

Автоматизация оценки отрицательных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земельных ресурсов на основе разработки модели «тонкого клиента»

Е.Н. БЫКОВА ✉, М.Е. СКАЧКОВА, И.И. РАГУЗИН, И.С. ДЬЯЧКОВА и М.М. БОЛТОВ

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

✉ bykova_en@pers.spmi.ru

Ссылка для цитирования оригинальной статьи: Bykova, E.; Skachkova, M.; Raguzin, I.; Dyachkova, I.; Boltov, M. Automation of Negative Infrastructural Externalities Assessment Methods to Determine the Cost of Land Resources Based on the Development of a "Thin Client" Model. *Sustainability* 2022, 14, 9383. <https://doi.org/10.3390/su14159383>

Аннотация. В данной статье рассматривается необходимость трансформации методов оценки недвижимости, что связано с проблемами получения недостоверных результатов, влияющих на последующее принятие управленческих решений. В качестве важного элемента оценки земельных участков авторы определяют негативные инфраструктурные экстерналии, возникающие в связи с наличием инфраструктуры и других режимообразующих объектов, и представляют потери правообладателей из-за обременений, возникающих при использовании земельных участков. Мировое сообщество (и авторы как его часть) видит один из путей трансформации в автоматизации оценочного процесса, поэтому целью данного исследования является разработка механизма автоматизации процесса оценки негативных инфраструктурных экстерналий в условиях отсутствия или слабой активности рыночных земельных отношений. Современные тенденции диктуют необходимость экономии аппаратных, трудовых и денежных ресурсов, в связи с чем методы оценки негативных инфраструктурных экстерналий реализуются на основе технологии «тонкий клиент». Исследование базируется на следующих методах: аналитический метод, который используется для критического анализа проблемной области и обоснования актуальности темы исследования; методы объектно-ориентированного программирования, модульного программирования (аксиома модульности Коуэна), как средства разработки логики веб-приложения, а также взаимодействия его отдельных элементов; Атрибут-ориентированный подход к созданию программных архитектур. Результатом исследования является разработанная и обоснованная архитектура веб-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий при определении стоимости земель». Описана модульная структура веб-приложения и представлена концептуальная модель базы данных разработанной информационной системы. Практическая реализация перечисленных предложений выполнена с помощью языка программирования Python. Преимуществом созданной автоматизированной системы является возможность междисциплинарного использования экспертного подхода оценки при изменении параметров настройки.

Ключевые слова: кадастровая оценка; земельный участок; внешние эффекты; инфраструктура; информационная система; веб-приложение; зоны с особыми условиями использования территории.

Automation of Negative Infrastructural Externalities Assessment Methods to Determine the Cost of Land Resources Based on the Development of a "Thin Client" Model

Elena N. BYKOWA ✉, Maria E. SKACHKOVA, Ivan I. RAGUZIN, Irina S. DYACHKOVA and Maxim M. BOLTOV

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

✉ bykova_en@pers.spmi.ru

Abstract: This article discusses the need to transform real estate valuation methods. It is associated with the problems of obtaining unreliable results affecting the subsequent adoption of management decisions. As an important element of land plots assessment, the authors define the Negative Infrastructural Externalities arising from the presence of infrastructure and other regime-forming facilities. These externalities represent the loss of title holders due to the encumbrances arising from the use of land plots. The world community (and the authors as part of it) sees one of the transformation methods in the automation of the evaluation process. Therefore, the purpose of this study is to develop a mechanism of automating the Negative Infrastructural Externalities assessment process in the conditions of a non-existent and weak market activity of land relations. Modern trends dictate the saving of hardware, labor and money resources; in this connection, the methods of Negative Infrastructural Externalities assessment are implemented on the basis of the "thin client" technology. The research is based on the following methods: the analytical method is used to perform a critical analysis of the problem area and to substantiate the research topic's relevance; methods of object-oriented programming and methods of modular programming (Cowan's axiom of modularity) are used as tools for developing the web application logic, as well as the interaction of its individual elements; the attribute-driven design approach is used in the creation of software architectures.

* Перевод подготовлен для повышения интереса русскоязычной аудитории к данной статье.

© 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (перевод), 2025.

The result of the study is the developed and substantiated architecture of a web application for assessing negative infrastructural external factors in determining the land value, the implemented modular structure of the specified web application and the developed conceptual model of the database. The practical implementation of the listed proposals is made by means of the Python programming language. The advantage of the created automated system is the possibility of multi-disciplinary use of the expert assessment approach when changing the settings.

Keywords: cadastral valuation; land plot; externalities; infrastructure; information system; web application; zones with special territory use conditions.

1. Введение

Современная проблема устойчивого развития, обозначенная международными декларациями и стратегическими документами многих стран мира, объективно затрагивает различные сферы жизни граждан (в том числе и России). Рынок земли, как специфическая и приоритетная социально-экономическая ниша в России, подлежит особому государственному регулированию и «устойчивому» управлению, поскольку объекты земельных правоотношений служат основой пространственного развития страны, а также являются национальным достоянием и незаменимым средством производства.

Одним из важнейших рычагов регулирования и интенсификации земельного оборота является оценочная деятельность, которая после перехода к рыночным отношениям в конце XX века в России стала важнейшим инструментом рыночной экономики, получив бурное развитие на ранних стадиях. Однако в отсутствие системного подхода к оценке недвижимости все еще существуют серьезные пробелы в ее правовом, методологическом и программном обеспечении.

Набирающая обороты оценочная деятельность в России осуществляется в соответствии с международными договорами, Федеральным законом от 29 июля 1998 г. № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации», а также другими нормативными правовыми актами. Оценка недвижимости, как объект правового регулирования представляет собой деятельность, направленную на установление рыночной или иной стоимости объектов оценки. В России она осуществляется с учетом принципов оценки и в соответствии с Федеральными стандартами оценки. В стандартах определены основные виды стоимости недвижимости, указана необходимость применения трех подходов к оценке, а также установлен срок, в течение которого величина стоимости объекта оценки может быть рекомендована для проведения сделки с недвижимостью. Профессиональная деятельность оценщиков в России в настоящее время регулируется государством и саморегулируемыми организациями.

Развитие оценочной деятельности в Российской Федерации заключается сегодня в формировании нормативно-правовой базы. Проявляется тенденция ориентированности отечественных стандартов оценки на международные (МСО) и европейские (ЕСО) стандарты в рамках Европейского Союза для европейской группы Ассоциаций оценщиков (ТЕСОВА). При этом, учитывая пассивность российского рынка недвижимости, в России происходит активное создание национальной системы оценки. В текущей экономической ситуации в России рынок недвижимости несовершенен из-за высокой деловой активности в крупных городах европейской части России и низкой активности рынка в регионах. С другой стороны, не более 7 лет назад приобретение престижной земли у государства осуществлялось в рамках «теневых транзакций», когда дорогие с точки зрения рынка участки были проданы за низкую цену. Но созданная сегодня институциональная инфраструктура уже заложила серьезный фундамент для развития рыночных отношений в земельном секторе. Основной проблемой в оценке рыночной и кадастровой стоимости объектов недвижимости является ненадежность, разобщенность и противоречивость рынка недвижимости. По некоторым сегментам и регионам рынок купли-продажи недвижимости практически или полностью отсутствует, а это не позволяет однозначно оценить рыночную стоимость недвижимости по гипотетическим предложениям в условиях отсутствия дифференциации экономической ценности и наличия транзакционных издержек.

Проблемы в оценке недвижимости выделяет и мировое сообщество. Как отмечает в своей работе Гровер Р. [1], в практике мирового сообщества прослеживаются серьезные проблемы, связанные с типом и качеством данных, используемых в моделях массовой оценки, а также с реализацией проведения оценки недвижимости, в том числе массовой.

На фоне инновационного развития различных отраслей оценочная деятельность в России, к сожалению, находится (в определенной степени) в стадии «стагнации», что связано, прежде всего, со слепым использованием западной методологии оценки без учета реалий российского рынка и специфики оцениваемых территорий [2, 3].

Потребность в разработке методов и методик оценки недвижимости, в том числе земельных участков, возрастает с каждым годом, так как появляются новые тенденции в решении вопросов, связанных с налогообложением земли и имущества, возникающие на фоне социально-экономического развития страны; сохранением объектов историко-культурного наследия; изъятием земель для государственных и муниципальных нужд для недропользования и строительства инженерной инфраструктуры; возмещением убытков в связи с ограничением прав правообладателей недвижимости; решением социальных и экологических проблем урбанизированных территорий; принятием решений об инвестициях в недвижимость, а также активизацией развития рынка недвижимости в целом и принятием государственных управленческих решений.

Исследователями многих стран мира в последнее время ставится вопрос о необходимости трансформации методов оценки недвижимости в связи с проблемами получения качественных результатов, способных повлиять на принимаемые решения.

