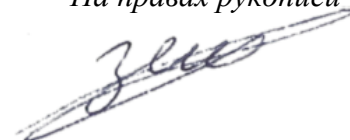


На правах рукописи



Зеленский Илья Сергеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ**

2.3.1. Системный анализ, управление
и обработка информации, статистика
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2026

Работа выполнена на кафедре «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» Института архитектуры и строительства ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Научный руководитель

Садовникова Наталья Петровна,
доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Иващенко Антон Владимирович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», Передовая медицинская инженерная школа, директор.

Ямашкин Станислав Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления, доцент.

Ведущая организация

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Защита состоится «12» ноября 2026 г. в 15:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.282.08, созданного на базе Волгоградского государственного технического университета, по адресу: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28, ауд. 209.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского государственного технического университета и на официальном сайте <https://www.vstu.ru/nauka/dissertatsionnye-sovety/obyavleniya-o-zashchitakh/>.

Автореферат разослан «17» сентября 2026 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Рашевский Николай Михайлович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Создание качественной и комфортной городской среды (далее – ГС), являющейся сложной пространственно распределенной системой (далее – СПРС), зафиксировано в РФ законодательством и национальными проектами, а в мире – целями устойчивого развития ООН. Решение этой задачи требует постоянного мониторинга факторов, влияющих на состояние ГС, и совершенствования способов получения информации о них. Использование неактуальных или неполных данных приводит к принятию потенциально неэффективных управленческих решений, что может негативно влиять на ГС. Таким образом, возникает потребность в регулярном мониторинге состояния ГС, а повышение эффективности мониторинга является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. Мониторингу отдельно взятых элементов ГС без их связи с остальными посвящены работы Yao B., Ma A., Feng R., Shen X., Zhang M., Yao Ya., Bautista F., Bautista-Hernández D., Pacheco A., Goguitchaichvili A., Morales Ju., Gallegos-Tavera A., Nojeng S., Jaya A., Murniati R., Финогеева А.Г., Финогеева А.А., Ляпина А.М., Парыгина Д.С., Голубева А.В., Данилиной Н.В. и др.

Мониторинг ГС как единой системы рассматривают Osman M.A., Tahoona K.Q., Shehata M., Lamee M.A. Авторы используют закрытую информацию за прошедшие периоды, что снижает актуальность результатов. Мониторингу социально-экономического развития региона на основе открытых данных посвящены работы Иващенко А.В.

Munywoki M.N., Singh K., Onwuzuligbo Ch., Ejikeme J., Kenechukwu A. и др. рассматривают применение ГИС для мониторинга ГС. ГИС являются источником актуальных пространственных данных, но не имеют данных о детальном состоянии объектов ГС. Обработке пространственных данных для мониторинга и поддержки принятия решений по управлению регионами в целом посвящены труды Ямашкина С.А., Ямашкина А.А. и Бершадского А.М.

Анализу состояния городов через призму рыночных цен посвящены работы Buda E., Broitman D., Czamanski D., Гришина Д. Количественной оценке состояния ГС посвящена работа Трояновского В.С., сфокусированная на оценке обеспеченности социальной инфраструктурой (далее – СИ) на основе показателей, закрепленных в нормативных документах РФ.

Решением задачи комплексного многокритериального мониторинга состояния ГС является, например, внедренный до 2026 года на государственном уровне в РФ Индекс качества городской среды. С 2026 года в РФ применяется мониторинг на основе показателя «Улучшение качества среды для жизни в опорных населенных пунктах» федерального проекта «Развитие инфраструктуры в населенных пунктах». Минусы таких решений вызваны участием человека в сборе данных и расчете оценок, а также отсутствием регламента актуальности данных, что снижает достоверность результатов мониторинга. Также проблемой является покрытие мониторингом не всех значимых элементов ГС и недостаточная информативность результатов.

Проведенный анализ приводит к выводу о несовершенстве применяемых методов мониторинга, что обуславливает необходимость дальнейших исследований.

Объектом исследования является система мониторинга состояния ГС.

Предметом исследования являются методы сбора и анализа данных для мониторинга состояния ГС.

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности процессов мониторинга состояния ГС за счет использования интеллектуальных технологий и пространственного анализа данных. Эффективность определяется информативностью и полнотой получаемой информации.

Для достижения цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих работ в области мониторинга сложных систем, в частности ГС и её подсистем.
2. Разработать метод автоматизированного извлечения и трансформации данных о состоянии ГС из гетерогенных источников.

3. Разработать метод очистки и обогащения геопространственных и атрибутивных данных о состоянии ГС.

4. Разработать алгоритмы оценки состояния СПРС, адаптированные к задачам принятия решений по преобразованию ГС.

5. Разработать систему оценки состояния СПРС (ГС) и обосновать эффективность предложенных решений.

Научная новизна заключается в разработке нового подхода к получению информации о состоянии ГС, который включает в себя:

- Новый метод автоматизированного извлечения и трансформации данных о состоянии СПРС (ГС) из гетерогенных источников, отличающийся сочетанием технологий обработки графических данных, естественных языков и геопространственного анализа (п. 12 паспорта специальности 2.3.1).

- Метод очистки и обогащения геопространственных и атрибутивных данных, отличающийся сочетанием методов статистики, обработки графических данных, естественных языков и машинного обучения для прогнозирования достоверности данных и решения задачи связывания данных (п. 4 паспорта специальности 2.3.1).

- Новые алгоритмы оценки состояния СПРС, отличающиеся адаптацией к задачам принятия решений по преобразованию ГС (п. 5 паспорта специальности 2.3.1).

Теоретическая значимость заключается в развитии методов сбора и обработки гетерогенных данных о состоянии СПРС (ГС).

Практическая значимость:

1. Разработанные алгоритмы оценки состояния СПРС (ГС) по ранее неучтенным показателям на основе данных из гетерогенных открытых источников позволяют улучшить полноту и информативность результатов мониторинга, а также могут быть использованы для управления развитием городов России с соблюдением целей устойчивого и комплексного развития городских территорий.

2. Разработанные методы автоматизированного извлечения, трансформации, очистки и обогащения данных о состоянии ГС из гетерогенных источников позволяют получать актуальные данные для использования при анализе состояния городских территорий.

3. Внедрение разработанных методов и алгоритмов позволяет повысить эффективность и обоснованность принимаемых решений в сфере преобразования городских территорий и сократить затраты времени на анализ состояния ГС, что подтверждается актом внедрения.

4. Результаты, полученные в диссертационном исследовании, целесообразно использовать в учебном процессе по направлению обучения «Информатика и вычислительная техника» в дисциплинах «Методы оптимизации», «Теория принятия решений» и «Математическое моделирование».

Результаты работы использованы при реализации 2 грантов: РФФИ № 18-37-20066-мол_a_вед, РНФ и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024.

Имеется акт внедрения и 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Методология и методы исследования. Были использованы методы системного анализа, моделирования; методы искусственного интеллекта (в том числе обработки естественных языков); методы статистики и обработки геопространственных данных, а также методы планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод автоматизированного извлечения и трансформации данных о состоянии СПРС (ГС) из гетерогенных источников, обеспечивающий получение актуальных данных для анализа при мониторинге.

2. Метод очистки и обогащения геопространственных и атрибутивных данных, позволяющий повысить качество результатов мониторинга.

3. Алгоритмы оценки состояния СПРС (ГС), позволяющие повысить полноту и информативность результатов мониторинга.

4. Разработанная система оценки состояния СПРС (ГС) по ранее неучтенным показателям.

Степень достоверности и апробация результатов.

Основные положения и материалы диссертационной работы представлялись и обсуждались на международных и всероссийских научных и практических мероприятиях: XIV Всероссийское совещание по проблемам управления (Москва, 2024); Международная Казанская научная мультikonференция ММТТ-37 (Казань, 2024); 5th International Conference on Creativity in Intelligent Technologies and Data Science (CIT&DS 2023) (Волгоград, 2023); XXV Международная объединенная научная конференция «Интернет и современное общество» (IMS-2022) (Санкт-Петербург, 2022); International Conference on Information Technology in Business and Industry (ITBI 2020) (Новосибирск, 2020); XIII Всероссийская научно-практическая студенческая конференция «России – творческую молодёжь» (Камышин, 2020); Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета (Волгоград, 2020, 2021); Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia : 6th International Conference EGOSE 2019 (Санкт-Петербург, 2019); XIV Всероссийская заочная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в обучении и производстве» (Камышин, 2019); VI международной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» (Томск, 2019); Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета (Волгоград, 2018, 2019); 7th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART-2018, IEEE Conference ID: 44078) 2018 (Морабад, 2018); XXII Региональная конференция молодых учёных Волгоградской области 2017 (Волгоград, 2017).

