.: Юнити, 2000. – 273 с.
221. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981.-258 с.
222. Тякунов А.С., Славский В.В., Ташкин А.О. Анализ графов социальных взаимодействий в реальной и виртуальной среде. МАК: «Математики – Алтайскому краю»: сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2017. – С. 208-211.
223. Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Управление техническими системами технологическими процессами // Управление большими системами: сборник трудов. – 2010. – № 31. – С. 323-352.

224. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. М.: Физматгиз, 1963. – 552 с.
225. Флейшман Б.С. Основы системологии.– М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
226. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. Библиотека технической кибернетики. – М.: Советское радио, 1971 – 224 с.
227. Фокина Е.Н., Гаврилова Н.Г. Интеллектуальные системы управления зданием. Интеллектуальное здание. Сборник трудов XVIII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых -М.: МГСУ, 2015. – 109 с.
228. Фомин Б.Ф., Яковлев В.Б. Моделирование производственных систем. – К: Вища шк., 1992. – 191 с.
229. Хазова Е.О. Оптимизация бизнес-процессов в управляющей компании ЖКХ. Молодой ученый. –2018. – №18. – С. 383-387.
230. Хант Э. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1978. – 558 с.
231. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. А. Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
232. Цвиркун, А.Д., Акинфиев В.К. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. – М.: Наука, 1993. – 157 с.
233. Цегелик Г.Г. Системы распределенных баз данных. – Львов: Свит, 1990. – 166 с.
234. Черкасов Ю.М. Информационные технологии управления. - М.: ИНФРА-М, 2001. – 216 с.
235. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: Искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 417 с.
236. Яблонский А.И. Математические модели в исследовании науки. – М., 1986. – 270 с.
237. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику.– М.: Н.,1979. – 272 с.
238. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. Изд. 5-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2007. – 512 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Региональное общественное движение инвалидов - колясочников Ханты - Мансийского автономного округа - Югры «ПРЕОБРАЗОВАНИЕ»

Тюменская область, 628007
Ханты - Мансийский автономный округ – Югра
г Ханты – Мансийск, ул. Дунина-Горкавича 15
рабочий 8 (346 7) 32-76-38
факс 8 (346 7) 35-68-26
мобильный: 890281 45609
E mail: preobrazovanie@yandex.ru
www.preo86.ru

ИНН/ КПП 8601033421/860101001
Р/С 40703810100000000331
К/С 30101810465777100812
БИК 047162812
Ф-л «Западно-Сибирский» ПАО
«Ханты-Мансийский банк
«ФК Открытие»
г. Ханты-Мансийск

АКТ

внедрения программно-вычислительного комплекса информационной поддержки маломобильных групп населения и государственных органов относительно уровня доступности объектов социальной инфраструктуры

Ташкиным А.О. и Семеновым С.П. разработан и реализован комплекс программ «Геоинформационная система для маломобильных групп населения geowheel.ru», являющийся социально-ориентированным программно-вычислительным комплексом, направленный на удовлетворение информационных потребностей маломобильных групп населения (МГН), в том числе лиц с ограниченными возможностями.

ГИС для МГН geowheel.ru создана в рамках реализации государственной программы «Доступная среда» (Постановление Правительства РФ от 17.03.2011 N 175, ред. от 11.09.2012 «О государственной программе Российской Федерации «Доступная среда» на 2011-2015 годы») при поддержке регионального общественного движения инвалидов-колясочников Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Преобразование», а также администрации Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и города Ханты-Мансийска на базе лаборатории кафедры компьютерного моделирования и информационных технологий Югорского государственного университета.

Одна из основных проблем в перемещении МГН заключается в недоступности информации об объектах социальной инфраструктуры (ОСИ). ГИС для МГН geowheel.ru, направлена на удовлетворение информационных потребностей маломобильных групп населения об уровне доступности объектов социальной инфраструктуры. Особенностью ГИС для МГН является наличие социальной составляющей, что реализует возможность обмена накопленным опытом в перемещении в городской среде.

ГИС для МГН использована в качестве научно-практической базы для теоретического обоснования методики формализации и структуризации информационного пространства социально-ориентированной ГИС в рамках теории анализа формальных понятий. Для обоснования методики используются данные, сгенерированные в результате сотрудничества группы людей при работе с ГИС для МГН.

ГИС для МГН geowheel.ru внедрена в работу регионального общественного движения инвалидов-колясочников Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Преобразование», используется людьми с ограниченными возможностями в качестве системы информационной поддержки относительно объектов социальной инфраструктуры, а также государственными органами в принятии решений о формировании безбарьерной среды.

Председатель регионального
общественного движения инвалидов-
колясочников Ханты-Мансийского
автономного округа – Югры
«Преобразование»



Кононенко С.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



**МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ»**

**(ФАУ «ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА РОССИИ»)
Ханты-Мансийский филиал**

Бориса Щербины ул., дом 1, г. Ханты-Мансийск, 628001
Тел: (3467) 33-98-60, 33-98-50, Факс: (3467) 33-98-60
E-mail: info@hms.gge.ru; www.gge.ru

07.03.2017 № 1-0/63

АКТ

внедрения геоинформационной системы поддержки принятия решений в
области доступности объектов социальной инфраструктуры для
маломобильных групп населения

Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России» во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2015 г. N 1297 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» на 2011 - 2020 годы» (редакция от 24 января 2017) с 01.03.2017 внедрило программное обеспечение «ГИСППР для МГН geowheel.ru» в рамках контроля соблюдения технических норм и правил строительства зданий и сооружений на предмет доступности маломобильными группами населения.

Разработанный Ташкиным А.О. и Семеновым С.П. программный продукт позволил повысить эффективность и скорость принятия экспертных решений относительно объектов социальной инфраструктуры в части доступности для лиц, ограниченных в перемещении, а также упразднить и автоматизировать процессы, связанные с поиском и систематизацией данных о технических и социальных характеристиках выбранных объектов социальной инфраструктуры.

Программный продукт зарекомендовал себя как удобный инструмент управления данными об объектах социальной инфраструктуры и экспертная система в части информации о доступности географических зон маломобильными группами населения.

Начальник филиала

Исп. Якуба А.В.
8 (3467) 33-98-60



Пышной А.Н.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014616827

Геоинформационная система для людей с ограниченными возможностями «GeoWheel»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Югорский государственный университет» (RU)*

Авторы: *Ташкин Артём Олегович (RU), Семенов Сергей Петрович (RU)*

Заявка № 2014612221

Дата поступления 18 марта 2014 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 04 июля 2014 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