Йиоркас, Ч., и Димопулос, Т. [4] остро ставят проблему необходимости совершенствования существующих методов массовой оценки земли и предлагают более совершенные методы на основе синтеза ГИС-технологий, регрессионного анализа и интерпретации моделирования при помощи Географически взвешенной регрессии (ГВР). Авторы уделяют особое внимание учету в процессе массовой оценки пространственных атрибутов, влияющих на стоимость недвижимости.

С увеличением объема сделок с недвижимостью в мире получает широкое распространение массовая оценка недвижимости, в том числе земельных участков [5]. При этом ее методы постоянно совершенствуются, а в связи с растущим влиянием цифровизации и компьютеризации машинное обучение стало играть особую роль в процессе создания моделей массового оценивания. Ли К. [6] разработал гибридный подход к массовой оценке, основанный на нейронной сети для контролируемого обучения и анализе главных компонент, который повышает надежность и достоверность результата оценки.

Богатай, М., Субан, Туляк, Д. и Дробне, С. в своей работе [7] доказали, что применение нечеткой модели определения стоимости недвижимости улучшает результат в части нивелирования субъективности оценщика и нечеткости ценообразующих факторов.

В 1996 году Уайатт П. [8] обосновал необходимость пространственного анализа с использованием ГИС при оценке недвижимости с помощью метода сравнения. Гнат С. [9] проанализировал современные методы и модели массовой оценки земель, акцентировав внимание на необходимости получения для этого большого количества данных, что не всегда возможно. Он исследовал алгоритмы машинного обучения и модели множественной регрессии в массовой оценке недвижимости на малоактивном рынке Польши, доказав, что даже при работе с небольшими наборами данных можно ожидать точных результатов оценки благодаря алгоритмам машинного обучения (непараметрические модели – ближайших соседей (KNN), регрессия и XGBoost) [9]. Эффективность и преимущества моделей машинного обучения также подтверждены и на южнокорейском рынке недвижимости такими исследователями, как Ким Й., Чой С., Йи М.Й. [10]. Ванг, Д. и Ли, В. [11] определили будущую тенденцию массовой оценки как «массовую оценку 2.0» или тенденцию искусственного интеллекта (ИИ): модель на основе ИИ, модель на основе ГИС и модель на основе МІХ. Авторы отмечают, что именно сочетание классической процедуры создания оценочной модели, анализа и тестирования группы объектов на заданную дату в сочетании с искусственным интеллектом – это будущее массовой оценки. Количественные методы массовой оценки Палома Т., Кауко Т. и Д'Амато М. [12] делят на четыре группы: экспертные методы, модельные методы, методы на основе данных и методы машинного обучения.

Хамис А. и Камарудин Н.К. в своей работе [13] выявили преимущества нейросетевой модели перед множественной регрессией в части уменьшения погрешности и улучшения качества модели. Балдоминос А., Бланко И., Морено А. Х., Итуррарте Р., Бернардез О. и Афонсо К. [14] изучили

проблему получения актуальных сведений о ценах на недвижимость и разработали онлайн-приложение, в котором при помощи алгоритмов машинного обучения возможно прогнозировать стоимость недвижимости. Димопулос Т. и Бакас Н. [15] разработали четыре модели машинного обучения, которые позволили получать и анализировать большие объемы данных о пространственных характеристиках объектов оценки, тем самым повысив точность результата.

В современных условиях мировой тенденции к цифровизации различных областей знаний и практики наибольшую актуальность приобретает автоматизация. Институт оценки недвижимости не стал исключением. Беннетт Р.М., Унгер Э.-М., Леммен К. и Дейкстра П. [16] выделяют проблему медленного и синусообразного перехода к автоматизированным методам управления земельными ресурсами и автоматизации оценки недвижимости, разрабатывая модели для технического обслуживания системы управления земельными ресурсами. Развитие рыночных отношений стимулировало разработку и применение автоматизированных моделей оценки.

Автоматизированные методы оценки (АМО), которые сочетают в себе компьютеризированные базы данных по недвижимости и языки программирования, необходимы для обеспечения точности оценки.

Разработкой таких моделей занимаются Шульц Р., Версинг М. и Вервац А. [17], которые отмечают, что в построении моделей важно автоматизированное удаление выбросов и АВМ призваны обеспечить снижение затрат на оценку. Д. Деметриу отмечает, что оценка является важным этапом в процессе консолидации земель сельскохозяйственного назначения. При этом в своих исследованиях автор пришел к выводу, что оценка, выполненная вручную и эмпирически без использования систематических аналитических инструментов, приводит к получению недостоверных завышенных значений стоимости. Автор разработал линейную гедонистическую модель, которая основана на пространственном анализе и способствует сокращению времени проведения оценки на 80 % [18].

Дрож Л. и Дрож Г. [19] отмечают, что в процессе оценки использование ГИС позволяет получить точную и объективную информацию о характеристиках оцениваемых земельных участков. Также пространственный анализ территории помогает оценщику обосновать полученный результат оценки, автоматизировать некоторые элементы оценки и получить более достоверный результат в короткие сроки [6]. Глумак Б. и Де Розье Ф. [20] представили концепцию автоматизированных систем оценки недвижимости и земли, описали их преимущества перед автоматизированными моделями и разработали их обобщение и классификацию. Авторы предложили собственную таксономию, не являющуюся иерархической, поскольку все системы, по их мнению, эквивалентны друг другу. Аркури Н., Де Руджеро М., Сальво Ф., Зинно Р. [21] предлагают объединить ГИС и ВМ в автоматизированные методы оценки. Среди исследований, посвященных разработке моделей оценки недвижимости, можно выделить исследование Сьюна, М., Сальво, Ф. и Симонотти, М. [22], в котором представлен процесс разработки модели оценки АВМ, характеризующейся возможностью выполнения даже в условиях небольшого количества доступных данных; статью Дональда, И. [23], в которой описаны требования к авторизованным оценочным моделям, а также исследование д'Амато, М. [24], посвященное использованию автоматизации для контроля результатов оценки. В итоге разработка автоматизированных модулей оценки недвижимости позволяет сократить трудовые и временные затраты, получить более точные результаты и оперировать большими объемами данных.

Достаточное количество научных исследований на современном этапе развития оценочной деятельности посвящено совершенствованию методов оценки недвижимости. Однако при проведении таких оценок мало внимания уделяется учету экстерналий (не компенсируемых рынком).

Изучением негативного влияния обременений в использовании земель, вызванных воздушными линиями электропередачи (негативные инфраструктурные экстерналии (НИЭ)), начали заниматься в 1979 году в США Густафсон Р.Дж., Грумстнуп П.Д., Хердриксон Э.Р. и Мейер М.П. [25], которые провели По материалам аэрофотосъемки нескольких штатов Америки пространственный анализ сельскохозяйственных территорий и установили негативное влияние этих линий на продуктивность сельскохозяйственных культур, что приводит к потерям урожая, времени на его уборку и к увеличению трудозатрат. Вайенкур Ф. и Монти Л. [26] выявили эффект влияния регулирования использования сельскохозяйственных земель на их цены,

используя регрессионную модель, построенную на исходных данных, включающих более чем 1200 незастроенных земельных участков. Они обнаружили, что земли, ограниченные в использовании, продаются на 15-30 % дешевле, чем свободные от ограничений. В 1991 году Патрик Битон изучал влияние ограничений на использование на стоимость недвижимости на примере сосновых лесов Нью-Джерси и обнаружил, что цены на свободные от ограничений земельные участки значительно выросли с 1972 года (ограничения были изначально предложены) по 1981 год (год введения ограничений). Основываясь на полученных результатах, У. Битон предположил, что разница в цене между более ограниченными и менее ограниченными участками в большей степени зависит от силы регулирования деятельности. Эти исследования также иллюстрируют, как давление на застройку до введения ограничений может временно повысить цены на земли в районах, предназначенных для будущего регулирования [27].

Согласно Майклу Дж. и Палмквисту Р. [28], некоторые исследователи для объяснения различий влияния регулирования землепользования на стоимость недвижимости, в том числе земли, в разных населенных пунктах выстраивают индексы строгости ограничений, подсчитывая их количество, и используют в качестве индекса в модели гедонистической регрессии. Исследование Иланфельдта К.Р. [29] доказало, что регулирование землепользования оказывает значительное влияние не только на цены на незастроенные земельные участки, но и на жилые объекты. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оценки этих эффектов могут быть необъективными, если мера ограниченности регулирования рассматривается как экзогенная по отношению к цене жилья или если расчетные эффекты не могут варьироваться в зависимости от рыночных условий.