Реализация результатов работы состоялась при исполнении следующих НИР:

- «Разработка фундаментальных основ для информационно-аналитической поддержки задач комплексного развития городских территорий с использованием методов онтологического инжиниринга», 2022–2024 гг., грант Российского научного фонда (РНФ) и Администрации Волгоградской области 22-11-20024.

- «Разработка научно-методического подхода к поддержке процесса управления развитием урбанизированной территории на основе интеллектуальной обработки геопространственных данных», 2018–2020 гг., грант РФФИ 18-37-20066-мол_а_вед.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 28 печатных работах, из них 10 статей – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК, 5 публикаций – в изданиях, включенных в международные базы данных Scopus и Web of Science.

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, разработке теоретических и прикладных методов их решения, составляющих научную новизну, в обработке, анализе, обобщении полученных результатов и формулировке выводов. Исследования выполнены самим автором или под его непосредственным руководством. В публикациях с соавторами авторский вклад распределяется пропорционально. Программная реализация методов и алгоритмов выполнена лично автором.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Список литературы включает 144 наименования. Общий объем 169 страниц с 47 рисунками и 21 таблицей.

Благодарности. Автор выражает благодарность заведующему кафедрой «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ВолгГТУ к.т.н. Д.С. Парыгину за помощь при написании и оформлении диссертации, а также участие в обсуждении полученных результатов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, выбраны методы исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена структура инструментов мониторинга сложных систем, составлена общая схема системы мониторинга (далее – СМ), представленная на Рисунке 1. Рассмотрены методы оценки эффективности СМ.

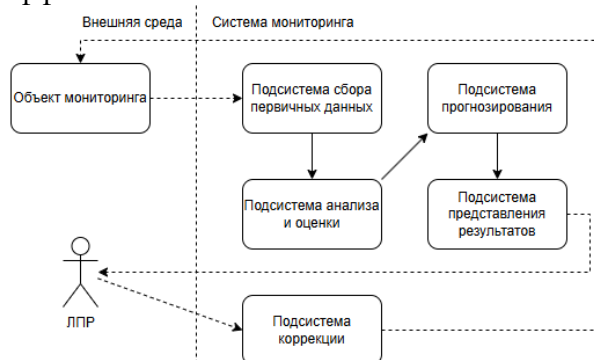


Рисунок 1. Общая концептуальная схема системы мониторинга

Проведен анализ исследований в области мониторинга состояния ГС как сложной системы, её подсистем, а также используемых в этих исследованиях источников данных и методов их анализа. Выделен мониторинг состояния городской среды на основе показателей федерального проекта как наиболее актуальный для РФ комплексный метод мониторинга. Определены ключевые недостатки существующих методов и СМ состояния ГС, в том числе:

- полнота результатов: покрытие СМ не всех значимых элементов объекта мониторинга (далее – ОМ) и их свойств;
- информативность результатов: невозможность локализации конкретных элементов ОМ в нештатном состоянии.

Элементы ГС, в настоящий момент недостаточно покрытые существующими СМ, включают: жилые объекты, коммерческие объекты и объекты СИ.

Предложена концепция системы оценки состояния ГС по дополнительным неучтенным ранее показателям (см. Рисунок 2), а также модификация СМ на основе показателей федерального проекта для оценки по расширенному перечню показателей (см. Рисунок 3).

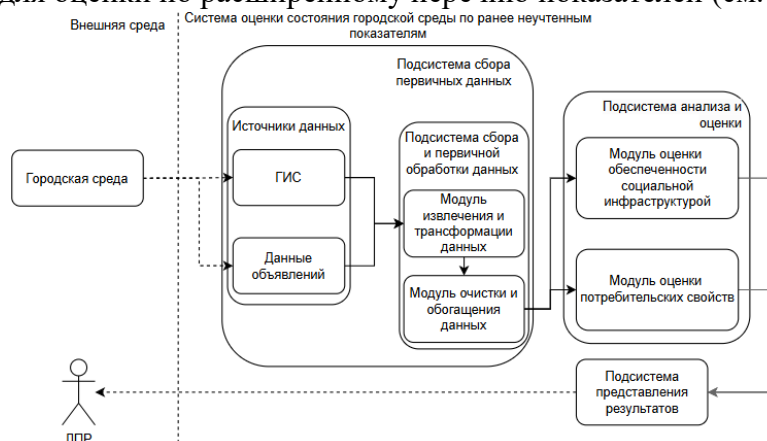


Рисунок 2 – Концепция системы оценки состояния ГС по дополнительным показателям
Поставлена задача повышения эффективности мониторинга, включающая:

1. Повышение определенности состояния ОМ (ГС) за счет покрытия мониторингом дополнительных значимых показателей состояния, т.е. повышение полноты результатов мониторинга, что выражается показателем покрытия значимых элементов ОМ:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^c w_{p_i} n_{p_i}}{\sum_{j=1}^d w_{p_j} n_{p_j}} \rightarrow 1, \quad (1)$$

где p_i – свойства ОМ, охваченные СМ; p_j – все свойства элементов ОМ; w_{p_i} – вклад свойства p_i в функционирование ОМ; n_{p_i} – число элементов ОМ, обладающих свойством p_i .

2. Повышение информативности результатов в части локализации объектов ГС в нештатном состоянии, что выражается коэффициентом локализации таких объектов:

$$K_{loc} = \frac{S_a}{S_l} \rightarrow 1, \quad (2)$$

где K_{loc} – коэффициент локализации, $K_{loc} \in [0, 1]$; S_l – площадь области поиска объекта в штатном состоянии; S_a – площадь самого объекта в штатном состоянии (площадь его земельного участка).

Расчет интегрального критерия эффективности мониторинга решено производить на основе функции желательности Харрингтона:

$$d = e^{(-e)^{-z_i}} \rightarrow 1, \quad (3)$$

где d – показатель желательности в цифровом выражении $d \in [0, 1]$; z_i – кодированное значение i -го частного критерия.

Интегральный критерий эффективности принимает вид:

$$Des = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (4)$$

где $n=3$ – мощность множества частных критериев; d_i – желательность для i -го критерия.

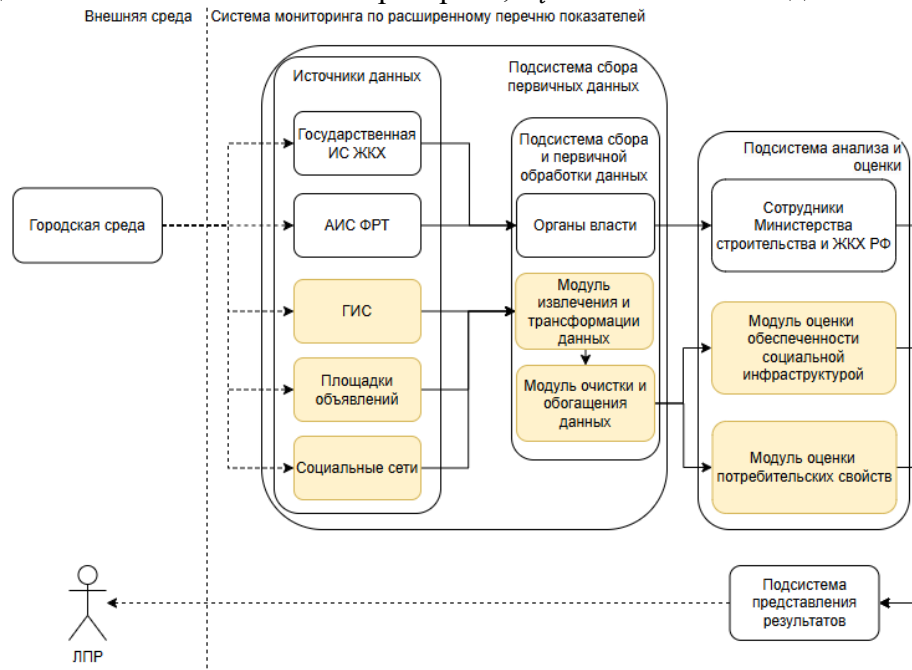


Рисунок 3 – Модификация СМ на основе показателей федерального проекта

Во **второй** главе предложен метод извлечения и трансформации данных о состоянии ГС из гетерогенных источников, в роли которых выступают пользовательские объявления об операциях с объектами ГС как недвижимым имуществом и ГИС. Перечисленные источники выбраны из соображений наибольшей актуальности и детальности предоставляемых ими сведений о состоянии и взаимном расположении объектов ГС. Разработанный метод реализует одноименные этапы процесса ETL (Рисунок 4).

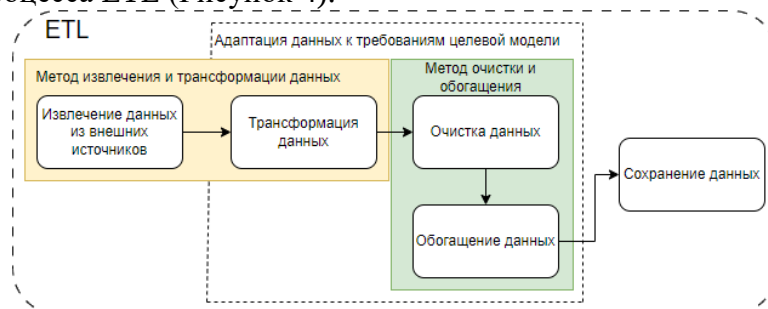


Рисунок 4 – Разработанные методы на схеме процесса ETL

С помощью методов геопространственного анализа из ГИС собираются данные об объектах СИ (учреждениях образования и здравоохранения) и объектах оказания услуг (аптеках, магазинах, местах общественного питания и пр.), их расположении, географических

координатах, атрибутах и метаданных, а также о жилых домах как точках концентрации потенциальных потребителей услуг.

Для извлечения фактов (значений характеристик объектов) из текстов объявлений на естественном языке использован синтаксический анализатор на основе формальных грамматик и заранее определенных словарей ключевых слов. Для каждой характеристики составлена грамматика, описывающая правила построения цепочек слов, которыми эта характеристика может быть представлена в тексте. Извлеченные факты подвергаются нормализации: приведению к общим единицам измерения и лемматизации. Объявления также содержат фотографии объектов. Для поиска среди них дубликатов с учетом возможных искажений осуществляется их трансформация с помощью ансамбля методов перцептивного хэширования: алгоритма на базе дискретного косинусного преобразования для исходного и зеркального изображений и алгоритма на основе преобразования Радона. Хэши рассчитываются для каждого нового изображения и хранятся вместе с ним. Результатом работы метода является построение структурированных записей данных в соответствии с заранее заданной целевой моделью представления.

Разработанный с учетом особенностей ГИС и объявлений как источников данных метод представлен на Рисунке 5.

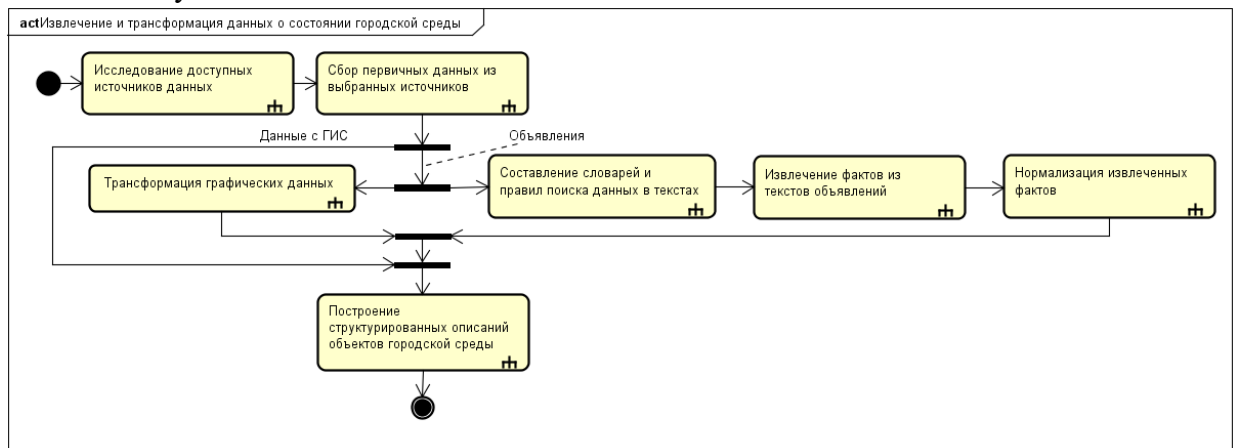


Рисунок 5 – Метод извлечения и трансформации данных

Разработанный метод обладает универсальностью с точки зрения применимости к различным городам земного шара, хотя для переноса между ними может потребоваться адаптация грамматик и/или словарей. Также предлагаемый метод является масштабируемым за счет возможности расширения перечня искомых характеристик, увеличения объёмов словарей, комплексности грамматик и т.д.

В **третьей главе** предложен метод очистки и обогащения данных, реализующий одноименные этапы процесса ETL (см. Рисунок 4).

Разработанный метод предназначен для:

- удаления неполных данных (записей без привязки к городу или адресу);
- связывания данных (устранения дублирований в данных);
- прогнозирования потенциальной достоверности данных.

Разработанный метод представлен на Рисунке 6.

Обнаружение дублирования подразумевает сравнение записей данных по формальным признакам, говорящим, что описывается один и тот же объект ГС. Поиск ведется в пределах каждого города отдельно. Критерии обнаружения дублирования представлены в Таблице 1.

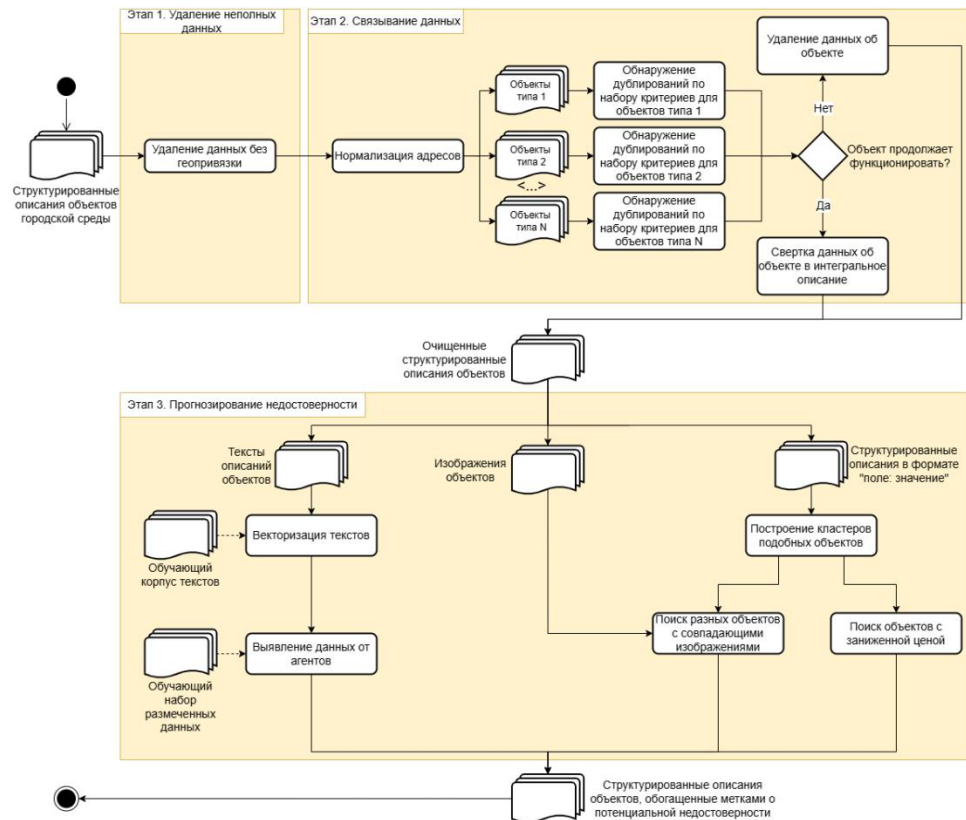


Рисунок 6 – Метод очистки и обогащения данных

Таблица 1 – Критерии обнаружения дублирования данных

Критерий/Тип объекта	Квартиры	Частные дома	Нежилые объекты
Совпадение адреса (в форме дескриптора)	+	+	+
Совпадение типа объекта	+	+	+
Совпадение названия (в нормальной форме)	-	-	+
Совпадение общей площади	+	-	-
Совпадение числа комнат	+	-	-
Совпадение этажа	+	-	-
Совпадение фотографий	+	-	-

Сравнение адресов основано на нормальной форме дескриптора ключевых элементов:

$$Addr = \langle SD, SN, HN, HL, HC, HB, O \rangle, \quad (5)$$

где SD – обозначение улицы («улица», «проспект» и пр. в полной грамматической форме); SN – ключевые слова названия улицы в нормальной форме; HN – номер дома; HL – литера дома; HC – корпус дома; HB – строение; O- владение (для участков земли).