Глаэзер Э.Л., Понцетто Г.А., Зоу Й., Гьюрко Дж. и Сакс Р. [30] рассматривают экстерналии, анализируя влияние пространственной структуры городской экономики на благосостояние населения. Для оценки эндогенных удобств города необходимо учитывать экзогенные эффекты, которые могут спровоцировать изменения внутри города. Например, чтобы оценить влияние размера города на общий уровень благоустройства, исследователям потребуются источники экзогенных вариаций и структурная модель. Для оценки влияния удобств города на уровень благоустройства необходимо учитывать краткосрочную или долгосрочную перспективу, уровень благосостояния жителей, загрязнения окружающей среды, транспортную ситуацию и некоторые другие факторы. По мнению авторов, неоднозначность возникающих в мегаполисах удобств может вызвать как повышение, так и снижение стоимости недвижимости в зависимости от перспектив использования территорий [30,31]. Инь Хуанг, Тао Хун и Тао Ма сравнивают две концепции городских сетей и агломерационной экономики с точки зрения теории экстерналий, а затем эмпирически изучают влияние экстерналий городских сетей на производительность городов, чтобы определить, какие типы городов больше выиграют от экстерналий городских сетей [32]. Возможность возникновения негативных экстерналий производства от государственной инфраструктуры рассматривает Боарнет М.Г. [33] на примере данных по округам Калифорнии. Иранские ученые Наджкар Н., Кохансал М.Р. и Горбани М. [34] оценивают влияние экстерналий региональной транспортной инфраструктуры на производительность сельского хозяйства, применяя модель Дарбина, а в то время как Чжан Инь-Фан и Шенгбао Ж. [35] оценивают влияние инфраструктуры на региональную производительность промышленности в Китае и выявляют различия между внутрирегиональными и межрегиональными экстерналиями. Анализ последних показал положительное краткосрочное пространственное взаимодействие электроэнергетики и дорожной инфраструктуры, но не железных дорог; в долгосрочной же перспективе эти инфраструктурные эффекты являются положительными среди провинций, не конкурирующих за производство, но становятся отрицательными среди конкурирующих провинций по электроэнергетике и регионов, схожих по транспортной инфраструктуре [35].

В России, в условиях значительной дифференциации (и, по большей части, депрессивности) активности рынка недвижимости первостепенное значение имеет оценка негативных инфраструктурных экстерналий (НИЭ), возникающих в связи с наличием инфраструктуры и других рожимообразующих объектов. НИЭ представляют собой убытки правообладателей, обремененных зонами с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ) земельных участков, вызван-

ные ограничения в использовании, пространственными недостатками, загрязнением окружающей среды, воздействием на здоровье человека и снижением комфортности его проживания [36]. Особенно важно учитывать НИЭ при кадастровой оценке земли, которая является основой для земельного налогообложения, поскольку ее результаты должны быть социально справедливыми. В рамках предыдущих исследований Быковой Е.Н. были разработаны методы оценки НИЭ в различных условиях активности земельных отношений в России, которые применимы как для массовой оценки, так и для индивидуальной. Актуальность исследования связана с необходимостью совершенствования методики кадастровой оценки с учетом влияния обременений для получения справедливой стоимости земель и автоматизации этой методики для сокращения трудовых и временных затрат на проведение такой оценки, что соответствует современным мировым трендам развития земельно-оценочных работ.

Таким образом, основной целью данного исследования является разработка механизма автоматизации процесса оценки НИЭ в условиях отсутствия и слабой рыночной активности земельных отношений. В соответствии с целью в исследовании были поставлены следующие задачи: во-первых, разработать архитектуру веб-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель» с использованием технологии «тонкий клиент»; во-вторых, спроектировать модульную структуру указанного веб-приложения для реализации его бизнес-логики; в-третьих, разработать концептуальную модель базы данных как основного содержательного компонента проектируемой информационной системы, позволяющей автоматизировать процесс оценки НИЭ в условиях отсутствия и слабой рыночной активности земельных отношений.

Научная новизна работы заключается в разработке архитектурной системы клиент-серверного приложения, включая разработку принципиальной организации этой системы, взаимоотношении элементов друг с другом и с внешней средой, принципы определяющих ее проектирование и эволюцию, а также обоснование использования аппаратного и программного обеспечения архитектурных элементов для реализации приложения.

Практическая значимость исследования заключается в создании веб-приложения для расчета стоимости земли с учетом обременений «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель» и тепловой карты кадастровой стоимости земель в Санкт-Петербурге с учетом НИЭ.

2. Материалы и методы

Методология оценки НИЭ представлена в ранее опубликованном исследовании Быковой Е.Н. [36], которая предусматривает использование для массовой оценки земельных ресурсов в разных условиях рыночной активности земельных отношений следующих методов: в условиях отсутствия рыночной активности – экспертно-аналитический подход; в условиях слабой рыночной активности – учет степени покрытия земельного участка ЗОУИТ и соотношения полученных методом сравнения продаж рыночных стоимостей обремененных ЗОУИТ и свободных от таких обременений участков, либо квалитетрическое моделирование; в условиях высокой рыночной активности – моделирование путем введения в модель фактора «наличие ЗОУИТ» на основе группировки зон по схожему регламенту использования территории, либо введения параметров этого фактора.

Автоматизация методов оценки негативных инфраструктурных экстерналий реализована на основе разработки модели «тонкого клиента» для первых двух видов рыночной активности земельных отношениях в России. Создание информационной системы

«Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель» включало следующие основные этапы: проектирование архитектуры приложения; разработка концепции программного обеспечения; формирование структуры базы данных.

Проектирование архитектуры приложения, представляющей собой принципиальную организацию системы, воплощенную в ее элементах, их взаимоотношениях друг с другом и со средой, принципы направляющих ее проектирование и эволюцию, включает этапы, представленные на рисунке 1.



Рис. 1. Проектирование архитектурной системы

Систему необходимо проектировать исходя из критериев эффективности, гибкости, расширяемости, масштабируемости процесса разработки, тестируемости, возможности повторного использования, а также сопровождаемости. Для достижения необходимых характеристик разрабатываемого приложения на первом этапе произведено создание модульной структуры, которая позволяет представить продукт в виде стройной системы с однозначно заданными параметрами результата. Декомпозиция как основа является:

- (1) Иерархической: сложная система состоит из небольшого количества более простых подсистем, каждая из которых, в свою очередь, строится из частей меньшего размера, до тех пор, пока самые небольшие части не будут достаточно просты для непосредственного понимания и создания.
- (2) Функциональной: каждый модуль должен отвечать за решение конкретной подзадачи и выполнять соответствующую ей функцию.
- (3) High Cohesion + Low Coupling:: реализация критерия качества декомпозиции – фокусирование модулей на решение конкретных задач с устранением зависимостей.

Второй этап проектирования включает ослабление связанности между модулями, заключающееся в создании интерфейсов и инвертировании зависимостей. На данном этапе необходимо придерживаться двух принципов: модули верхних уровней не должны зависеть от модулей нижних уровней, а также абстракции не должны зависеть от деталей, детали должны зависеть от абстракций.

Последующие шаги позволяют осуществить снижение связности модулей. На третьем этапе происходит замена прямых зависимостей на обмен сообщениями. Иногда модулю нужно всего лишь известить других о том, что в нем произошли какие-то события/изменения и ему не важно, что с этой информацией будет происходить потом. В этом случае модулям вовсе нет необходимости «знать друг о друге», то есть содержать прямые ссылки и взаимодействовать непосредственно, а достаточно всего лишь обмениваться сообщениями (messages) или событиями (events).

Далее необходима замена прямых зависимостей на синхронизацию через общее ядро, так как в системе присутствует большое количество модулей, их прямое взаимодействие друг с другом становится слишком сложным, поэтому взаимодействие «все со всеми» следует заменить на взаимодействие «один со всеми».

Последним этапом разработки приложения является замена наследования модулей на композицию, так как наследование имеет одну из самых сильных связей между объектами, поэтому, по возможности, его следует избегать и заменять композицией. Проектирование базы данных включает этапы, представленные на рисунке 2.



Рис. 2. Этапы проектирования базы данных

Существует семь нормальных форм для отношений между сущностями, но для проектирования достаточно трех:

- (1) Отношение находится в первой нормальной форме, если все его атрибуты просты; все используемые домены должны содержать только скалярные значения. В таблице не должно быть повторений строк;
- (2) Отношение находится во второй нормальной форме, если оно находится в первой форме и каждый неключевой атрибут зависит от первичного ключа;
- (3) Отношение находится в третьей нормальной форме, когда каждая нетривиальная и неприводимая слева функциональная зависимость обладает потенциальным ключом в качестве детерминанта.

Среди распространенных типов архитектур для реализации авторской информационной системы была выбрана архитектура клиент-серверных приложений, так как в дальнейшем необходимо обеспечить доступ потенциальных потребителей (клиентов - оценщиков) к вычислительным мощностям машины, отвечающей за комплексные расчеты. Данный шаблон состоит из двух частей: сервера и множества клиентов. Серверный компонент предоставляет услуги клиентским компонентам, а клиенты запрашивают услуги у сервера, который предоставляет их клиентам. Более того, сервер работает в режиме ожидания клиентских запросов. Из двух разновидностей клиент-серверных приложений (технология «тонкий клиент» и технология «толстый клиент») выбрана первая, что обосновано следующим:

1. Толстые клиенты работают с информацией на основе собственных аппаратных и программных возможностей, в то же время тонкие применяют ПО центрального сервера только чтобы обработать данные, предоставляя системе лишь требуемый графический интерфейс для выполнения работы пользователем. Это значит, что в роли тонких клиентов иногда мы можем увидеть устаревшие или не очень производительные ПК. Тонкий клиент (англ. thin client) в компьютерных технологиях — компьютер или программа-клиент в сетях с клиент-серверной или терминальной архитектурой, который переносит все или большую часть задач по обработке информации на сервер. Примером тонкого клиента может служить компьютер с браузером, использующийся для работы с веб-приложениями.

2. Толстый клиент — клиент, выполняющий запрашиваемые со стороны пользователя манипуляции независимо от ведущего сервера. Основной сервер в такой вариации системной архитектуры может применяться как особое хранилище информации, обработка и конечное предоставление которых просто переносится на локальную машину пользователя. Пример ПК, которые функционируют на основе своей ОС и наполнены полноценным набором ПО для требуемых задач пользователя [37].

3. Технология «толстого клиента» имеет ряд недостатков в реализации методики расчета оценки негативных инфраструктурных экстерналий, в том числе экономическую неэффективность

разработки мощных пользовательских систем, сопровождающихся энергозатратами; обеспечение поддержки сложных устройств и т.д. обеспечивать высокую скорость обработки информации, основная система должна находиться в режиме ожидания, пока на стороне клиента выполняются тяжелые вычисления [38];

4. В технологии «тонкого клиента» вычислительные процессы происходят на стороне основного сервера, представляя клиенту интерфейс для взаимодействия с системой [39], что является основной предпосылкой использования именно этого подхода к процессу проектирования.

Общая архитектура веб-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель» представлена выделением основных его компонентов на рисунке 3.

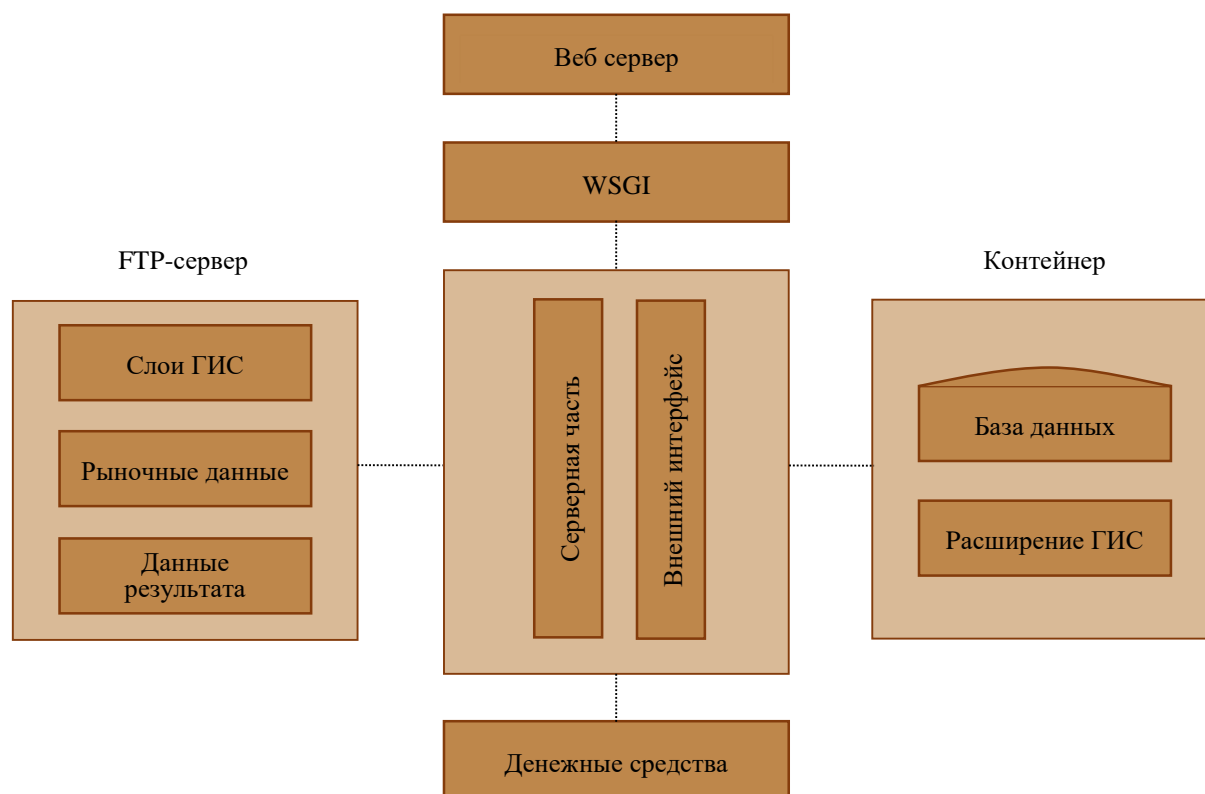


Рис. 3. Архитектура веб-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель»

Для реализации авторского веб-приложения в качестве веб-сервера был определен NGINX, так как скорость его работы превышает возможности Apache в 2-2,5 раза, что подтверждается двумя тестами производительности (1000 и 512 одновременных подключений) [37]; параметры потребления оперативной памяти меньше, чем у Apache [39]; производительность динамического контента, по результатам тестов, одинакова для серверов Apache и NGINX. Его целесообразно использовать в основном для статических веб-сайтов и в качестве обратного прокси-сервера для динамических сайтов. Для взаимодействия веб-сервера с веб-приложениями использовался WSGI, что оправдало применение языка программирования Python при разработке сервиса.

WSGI-сервер Gunicorn был выбран как наиболее легкий и тесно интегрированный со средой Nginx для реализации веб-приложения. Gunicorn – это автономный веб-сервер с широкой функциональностью, основанный на предварительной рабочей модели, что означает наличие центрального главного процесса, который управляет набором рабочих процессов, а все запросы и ответы полностью обрабатываются этими рабочими процессами.

Для исключения каких-либо ошибок в процессе используется back-end платформа, на которой применяется основная логика веб-приложения. Реализация серверной части предопределила

синхронный тип фреймворков, так как информационная система обеспечивает решение бизнес-задач. Django выделяется среди основных синхронных фреймворков на языке программирования Python (Django, Pyramid, TurboGears, Web2py, Flask, Bottle и CherryPy), так как имеет ряд преимуществ перед остальными:

- Большинство инструментов для создания приложения являются частью фреймворка, а не поставляются в виде отдельных библиотек, в то время как Django содержит огромное количество функций для решения большинства задач веб-разработки. Например, разработанное приложение требует ORM, миграции баз данных, аутентификации пользователя, панели администратора;

- Django как фреймворк определяет структуру проекта, которая помогает разработчикам понять, где и как добавить новую логику приложения;

- Внутренняя реализация Django имеет стандартные инструменты безопасности и включает механизмы для предотвращения распространенных атак (инъекция SQL (XSS) и подделка межсайтовых запросов (CSRF)).

Для наглядного отображения работы с бизнес-логикой веб-приложению необходим фронтенд-модуль, который реализован JavaScript-фреймворком React.js, так как он обладает такими преимуществами, как простота изучения и использования, благодаря простому дизайну, использование JSX (HTML-подобный синтаксис) для шаблонов и очень подробной документации; скорость благодаря реализации React Virtual DOM и различным оптимизациям рендеринга; поддержка рендеринга на стороне сервера, что делает его мощной платформой для этого приложения, ориентированного на контент; поддержка Progressive Web App (PWA) благодаря генератору приложений «create-react-app»; простота тестирования и возможность повторного использования кода; возможность создавать приложения с использованием TypeScript или Facebook Flow, которые имеют встроенную поддержку JSX.

Для использования в проекте была выбрана реляционная база данных PostgreSQL, в связи с тем, что данные, с которыми будет вестись работа, структурированы, при этом структура не подвержена частым изменениям. Кроме того, PostgreSQL бесплатен в использовании, имеет широкий набор инструментов, поддерживает расширения для работы с пространственными данными, имеет большой объем обрабатываемой информации и готовые решения для различных задач.

Поддержка обработки пространственных данных о земельных участках и зонах с особыми условиями использования территории в авторском веб-приложении реализована с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом PostGIS. Docker был выбран в качестве инструмента виртуализации для обеспечения инертности среды разработки, что позволило добиться большей производительности от проектируемой системы.

В протоколе передачи файлов FTP реализована возможность аутентификации клиентов путем передачи имени пользователя и пароля в виде открытого текста, управления потоком данных и исправления ошибок, предоставления возможности навигации по структуре каталогов и поиска файлов, создания новых структур каталогов или удаления каталогов, а также сжатия передаваемых данных.