Адреса считаются одинаковыми при совпадении дескрипторов.

Устранение дублирования производится путем свертки либо удаления данных (если свертка нецелесообразна). Свёртка представляет собой обогащение наиболее актуальной по метаданным источника записи данных: пропуски в ней заполняются наиболее актуальными значениями из прочих записей. Удаление применяется, если наиболее актуальные данные об объекте говорят о прекращении его существования.

Потенциально недостоверными признаются данные из:

- агентских объявлений (от риелторов и риелторских агентств);
- объявлений с заниженными ценами по сравнению с аналогичными объектами;
- множественных объявлений от одного автора;
- объявлений с одинаковыми фото, описывающих разные объекты.

По отдельно взятой записи данных нельзя однозначно определить её принадлежность к недостоверным, лишь о вероятности, выраженной функцией принадлежности. Т.е. удалять выявленные потенциально недостоверные данные нецелесообразно. Альтернатива удалению –

обогащение записи меткой о потенциальной недостоверности, т.е. прогнозирование недостоверности, с последующим учетом метки на этапе оценки состояния ОМ.

Для выявления данных из агентских объявлений в рамках метода функция принадлежности была аппроксимирована до двоичной, что позволило использовать модели двоичной классификации. Входным вектором для обучения стал средний вектор значимых слов объявления, полученный в результате применения методов векторного представления с предварительной нормализацией слов.

Подобные объекты ГС в один период времени имеют сопоставимые цены, т.е. занижение цены объекта относительно подобных говорит о потенциальной недостоверности (сомнительности) данных. Четкие метрики подобия отсутствуют, что приводит к задаче кластеризации для определения групп подобных объектов с заранее неизвестным числом кластеров. Использован метод Уорда для иерархической кластеризации с предварительной стандартизацией данных и последующим поиском заниженных цен в пределах кластеров методом межквартильного размаха.

Сравнение изображений в рамках метода реализовано на основе расстояния Хэмминга между перцептивными хэшами. Сравнение ведется с заданным экспериментально определенным пороговым значением расстояния для понижения чувствительности к незначительным искажениям.

Конечной целью описанных решений является получение наиболее полных, достоверных и актуальных данных об объектах ГС для дальнейшего анализа.

В четвертой главе описаны алгоритмы оценки состояния СПРС, адаптированные для оценки состояния ГС по предложенным ранее неучтенным показателям: потребительским свойствам (далее – ПС) жилых и коммерческих объектов ГС и обеспеченности СИ (образованием и здравоохранением).

Формальная постановка задачи оценки E состояния СПРС (ГС) имеет следующий вид:

$$E = \langle L, C, I, F(L), F(C), F(I) \rangle, \quad (6)$$

где L – множество жилых объектов ГС; C – множество коммерческих объектов ГС; I – множество объектов СИ; $F(L)$ – функция оценки ПС жилых объектов; $F(C)$ – функция оценки ПС коммерческих объектов; $F(I)$ – функция оценки обеспеченности СИ.

Оценка целесообразна без интегральной свёртки, т.к. частные оценки позволят выявлять отдельные элементы ОМ, требующие корректирующего воздействия. Алгоритмы $F(L)$ и $F(C)$ имеют одинаковый вид, т.к. оценивают одни и те же характеристики объектов ГС – их ПС.

Задача оценки ПС жилых и коммерческих объектов ГС представлена как:

$$D = \langle F, A, X, G, P \rangle, \quad (7)$$

где F – формулировка задачи, состоящая в ранжировании вариантов выбора (объектов ГС) по оценкам их ПС; A – множество жилых и коммерческих объектов ГС (вариантов выбора); X – совокупность атрибутов, описывающих характеристики вариантов; G – совокупность условий, ограничивающих область допустимых решений (в контексте задачи – пустое множество); P – предпочтения, определяющие принцип оценки и сравнения вариантов выбора, а также значимость каждого элемента множества X при ранжировании и функциональную модель для оценки и свёртки частных критериев ПС, т.е. целевую функцию.

Таким образом, имеем постановку задачи многокритериальной оценки предпочтительности жилых и коммерческих объектов ГС.

Обозначим целевую функцию как $F(X_f)$, где:

$$F(X_f) \in P, \quad (8)$$

$$X_f = \{f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)\}, \quad (9)$$

где X_f – вектор оценок объекта по каждому атрибуту (частному критерию); $f_i(x_i)$ – функция оценки для i -го атрибута, где $i = \{1, 2, \dots, N\}$; x_i – значение i -го атрибута, где $i = \{1, 2, \dots, N\}$; N – мощность множества атрибутов X .

Как следует из (9), каждому атрибуту из множества X соответствует функция оценки $f_i(x_i)$, преобразующая его значение к числовой оценке ПС по данному отдельно взятому

атрибуту (частному критерию). Значения каждого атрибута x_i измеряются по некоторой шкале. Различные шкалы имеют разный принцип и разные единицы измерения, что приводит к необходимости нормирования оценок для вычисления целевой функции. Для количественных атрибутов было использовано нормирование на верхний предел шкалы, определяющий достаточный в контексте задачи и предпочтений уровень $s_{max}(x_i)$. Таким образом, функция $f_i(x_i)$ имеет вид:

$$f_i(x_i) = \min\left(\frac{s(x_i)}{s_{max}(x_i)} * 10; 10\right), \quad (10)$$

где $s(x_i)$ – измерение атрибута по соответствующей шкале x_i ; $s_{max}(x_i)$ – достаточный уровень атрибута x_i .

Для номинальных атрибутов оценки от 0 до 10 распределяются по шкале вручную либо путем пропорционального деления шкалы между упорядоченными по предпочтительности значениями атрибута.

Были сформулированы требования к алгоритму вычисления интегральных оценок ПС: возможность интерпретации и прослеживаемость результатов; возможность явно определять, корректировать и четко интерпретировать без дополнительных затрат ресурсов значимость частных критериев в составе интегральной оценки; возможность точечной корректировки расчета без дополнительных затрат ресурсов, например, при изменении значимости отдельных частных критериев по сравнению с другими; масштабируемость: возможность расширения перечня критериев без ущерба быстродействию и увеличения ресурсозатратности; возможность использования статистически известных зависимостей между значениями отдельных частных критериев и интегральной оценкой ПС объекта; неизменность ранее полученных результатов оценки с течением времени (при неизменности явно заданных параметров расчета).

Целесообразно было вспомнить о другом интегральном показателе ПС жилых и коммерческих объектов ГС: их рыночной цене как недвижимого имущества. Среди методов рыночной оценки выделяется сравнительный подход, за время существования которого были собраны и опубликованы в виде справочников статистические данные, отражающие разницу цен подобных объектов с отдельными отличающимися характеристиками, в виде корректирующих коэффициентов следующего вида:

$$c = P_{A1}/P_{A2}, \quad (11)$$

где c – корректирующий коэффициент; P_{A1} – цена объекта $A1$; P_{A2} – цена объекта $A2$, полностью аналогичного объекту $A1$ по всем атрибутам, кроме одного атрибута x_i , причем соблюдается условие $x_{iA1} > x_{iA2}$.

Поскольку предложенная целевая функция и рыночная цена являются мерой одной и той же характеристики объекта, совокупной оценки ПС, была выдвинута гипотеза, что два этих показателя должны коррелировать. Отталкиваясь от требований выше, руководствуясь выдвинутой гипотезой и имеющимся множеством корректировок C , а также для учета разной значимости каждого из частных критериев, была составлена следующая целевая функция:

$$FNCW(X_f) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i f_i(x_i)}{\sum_{i=1}^N w_i f_{imax}(x_i)} * \prod_{j=1}^M c_j * 100\%, \quad (12)$$

где $f_i(x_i)$ – оценка объекта по частному критерию (атрибуту) x_i ; $f_{imax}(x_i)$ – максимально возможная оценка при заданных предпочтениях P ; w_i – вес частного критерия x_i ; M – мощность множества корректировок C ; c_j – корректирующий коэффициент для j -й корректировки.

Применение корректировок позволило использовать проверенные на практике методы и статистические данные и внести вклад в достоверность результатов без вреда для интерпретируемости, а также учесть особенности развития конкретных городских территорий с помощью присвоения им соответствующих корректирующих коэффициентов.

Формула (12) представляет собой гедонистическую модель оценки состояния объекта ГС по ПС. Интегральная оценка FI состояния ГС по ПС входящих в неё жилых объектов вычисляется как:

$$FI = \frac{\sum_{i=1}^N (r_i * FNCW(a_i))}{\sum_{i=1}^N r_i}, \quad (13)$$

где r_i – коэффициент достоверности данных об объекте $a_i \in A$, равный 0,5 в случае, если данные отмечены как потенциально недостоверные, и 1 в других случаях; $FNCW(A_i)$ – интегральная оценка ПС объекта $a_i \in A$; N – мощность множества объектов A .

По формуле (13) также вычисляется оценка показателя ПС коммерческих объектов. Алгоритм оценки ПС жилого или коммерческого объекта ГС представлен на Рисунке 7.

Также в главе предложен метод оценки обеспеченности объектами СИ (образования и здравоохранения) на основе оценки вместимости и загруженности существующих объектов согласно действующим нормативным документам. На основе нормативных величин и численности населения, проживающего в пределах оцениваемой ГС и в зоне обслуживания, необходимая нормативная вместимость C каждого объекта СИ рассчитывается по формуле:

$$C = \text{ceil}(\frac{P_R}{1000} * N_c), \quad (14)$$

где P_R – численность населения в зоне обслуживания R объекта; N_c – норматив вместимости на тысячу человек населения; $\text{ceil}(x)$ – оператор округления в большую сторону.

Максимальная вместимость C_{max} объекта СИ рассчитывается как:

$$C_{max} = \frac{S_a}{N_s}, \quad (15)$$

где S_a – площадь земельного участка объекта (по данным ГИС); N_s – нормативная величина площади участка на единицу вместимости.

При отсутствии детальных данных о численности населения P_R на основе данных об общей площади жилья в зоне обслуживания объекта СИ, а также нормативных величин площади на человека для каждого уровня комфорта жилья, нормативная численность населения в зоне обслуживания PRN рассчитывается как:

$$PRN = \sum_{i=1}^K (\frac{S_{li}}{N_i}), \quad (16)$$

где S_{li} – общая площадь всех жилых объектов i -го уровня комфорта в зоне обслуживания объекта инфраструктуры; N_i – норматив площади на человека для i -го уровня комфорта жилых объектов; K – мощность множества уровней комфорта жилых объектов (согласно действующим на момент исследования нормативам, $K = 3$).

Доля загрузки U объекта СИ рассчитывается на основе значений C_{max} и C при заданной конфигурации ГС как:

$$U = \frac{C}{C_{max}}, \quad (17)$$

Если $U > 1$, объект СИ находится в нештатном состоянии (перегружен) и не может обеспечить удовлетворение потребностей населения в своей функции при заданной конфигурации ГС. Зная долю загрузки каждого объекта СИ, обеспеченность объектами СИ заданного типа рассчитывается как:

$$S = \frac{Q_r + \text{ceil}[(1/u) * Q_o]}{Q_t} * 100\%, \quad (18)$$

где Q_t – общая потребность в СИ заданного типа в единицах вместимости; Q_r – потребность, удовлетворенная объектами без перегрузки; Q_o – потребность, удовлетворенная перегруженными объектами СИ ($U > 1$); u – коэффициент перегрузки, рассчитываемый следующим образом:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^{|I_o|} (U_{oi})}{|I_o|}, \quad (19)$$

где $|I_o|$ – мощность множества I_o перегруженных объектов СИ заданного типа, для которых $U > 1$; U_{oi} – значение U для i -го перегруженного объекта из множества I_o .

Алгоритм оценки обеспеченности СИ заданного типа (школами, дет.садами и др.) представлен на Рисунке 8. Разработанные алгоритмы инвариантны относительно размеров исследуемых городских территорий и количества объектов на них.

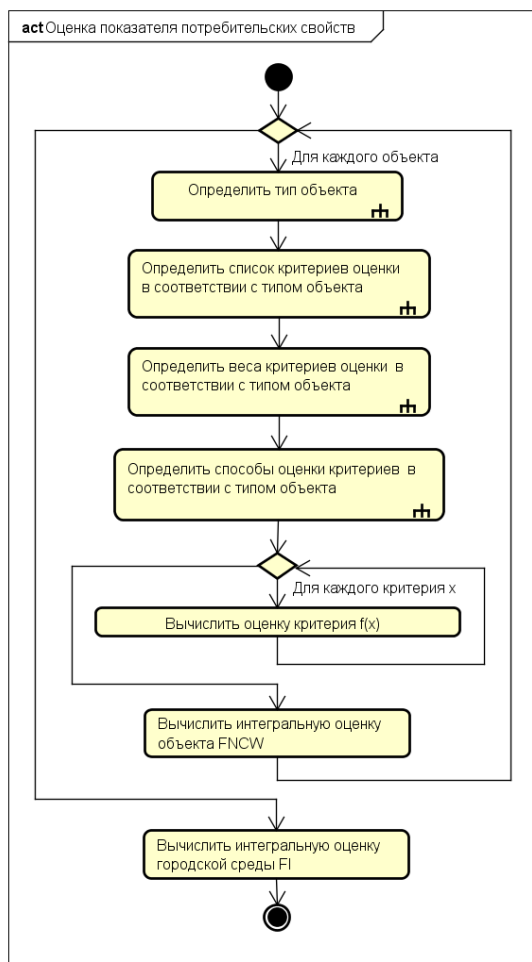


Рисунок 7 – Алгоритм оценки ПС жилого или коммерческого объекта ГС

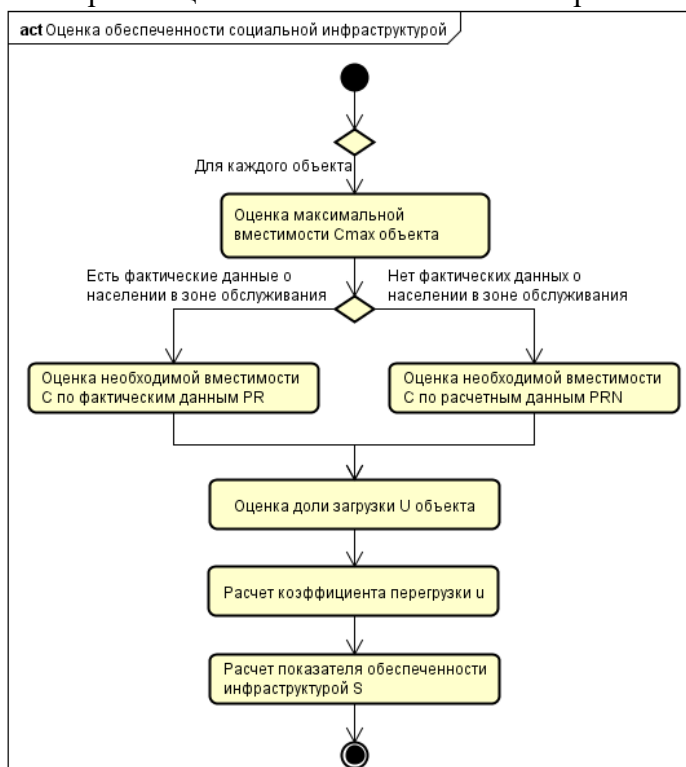


Рисунок 8 – Алгоритм оценки обеспеченности СИ заданного типа

В пятой главе описана программная реализация предложенных методов и алгоритмов в виде прототипа системы оценки состояния СПРС (ГС) по ранее неучтенным показателям

состояния. Архитектура прототипа представлена на Рисунке 9. В процесс оценки, реализуемый прототипом, были включены объекты городской среды следующих типов:

- жилые объекты:
 - квартиры в многоквартирных жилых домах;
 - частные жилые дома;
- коммерческие объекты:
 - офисы;
 - торговые площади;
 - отдельно стоящие здания;
- объекты СИ:
 - школы;
 - детские сады;
 - поликлиники.