Исходными данными для тестирования информационной системы являются: результаты опроса экспертов, полученные лично авторами исследования; цены сделок купли-продажи земельных участков из АИС «Мониторинг рынка недвижимости» Росреестра [40]; пространственные характеристики объектов инфраструктуры и иных режимобразующих объектов, а также их ЗОУИТ из РГИС Санкт-Петербурга [41]; архив Санкт-Петербургского ГБУ «Городское управление кадастровой оценки», отчеты предыдущего тура кадастровой оценки в Санкт-Петербурге [42].

Готовое приложение осуществляет ролевой подход к проведению оценки недвижимости. По запросу на почту авторы могут предоставить доступ к системе. Порядок взаимодействия администратора с системой представлен на рисунке 4.

Порядок действий администратора

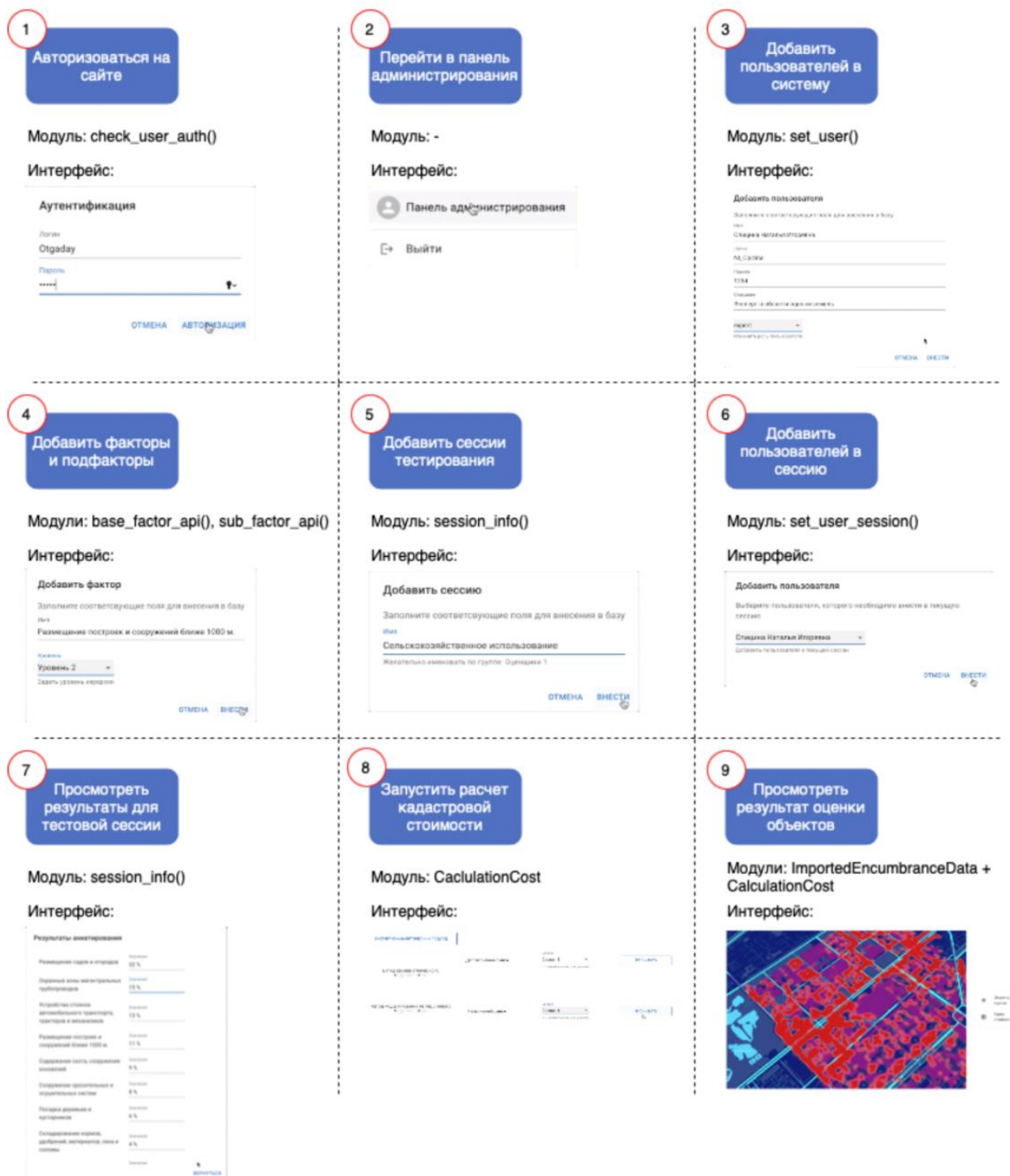


Рис. 4. Этапы работы администратора в приложении

Приложение позволяет эксперту выполнить ряд простых действий, как показано на рисунке 5.

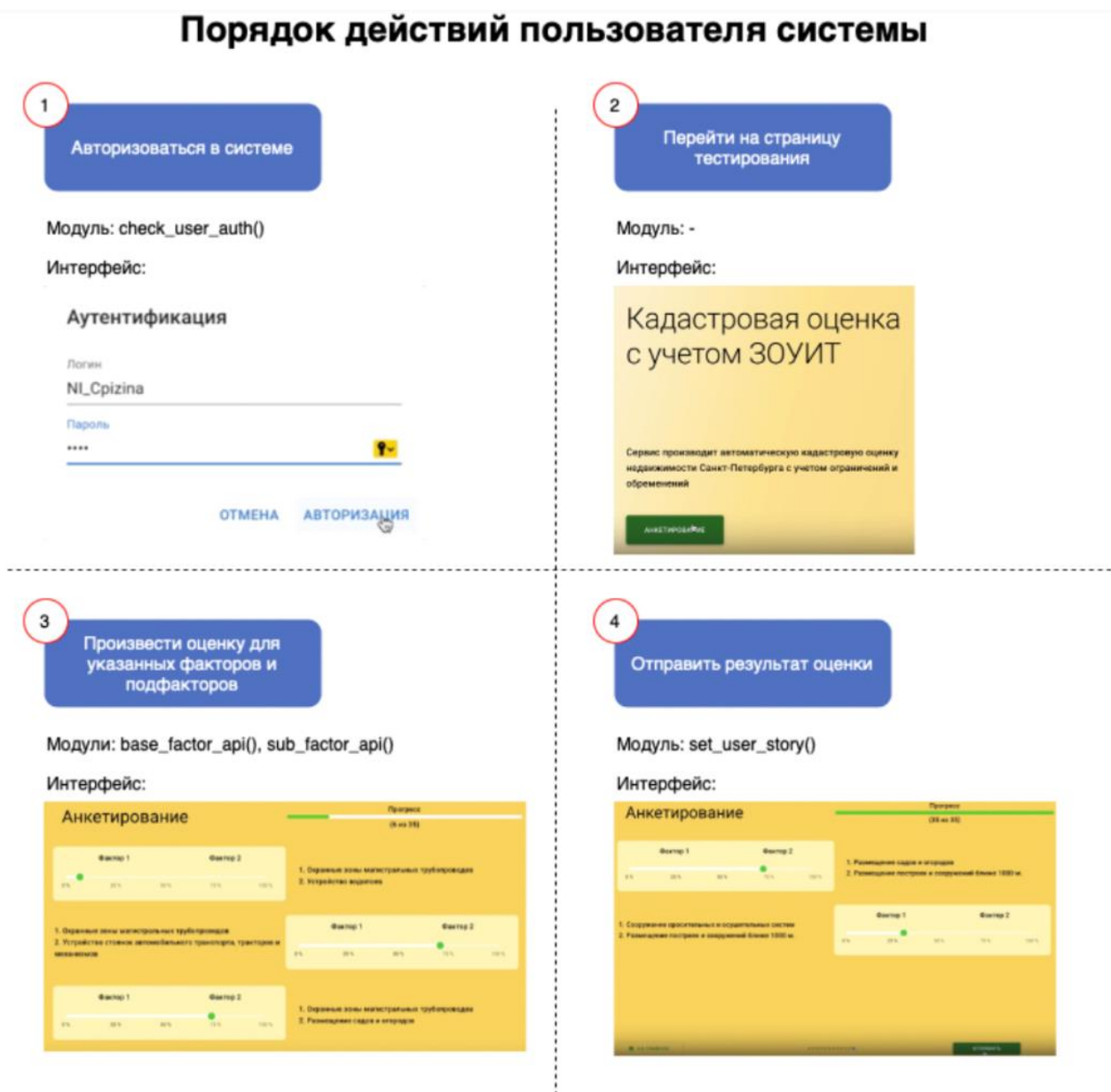


Рис. 5. Схема работы эксперта в приложении

3. Результаты

3.1. Логика веб-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель»

Для реализации бизнес-логики веб-приложения была спроектирована модульная структура, каждая часть которой отвечает за одну глобальную задачу. Концептуально выделяются следующие группы модулей:

- Модуль администрирования, обеспечивающий функции управления (создание и редактирование пользователей и их ролей, разграничение прав доступа к данным и функциям системы и т.д.);
- Модуль обработки геоданных, включающих все пространственные данные публичной кадастровой карты;
- Модуль по обработке рыночных данных по сделкам с земельными участками;
- Модуль по обработке данных анкетирования экспертов для определения коэффициента регламента в ЗОУИТ;

- Расчетный модуль, реализующий методологию расчета кадастровой стоимости в различных условиях рыночной активности;
- Модуль по работе с моделями базы данных, осуществляющий работу с базой данных при помощи ORM.

Схема модулей представлена на рисунке 6.

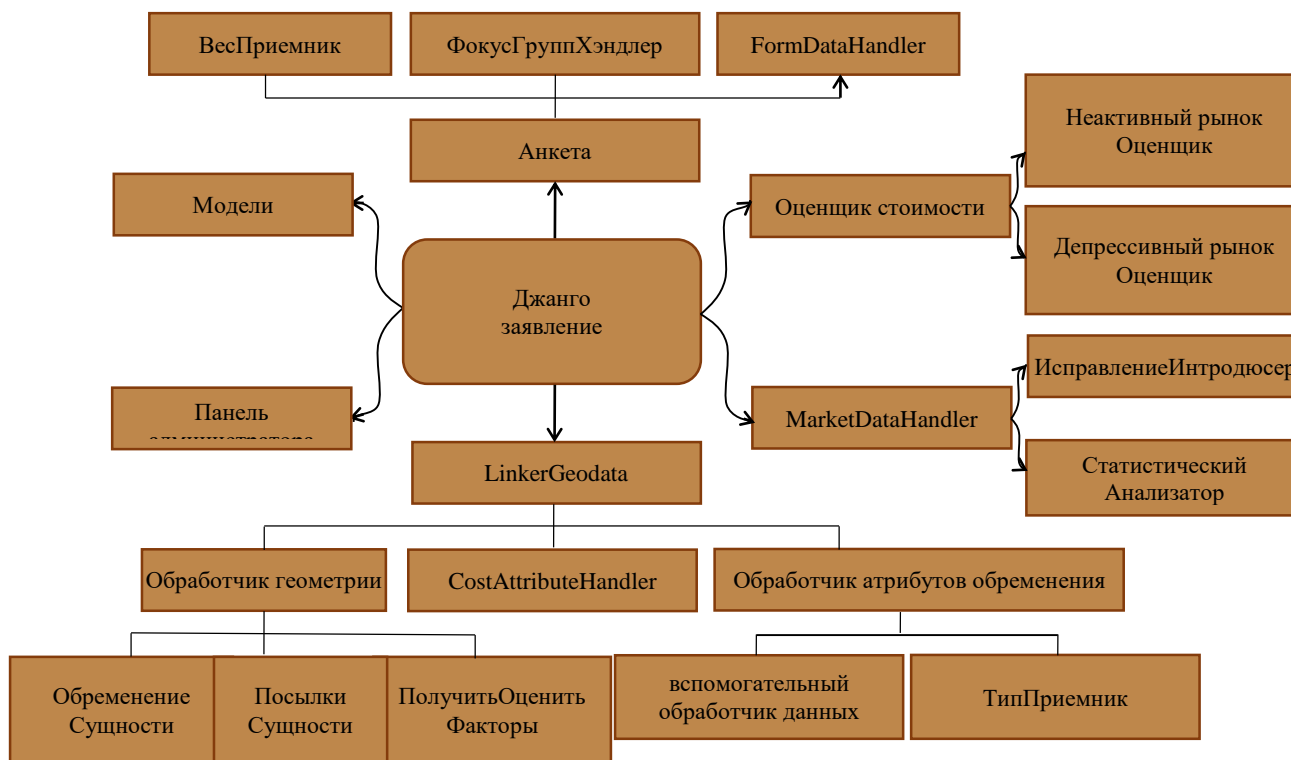


Рис. 6. Модульная реализация логики приложения

Модуль администрирования AdminPanel предназначен для управления данными, предоставления операции по созданию и редактированию пользователей и их ролей. Например, на рисунке 7 представлен интерфейс функции создания записи об эксперте для реализации экспертно-аналитического подхода к оценке НИЭ. Данный модуль отвечает за получение расчетных данных по результатам обработки всей сопутствующей информации, предоставление их в формате xlsx.

Рис. 7. Интерфейс для ввода экспертных данных

Модуль обработки геоданных LinkerGeodata состоит из нескольких подмодулей: GeometryHandler, CostAttributeHandler и EncumbranceAttributeHandler. Каждый из подмодулей отвечает за свои функции: подмодуль GeometryHandler отвечает за обработку геометрии сущностей, подмодуль EncumbranceAttributeHandler отвечает за обработку атрибутивных данных, связанных

с обременениями существей, подмодуль CostAttributeHandler отвечает за получение данных о стоимости из атрибутов геоинформационного слоя. Функции каждого из них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики подмодулей модуля обработки геоданных LinkerGeodata

Элемент подмодуля	Функциональность элементов подмодуля
Подмодуль GeometryHandler	
ParcelEntities	отвечает за обработку геометрии земельных участков, использование различных геопространственных функций для расчета пересечения участков, пространственного вхождения, пересечения и пр.
	отвечает за функционал, связанный с обработкой атрибутивной информации объектов геоинформационного слоя
	позволяет записывать полученные данные в существующую модель базы данных
ReceiverEstimateFactors	отвечает за обработку существей, отражающих исходные объекты по коэффициентам ценообразования
	присваивает значения коэффициентов ценообразования земельным участкам
EncumbranceEntities	отвечает за обработку геометрии ЗОУИТ
	по функционалу аналогичен модулю ParcelEntities
Подмодуль EncumbranceAttributeHandler	
TypeReceiver	отвечает за связь существей ЗОУИТ с пользовательскими данными, указывает тип и вес
AncillaryDataHandler	реализует подготовку вспомогательных данных по ЗОУИТ для дальнейшего расчета
	исходные записи в таблице группируются для выдачи каждому типу ЗОУИТ определенного веса
Подмодуль CostAttributeHandler	
	отвечает за получение данных значений из атрибутов геоинформационного слоя
-	в модуле реализованы функции по фильтрации и преобразованию данных кадастровой стоимости в формат, необходимый для дальнейших расчетов

Модуль MarketDataHandler для обработки рыночных данных включает в себя подмодули CorrectionIntroducer и StatisticalAnalyzer (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики подмодулей модуля MarketDataHandlermodule

Подмодуль	Функциональные возможности подмодуля
CorrectionIntroducer	внесение различных корректировок в рыночные данные
StatisticalAnalyzer	проверка на репрезентативность выборки

Модуль обработки анкетных данных «Анкета» состоит из нескольких подмодулей: WeightReceiver, FocusGroupHandler и FormDataHandler. Данные поступают из формы веб-приложения, которую заполняют эксперты (пример интерфейса представлен на рисунках 8 и 9).

Следует акцентировать внимание на том, что методикой учета негативных инфраструктурных экстерналии, возникающих в связи с наличием обременений на землю предусматривается учет не самих зон с особыми условиями использования территории, а запрещений и ограничений, определяющих регламент использования земель в них (зонах). Поэтому в веб-приложении задействованы запрещения и ограничения, которые получены на основе экстракции из законодательных актов по каждой зоне с особыми условиями использования территории (охранные зоны магистральных трубопроводов, линий электропередач, железных дорог, придорожные полосы автомобильных дорог, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, водоохраные зоны, прибрежные защитные полосы и т.д.) и сопоставление с видом разрешенного использования земельных участков определенного рыночного сегмента. Для садовых и огородных земель такими запрещениями и ограничениями являются представленные на рисунке 9.