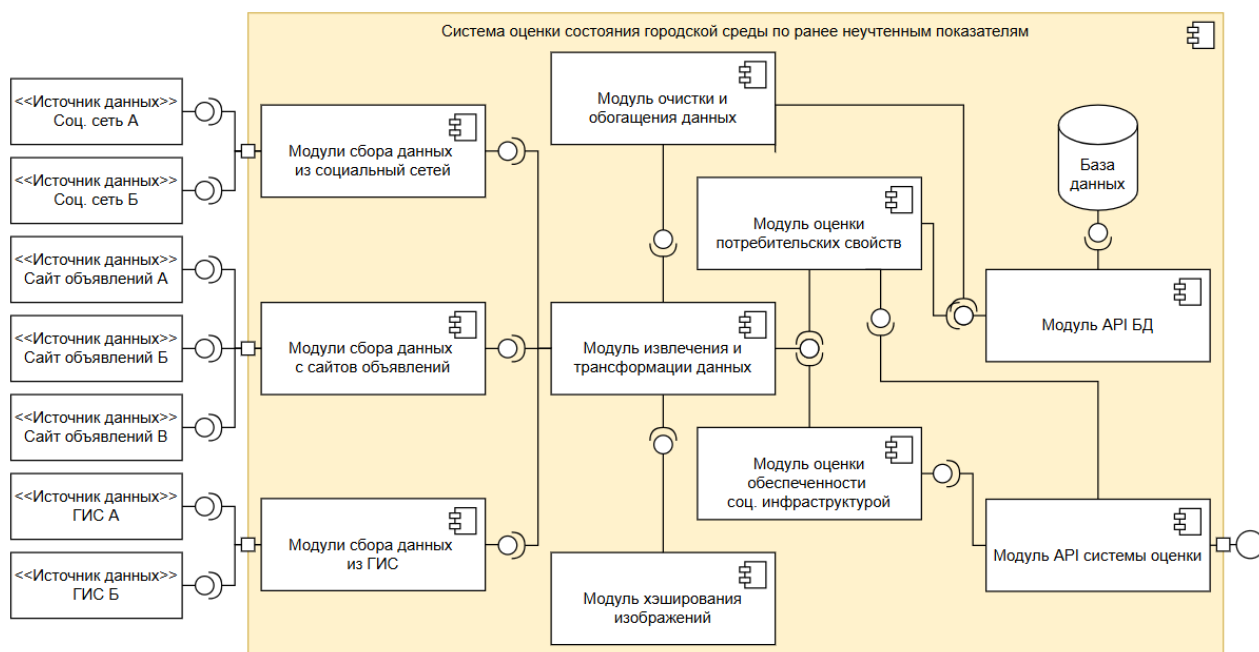


Рисунок 10 – Архитектура прототипа системы оценки

Решение задачи извлечения структурированных данных из описаний объектов ГС осуществляется средствами Томита-парсера. Анализ существующих решений показал соответствие технологии, реализованной Томита-парсером, задаче извлечения структурированных описаний. Для распознавания данных от агентов была выбрана модель случайного леса, показавшая лучшие результаты по метрикам качества (см. Рисунок 10).

Проверка достоверности алгоритма оценки ПС проводилась на примере анализа объявлений с завершенными сделками по продаже квартир в г. Волгограде, полученных в ходе исследований на кафедре САПриПК ВолгГТУ в 2018-2019 гг. Были выделены записи о продаже квартир в 2019 г., количество записей составило 197 штук. Поскольку объекты имели разную жилую площадь и количество комнат, было решено оперировать величинами цены за квадратный метр.

Для проверки гипотезы о корреляции оценок ПС и рыночных цен объектов ГС было проведено сравнение оценок ПС, полученных разработанными методами, с нормированными ценами, по которым были совершены сделки. Результаты представлены на Рисунке 11. Верхний график отображает нормированные цены объектов за единицу площади (метр квадратный) в рублях, отсортированные по возрастанию, а нижний – оценки потребительских свойств тех же объектов в порядке возрастания их цен. Коэффициент корреляции Пирсона величин составил 0.89, что свидетельствует о наличии устойчивой связи, хотя определенная доля флуктуаций случайного характера присутствует, что связано с неполнотой данных об отдельных частных критериях, а также с возможностью назначения более высоких или более низких цен

относительно объективных характеристик конкретного объекта. Макроэкономические колебания были исключены, т.к. были использованы данные за период стабильности цен.

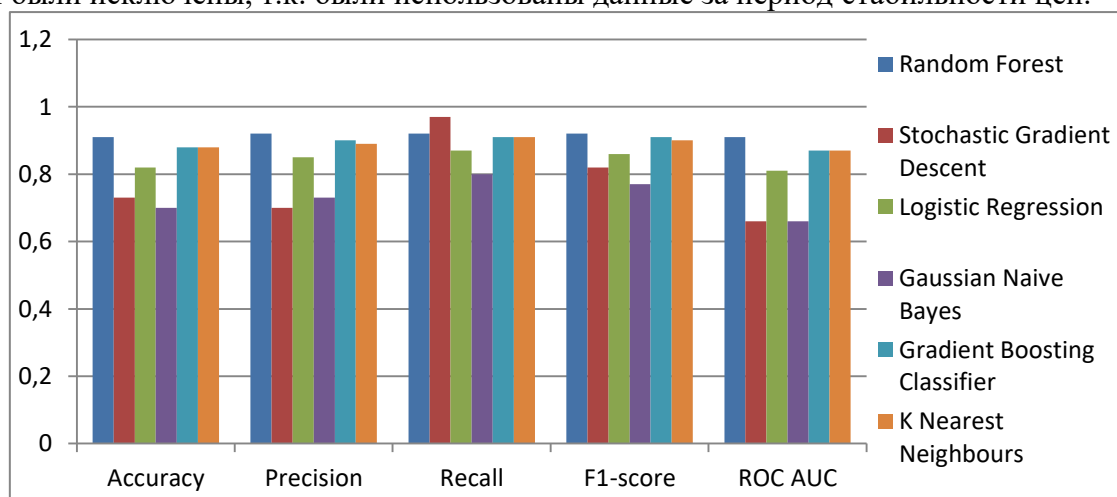


Рисунок 10 – Сравнение метрик моделей классификации

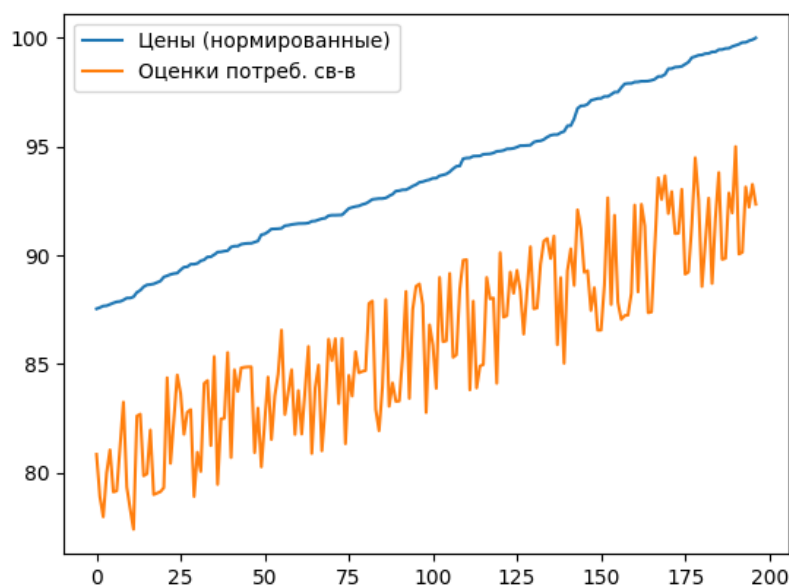


Рисунок 11 – Сравнение уровней нормированных цен жилых объектов и оценок их ПС

Результаты статистически значимы по t-критерию Стьюдента при заданном размере выборки, величине корреляции и уровне значимости 0,05.

Для общей проверки работоспособности и достоверности результатов прототипа был рассмотрен Дзержинский район г. Волгограда. Район является густонаселенным и активно застраиваемым на момент проведения исследования, поэтому локальные дисбалансы потребностей жителей и обеспеченности этих потребностей возникали регулярно.

Оценка обеспеченности СИ производилась на основе расчетных нормативных данных о численности населения. В результате оценки были получены оценки по ранее неучтенным показателям, представленные диаграммой слева на Рисунке 12. Наименьшая оценка была получена по обеспеченности СИ (на графике отображена интегральная средняя оценка обеспеченности по каждому из типов объектов СИ). Раздельная оценка по каждому типу инфраструктуры представлена диаграммой справа на Рисунке 12. Детальный анализ загрузки конкретных объектов показал среднюю перегрузку школ на уровне 19% при наличии участков жилой застройки, не обеспеченных школой в пешей доступности.

Сравнение действующей системы мониторинга и разработанной модификации представлено в Таблице 2. Коэффициент локализации приближен к идеальному значению 1, а показатель покрытия ОМ повышен на ~31% за счет расширения перечня используемых показателей состояния ОМ.

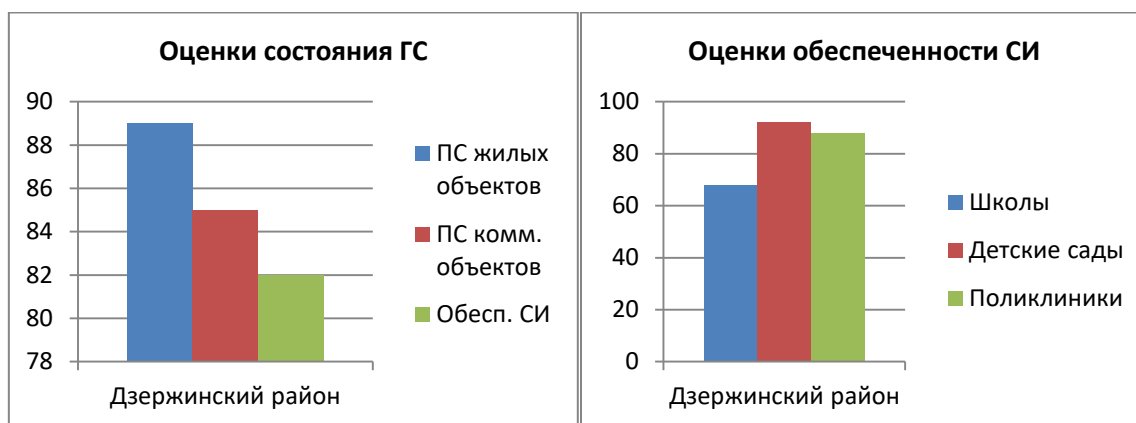


Рисунок 12 – Результаты оценки состояния ГС

В заключении приводятся основные научные и прикладные результаты, полученные в процессе выполнения диссертационной работы, и выделяются возможные направления дальнейших исследований.

Таблица 2. Сравнение эффективности мониторинга

Критерий эффективности	Метрика	Изменение	
		Было	Стало
Информативность результатов в части локализации объектов в нештатном состоянии	Коэффициент локализации K_{loc} (2)	$K_{loc} \approx 0$	$K_{loc} \approx 1$
Полнота информации о состоянии ОМ	Показатель покрытия мониторингом D (1)	Повышен на ~31% относительно системы мониторинга на основе показателей федерального проекта	
Интегральный критерий Des (4)		0,95 («Отлично» по шкале Харрингтона)	

В приложениях приведены: схема базы данных разработанного прототипа, перечень характеристик в структурированных описаниях жилых и коммерческих объектов ГС, конфигурации оценки состояния ГС по ПС для разработанного прототипа системы, копии свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и акта внедрения результатов научной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования вносят вклад в развитие методов мониторинга состояния сложных систем. В рамках работы получены следующие результаты и выводы:

1. Анализ исследований в области мониторинга состояния ГС как СПРС позволил сделать вывод о несовершенстве применяемых в настоящий момент методов мониторинга, негативно влияющих на его эффективность.

2. Выделено наиболее актуальное для РФ решение, лежащее в основе действующей СМ состояния ГС, и его ключевые недостатки. Поставлена цель по повышению эффективности мониторинга за счет автоматизированного сбора данных из гетерогенных открытых источников и их автоматической обработки для оценки состояния ГС по ранее неучтенным значимым показателям: ПС жилых и коммерческих объектов, а также обеспеченности СИ (образованием и здравоохранением).

3. Разработан новый метод автоматизированного извлечения и трансформации данных о состоянии ГС из гетерогенных источников на основе обработки графических данных, естественных языков, а также пространственного анализа для получения наиболее актуальных и полных первичных данных. Разработанный метод обладает универсальностью с точки зрения

применимости к различным городам земного шара, а также масштабируемостью за счет возможности расширения перечня целевых характеристик объектов, увеличения объёмов словарей и комплексности грамматик и т.д.

4. Разработан новый метод очистки и обогащения данных, реализующий удаление неполных данных, связывание данных, а также прогнозирование достоверности данных на основе сочетания методов статистики, обработки графических данных, естественных языков и машинного обучения.

5. Разработаны алгоритмы оценки состояния ГС как СПРС по ранее неучтенным значимым показателям. Отличительной особенностью алгоритмов является использование универсальных методов, адаптированных к задачам оценки состояния ГС и принятия решений по её преобразованию.

6. На основе предложенных методов и алгоритмов разработан прототип системы оценки состояния ГС по ранее неучтенным значимым показателям. Проведена апробация разработанных методов и алгоритмов, доказывающая достижение поставленной цели.

7. Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, главным результатом которой является повышение эффективности мониторинга состояния городской среды путем повышения полноты (на ~31%) и информативности (улучшение локализации объектов городской среды в нештатном состоянии с территории всего города до конкретного объекта) результатов.

8. Получены 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

9. Результаты работы успешно внедрены в ООО «СтройБилд» с целью поддержки принятия решений по выбору места строительства и конфигурации новых жилых и нежилых зданий, что позволило повысить эффективность и обоснованность принимаемых решений и сократить затраты времени на анализ состояния ГС.

В ходе выполнения диссертационной работы были решены все поставленные задачи, цель исследования достигнута. В качестве направления дальнейшей работы можно выделить изучение перспектив использования предложенных методов и алгоритмов в качестве основы системы поддержки принятия решений в области комплексного развития городских территорий.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных изданиях из перечня ВАК:

1. Зеленский, И. С. Распознавание агентских объявлений об операциях с недвижимостью с использованием методов машинного обучения / И. С. Зеленский // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 124-130.

2. Моделирование климатических воздействий на комплекс объектов городской среды / И. С. Зеленский, А. А. Финогеев, А. А. Ляпунов [и др.] // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. – 2025. – № 1(69). – С. 134-142.

3. Сценарное прогнозирование в планировании реставрации объектов городской среды / О. В. Савина, В. В. Ларин, И. С. Зеленский [и др.] // *Социология города*. – 2024. – № 4. – С. 81-89. – DOI 10.35211/19943520_2024_4_81.

4. Разработка автоматизированного метода оценки визуальной привлекательности урбанизированных территорий / Н. М. Рашевский, И. С. Зеленский, А. А. Воронина, А. А. Шуклин // *Перспективы науки*. – 2024. – № 6(177). – С. 51-55.