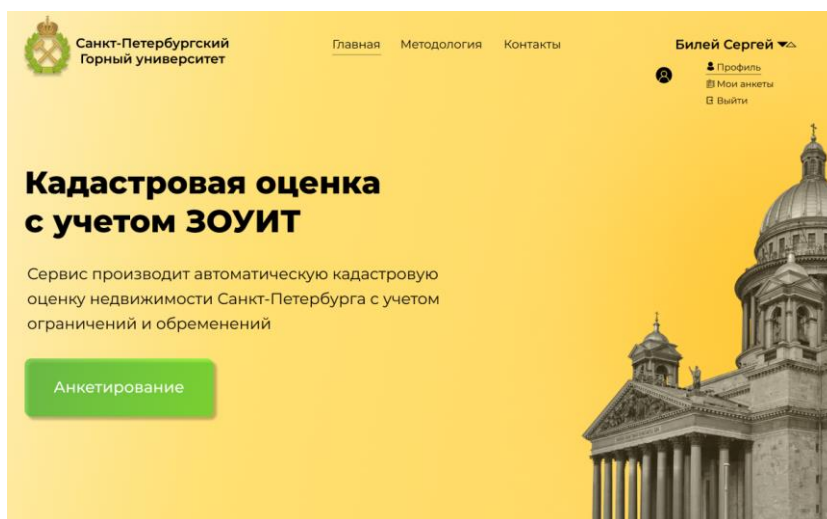


Рис. 8. Интерфейс формы опроса 1



Results of the questionnaires	
Placing gardens and vegetable gardens	Meaning 32 %
Protected zones of the main pipelines	Meaning 15 %
Arrangement motor vehicles, tractors and mechanisms parking	Meaning 13 %
Placement of buildings and structures closer than 1000 m	Meaning 11 %
Livestock keeping, construction of hitching posts	Meaning 9 %
Construction of irrigation and drainage systems	Meaning 8 %
Planting trees and shrubs	Meaning 6 %
Storage of feed, fertilizers, materials, hay and straw	Meaning 4 %
Arrangement of watering holes	Meaning 2 %

Рис. 9. Интерфейс формы опроса 2

Функции каждого из подмодулей модуля Questionnaire представлены в таблице 3:

Таблица 3

Характеристики подмодулей модуля «Анкета»

Подмодуль	Функциональные возможности подмодуля
WeightReceiver	преобразует данные матрицы в представление весов, необходимых для последующих расчетов
FocusGroupHandler	предназначен для управления квалификацией членов экспертной группы; позволяет оценить компетентность эксперта с последующим принятием решения по предоставленным данным
FormDataHandler	предназначен для преобразования данных, предоставленных экспертами, в формат представления информации в матричной форме

Для проведения всех расчетов в рамках оценки был разработан расчетный модуль CostEstimator, подмодули которого реализуют следующие функции (табл. 4):

Таблица 4

Характеристики подмодулей модуля CostEstimator

Подмодуль	Функциональные возможности подмодуля
DepressiveMarketEstimator	реализует методику расчета кадастровой стоимости в условиях отсутствия рыночной активности
InactiveMarketEstimator	реализует методику расчета кадастровой стоимости в условиях слабой рыночной активности

Для реализации функций модулей DepressiveMarketEstimator и InactiveMarketEstimator, указанных в таблице 4, были использованы методики, представленные в монографии [43].

Методика оценки НИЭ в условиях отсутствия рыночной активности предусматривает этапы 1-8, реализация которых не автоматизирована. На первом этапе определяются разрешенные виды деятельности в соответствии с целевым назначением земельного участка:

- 1) для земель населенных пунктов основные и условные виды разрешенного использования – в соответствии с Правилами землепользования и застройки (ПЗЗ);
- 2) для земель иных категорий – в соответствии с классификатором видов разрешенного использования земельных участков и Единым государственным реестром недвижимости.

Определение значимых ЗОУИТ для земель рассматриваемого вида использования включает:

1. Оценку влияния регламента ЗОУИТ на разрешенные виды деятельности посредством их сопоставления;
2. Оценку частоты появления ЗОУИТ на земельных участках определенного вида использования $R_i(Q)$ на основе пространственного анализа территории и определения статистической вероятности $P_i(Q)$:

$$P_i(Q) = \frac{g_{\text{ЗОУИТ}i}}{G_{\text{ЗУ}}} \quad (1)$$

где $G_{\text{ЗУ}}$ – общая площадь земельных участков; $g_{\text{ЗОУИТ}i}$ – общая площадь i -й ЗОУИТ как мера, выражающая количество благоприятствующих событий Q исходов;

$$R_i(Q) = \frac{g_{\text{ЗОУИТ}i}}{G_{\text{ЗОУИТ}}} \quad (2)$$

где $R_i(Q)$ – относительная частота появления определенного вида ЗОУИТ на земельных участках; $G_{\text{ЗОУИТ}i}$ – общая площадь всех ЗОУИТ.

На основе изучения нормативных правовых актов Российской Федерации по ЗОУИТ выполняется систематизация и анализ регламента ЗОУИТ, включающая выявление и структуризацию всех видов ЗОУИТ, группировку и кодификацию запрещений и ограничений в ЗОУИТ, анализ регламента каждой ЗОУИТ на предмет повторяемости запрещений и ограничений, на синонимию, сущностное единство и т.д. Далее сопоставляется регламент ЗОУИТ с возможными видами деятельности на земельных участках рассматриваемого вида использования.

Экспертные исследования начинаются с формулировки цели анализа, которая заключается в изучении влияния наличия ЗОУИТ и запрещений и ограничений в них на эффективность и полноту использования земель. Для использования экспертного подхода к оценке НИЭ важными этапами являются построение качественной иерархической модели, разработка экспертной анкеты и отбор экспертов.

Иерархическая модель включает три уровня: цель (пятый этап методики); факторы II уровня – группировка запрещений и ограничений по видам сельскохозяйственной деятельности на основе третьего этапа методики; факторы III уровня – ограничения и запрещения сельскохозяйственной деятельности в ЗОУИТ (этапы 3-4). Преимуществом данной структуры является возможность расчета коэффициентов влияния конкретных запрещений и ограничений.

Экспертная анкета составлена по иерархическому принципу и содержит 10 таблиц, в первой из которых происходит попарное сравнение групп запрещений и ограничений, в других таблицах сравниваются сами запрещения и ограничения в разрезе каждой группы видов хозяйственной деятельности. Форма разработанной экспертной анкеты представлена в Приложении А данной статьи [43].

Подбор состава экспертов для оценки является наиболее ответственным этапом методики, поскольку эксперты должны быть компетентны для выполнения цели исследования. Определены общие требования к экспертам: компетентность в области исследования; не должны принимать решение на основе полученной информации; непосредственная задействованность в использовании земель; сочетание узкой специализации с широким кругозором; наличие производственного или жизненного опыта. В зависимости от вида разрешенного использования земель к составу экспертов предъявляются специфические требования. Например, для земель сельскохозяйственного назначения подбираются специалисты, непосредственно работающие в сельском хозяйстве или осуществляющие управление указанными землями (работники сельскохозяйственных предприятий, главы и члены крестьянских (фермерских) хозяйств); для земель садово-огородных земель к вышеуказанным экспертам добавлены действующие председатели и члены садоводческих и огороднических некоммерческих объединений, а также правообладатели таких участков. В последнем случае добавлено требование к сроку обладания правами на земельные участки (не менее 5 лет).

Автоматизированные этапы методики представлены в виде таблицы 5.

Таблица 5

Автоматизированные этапы методики оценки НИЭ (в условиях отсутствующей рыночной активности)

Этапы	Описание
9. Получение экспертных оценок	<p>Попарное сравнение факторов по отношению к их воздействию (весу или интенсивности) на эффективность и полноту использования земель (9-ти бальная шкала относительной важности).</p> <p>При заполнении матриц определяется степень влияния:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Групп факторов II уровня на цель анализа (I уровень) ответом на вопрос: «Какая группа запрещений видов деятельности сильнее влияет на эффективность и полноту использования земель?». 2. Запрещения каждого вида деятельности в группе запрещений ответом на вопрос: «Какой вид запрещений деятельности сильнее влияет на каждый вид деятельности?».
10. Обработка полученной информации и определение степени согласованности мнений экспертов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка компонент собственного вектора каждого фактора: $a_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot \dots \cdot a_{ij} \cdot \dots \cdot a_{in}}$, где a_{ij} – элементы матрицы ответов экспертов A, n – число сравниваемых элементов (влияющих факторов). 2. Нормализация оценок экспертов: $w_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$ 3. Вычисление сумм элементов a_{ij} по столбцам: $b_{ij} = a_{1j} + \dots + a_{nj} = \sum_{i=1}^n a_{ij}$.

Этапы	Описание
	<p>4. Вычисление максимального собственного числа матрицы (λ_{\max}): $\lambda_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \cdot w_j$;</p> $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \lambda_i .$ <p>5. Расчет индекса согласованности (ИС): $ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$.</p> <p>6. Определение средней согласованности (СС), получаемой при случайном выборе количественных суждений из шкалы 1/9, 1/8, ..., 1, 2, ..., 9, но при образовании обратносимметричной матрицы [39].</p> <p>7. Расчет отношения согласованности $ОС = \frac{ИС}{СС}$ и оценка качества эксперта.</p>
11. Расчет весовых коэффициентов $k_{\beta v}$ запрещений и ограничений видов деятельности в ЗОУИТ	<p>1. Определение $k_{\beta v}$ запрещений и ограничений видов деятельности: $k_{\beta v} = W_i \cdot w_i$, где W_i - вес группы запрещений и ограничений; w_i – значение вклада в группу самих запрещений и ограничений.</p> <p>2. Анализ разброса и согласованности оценок экспертов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • вариационный размах: $R = x_{\max} - x_{\min}$, где x_{\max} – максимальная оценка фактора; x_{\min} – минимальная оценка фактора; • среднее квадратическое отклонение (СКО): $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_{cp})^2}{m - 1}}$, где x_j оценка, данная j-тым экспертом; m – количество экспертов; \bar{x}_{cp} – среднее значение в ряду; • коэффициент вариации: $V = \frac{\sigma}{\bar{x}_{cp}} \cdot 100\%$. <p>Мнения экспертов согласованы при $V < 33\%$.</p>
12. Расчет коэффициентов регламента K_i для каждой ЗОУИТ и модификаций их наложений при пересечениях	<p>Коэффициент регламента, показывающий оставшуюся эффективность использования обремененной части земельного участка: $K_i = 1 - \sum_{i=1}^n k_{\beta v}$, где n – количество запрещений и ограничений.</p>