5. Разработка интеллектуальной системы распознавания объектов для решения задач ситуационного управления в городе / М. В. Сулицкий, И. С. Зеленский, Н. П. Садовникова [и др.] // *Современные наукоемкие технологии*. – 2023. – № 7. – С. 104-109. – DOI 10.17513/snt.39702.

6. Генерация синтетических новостей для продуцирования социального отклика на городские события / А. А. Шуклин, Д. С. Парыгин, А. А. Финогеев, А. Ю. Зуев, И. С. Зеленский [и др.] // *Социология города*. – 2022. – № 1-2. – С. 81-92. – DOI 10.35211/19943520_2022_1-2_81.

7. Интеллектуальная поддержка решений по использованию объектов недвижимости для управления урбанизированными территориями / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, О. В. Савина

[et al.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Vol. 8, No. 11. – P. 13-27. – DOI 10.25559/injoit.2307-8162.08.202011.13-29.

8. Оценка согласованности развития обеспечивающей инфраструктуры города на основе анализа пространственных данных / Д. С. Парыгин, А. А. Алешкевич, Н. П. Садовникова [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 2. – С. 73-100. – DOI 10.24411/2410-9916-2020-10204.

9. Зеленский, И. С. Расчёт рейтинга объектов недвижимости на основе нормативов и пользовательских предпочтений / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, Т. В. Смирнова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7, № 1(24). – С. 221-233. – DOI 10.26102/2310-6018/2019.24.1.008.

10. Извлечение структурированного описания объектов недвижимости из пользовательских записей на естественном языке / И. С. Зеленский, Д. С. Донченко, Д. С. Парыгин [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2017. – № 14(209). – С. 41-46.

Публикации в изданиях, индексируемых Scopus и WoS:

11. Spatial Data Analysis for Decision Support in Urban Infrastructure Development Planning / I. Danilov, A. Shuklin, I. Zelenskiy [et al.] // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science : Proceedings 5th International Conference, CIT&DS 2023, Volgograd, 11–15 сентября 2023 года. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 568-580.

12. Effective Implementation of Integrated Area Development Based on Consumer Attractiveness Assessment / I. Zelenskiy, D. Parygin, O. Savina [et al.] // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 23. – Art. no. 16239. – DOI 10.3390/su142316239.

13. Software and algorithmic decision support tools for real estate selection and quality assessment / I. S. Zelenskiy, D. S. Parygin, D. Ather [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : Proceedings of the International Conference on Information Technology in Business and Industry (ITBI 2020), Novosibirsk, Russia, 6–8 April 2020. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 1661(1). – Art. no. 012201. – P. 1–8. – DOI 10.1088/1742-6596/1661/1/012201.

14. Approaches to Analysis of Factors Affecting the Residential Real Estate Bid Prices in Case of Open Data Use / D. Boiko, D. Parygin, O. Savina, A. Golubev, I. Zelenskiy, S. Mityagin // Communications in Computer and Information Science : Proceedings of the 6th International Conference on Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia (EGOSE 2019), St. Petersburg, Russia, 13–14 November 2019. – Springer, 2020. – Vol. 1135. – P. 360–375. – DOI 10.1007/978-3-030-39296-3_27.

15. Validation of Real Estate Ads based on the Identification of Identical Images / A. Golubev, I. Zelenskiy, D. Parygin [et al.] // SMART 2018 : Proceedings of the 7th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends, Moradabad, India, 23–24 November 2018. – IEEE, 2018. – P. 274–279.

Прочие публикации:

16. Зеленский, И. С. Особенности проектирования рекомендательных систем комплексного развития городских территорий / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, О. В. Савина // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления : сборник научных трудов, Москва, 17–20 июня 2024 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2024. – С. 2641-2645.

17. Зеленский, И. С. Метод обработки разнородных данных при мониторинге состояния и функционирования системы объектов городской недвижимости / И. С. Зеленский // Математические методы в технологиях и технике. – 2024. – № 9. – С. 108-116.

18. Зеленский, И. С. Оценка привлекательности недвижимости при комплексном развитии участка территории / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, О. В. Савина // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. – 2022. – № 6. – С. 197-206. – DOI: 10.17586/2587-8557-2022-6-197-206.

19. Денисов, В. А. Разработка web-приложения для получения отзывов и комментариев жителей города / В. А. Денисов, А. А. Шебаршов, И. С. Зеленский // XXVIII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области : Сборник материалов конференции, Волгоград, 23 октября – 06 ноября 2023 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 341-342.
20. Середа, Н. О. разработка алгоритмов расчета показателей инфраструктуры и территории / Н. О. Середа, И. С. Зеленский // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тезисы докладов, Волгоград, 26–30 апреля 2021 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2021. – С. 183.
21. Заборонок, С. В. SPA для операций с недвижимостью / С. В. Заборонок, И. С. Зеленский // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тезисы докладов, Волгоград, 26–30 апреля 2021 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2021. – С. 244.
22. Зеленский, И. С. Разработка математического обеспечения модуля оценки потребительских свойств объектов недвижимости / И. С. Зеленский // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : Тезисы докладов, Волгоград, 19–22 мая 2020 года / Редколлегия: С.В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 189-190.
23. Зеленский, И. С. Разработка программного модуля оценки потребительских свойств объектов в операциях с недвижимостью / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин // России – творческую молодёжь : Материалы XIII Всероссийской научно-практической студенческой конференции (в 5-ти томах), Камышин, 20–21 апреля 2020 года / Волгоградский государственный технический университет (Камышинский филиал). Том 3. – Камышин: Волгоградский государственный технический университет, 2020. – С. 65-68.
24. Разработка инструментов поддержки решений в операциях с недвижимостью / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, А. В. Голубев, Е. А. Пригарин // Инновационные технологии в обучении и производстве : Материалы XIV Всероссийской заочной научно-практической конференции (в 3-х томах), Камышин, 15 ноября 2019 года / Волгоградский государственный технический университет (Камышинский филиал). Том 3. – Камышин: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 155-158.
25. Алгоритмическое и программное обеспечение оценки качества объектов недвижимости / И. С. Зеленский, Д. С. Парыгин, И. Н. Сопляков [и др.] // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине : Сборник научных трудов VI Международной научной конференции, Томск, 14–19 октября 2019 года / Под редакцией О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанов, Т.А. Гладковой. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. – С. 234-239.
26. Зеленский, И. С. Разработка системы рейтингования жилой недвижимости / И. С. Зеленский // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета : Тезисы докладов, Волгоград, 13–17 мая 2019 года / Редколлегия: С.В. Кузьмин [и др.]. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 167.
27. Зеленский, И. С. Разработка подхода к идентификации дубликатов изображений в объявлениях об операциях с недвижимостью / И. С. Зеленский // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета : Тезисы докладов, Волгоград, 16–20 апреля 2018 года / Редколлегия: А.В. Навроцкий (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 172-173.
28. Зеленский, И. С. Программный модуль сбора и анализа нечеткой информации о недвижимости из социальных сетей / И. С. Зеленский, Д. С. Донченко // XXII Региональная конференция молодых ученых Волгоградской области : Тезисы докладов, Волгоград, 21–24

ноября 2017 года / Ответственный редактор А.В. Навроцкий. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2017. – С. 182-183.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685595 Российская Федерация. Программа генеративного проектирования комплексного развития городских территорий на основе знаний из онтологической модели : заявл. 30.10.2024 : опубл. 30.10.2024 / Д. А. Соколов, Н. М. Рашевский, А. Д. Чикин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет».

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666421 Российская Федерация. Программный комплекс для массовой оценки жилых помещений сравнительным подходом : № 2020665667 : заявл. 01.12.2020 : опубл. 09.12.2020 / Д. О. Бойко, Д. С. Парыгин, О. В. Савина [и др.].

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662442 Российская Федерация. Программный модуль для сравнительного анализа и выявления дубликатов изображений : № 2018619346 : заявл. 03.09.2018 : опубл. 08.10.2018 / И. С. Зеленский, А. В. Голубев, Д. С. Парыгин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ).

Подписано в печать «04» сентября 2026 г. Заказ № 59. Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 1,0
Формат 60 x 84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

Издательство ВолгГТУ

400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, В-210

Типография ИАИС ВолгГТУ

400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1