Методика оценки НИЭ в условиях слабой рыночной активности полностью автоматизирована в подмодуле InactiveMarketEstimator и включает:

Обработку исходной картографической основы и исходной рыночной информации, формирование выборок данных с наличием и отсутствием ЗОУИТ;

Выявление ценообразующих факторов рыночной стоимости земельных участков;

Корректировка рыночных данных по элементам сравнения на условия продажи (скидка на предложение, на дату продажи, на передаваемые имущественные права, на условия продажи);

Ранжирование значений ценообразующих факторов и расчет относительных показателей качества:

$$Q_i = \frac{l_i - q_{\text{бр}}}{q_{\text{эт}} - q_{\text{бр}}} \quad (3)$$

где Q_i – относительный показатель качества i-того объекта-аналога (земельного участка); l_i – абсолютное или ранговое значение фактора стоимости i-того объекта-аналога; $q_{\text{бр}}$ – отбраковочное (минимальное) значение среди значений одного фактора для объектов-аналогов; $q_{\text{эт}}$ – эталонное (максимальное) значение среди значений одного фактора для объектов-аналогов;

Определение весов и взвешенных относительных показателей качества ценообразующих факторов:

Для расчета весов (G_i) используется условие максимизации коэффициента детерминации, который показывает качество модели расчета стоимости в зависимости от коэффициента качества, при изменении массива весовых коэффициентов, при условии, что их сумма равна 100 %.

Взвешенные относительные показатели качества определены путем умножения полученных весов на значения Q_i .

Проверка ценообразующих факторов на мультиколлинеарность (определение коэффициентов частичной корреляции (КЧК) между факторами и стоимостью земли, а также КЧК между самими факторами).

При наличии мультиколлинеарности факторов ($KЧК > 0,75$) исключается тот, который наименее коррелирует с рыночной стоимостью, и процедура определения весов ценообразующих факторов повторяется.

Определение интегральных коэффициентов качества (ИКК) для каждого земельного участка:

$$ИКК_i = \sum_{i=1}^p Q_i \cdot \sum_{i=1}^p G_i \quad (4)$$

где G_i – весовой коэффициент ценообразующего фактора.

Построение моделей стоимости земель с учетом и без учета наличия определенного вида ЗОУИТ (регрессионный анализ);

Расчет коэффициента регламента выполняется по формуле:

$$K_i = \frac{Y_{с_ЗОУИТ}}{Y_{без_ЗОУИТ}}, \quad (5)$$

где $Y_{с_ЗОУИТ}$ – удельный показатель кадастровой стоимости эталонного земельного участка с учетом ЗОУИТ; $Y_{без_ЗОУИТ}$ – удельный показатель кадастровой стоимости эталонного земельного участка без учета ЗОУИТ.

Последним этапом методики является расчет кадастровой стоимости (КС) земельного участка с учетом коэффициента регламента (запрещений и ограничений хозяйственной деятельности), который осуществляется по формуле:

$$КС = \sum_{i=1}^n (УПКС \cdot S_{ЗОУИТ_i} \cdot K_i) + УПКС \cdot S_{необр} \quad (6)$$

где $УПКС$ – удельный показатель кадастровой стоимости по сегменту рынка; $S_{необр}$ – площадь необремененной части земельного участка; n – количество обремененных частей земельного участка, образованных ЗОУИТ, в том числе их наложением при пересечении.

Модуль Models отвечает за работу с базой данных при помощи объектно-реляционного отображения (Object-Relational Mapping – ORM), цель которого преобразовать описание структуры данных и работу с ними из императивного языка программирования в декларативный.

Таким образом, совокупная работа модулей позволяет реализовать методику расчета кадастровой стоимости земельных участков в условиях слабой рыночной активности и графически отобразить объекты оценки и результаты расчета стоимости в виде тепловой карты с экстремумами (рис. 10 и 11, видео 1).

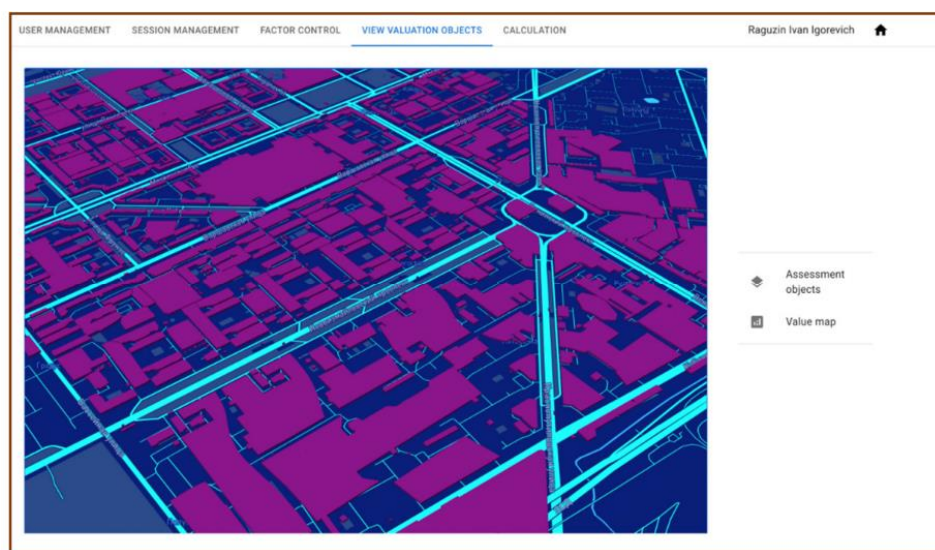


Рис. 10. Результаты расчета значений



Рис. 11. Тепловая карта с экстремальными значениями

3.2. Структура базы данных информационной системы «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земли»

Для отображения структуры базы данных используются UML-приложения. По каждой группе моделей для обеспечения информационного сопровождения процессов разработаны структуры сущностей.

В группу моделей процесса анкетирования входят сущности, показанные на рисунке 12. Сущности SubFactor и BaseFactor являются хранилищем информации по сравниваемым факторам. Для реализации методологии сущность хранилища факторов разделена на две составляющие, отражающие основную и второстепенную группы факторов соответственно. Сущности ExpertAnswerSub и ExpertAnswerBase являются хранилищами данных для ответов экспертов и служат для реализации методологии расчета и отражения ретроспективы.

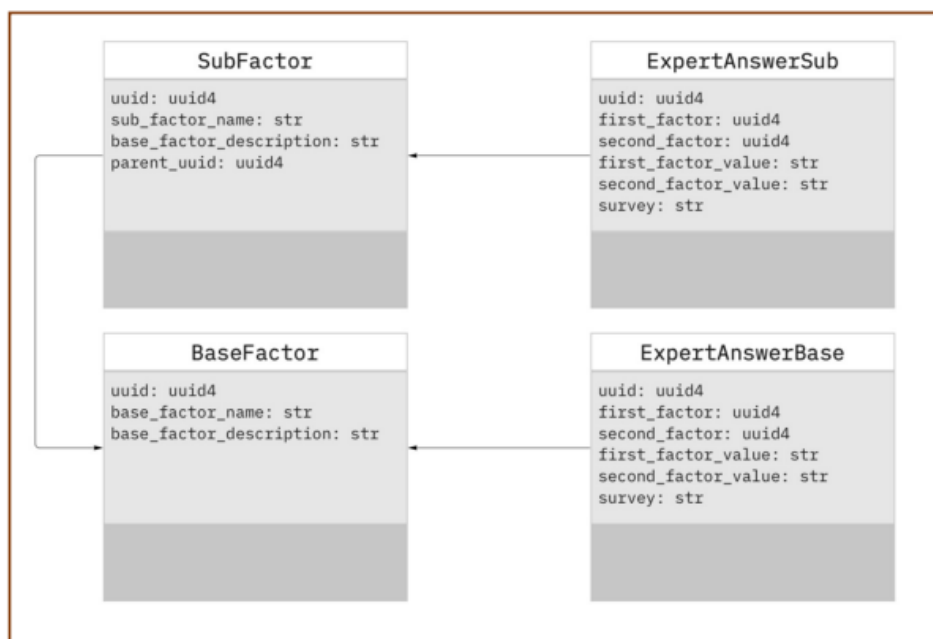


Рис. 12. UML-представление группы моделей процесса анкетирования

Группа моделей пользователей включает в себя сущности, показанные на рисунке 13. Сущность User хранит информацию о существующих пользователях с их кратким описанием: UserAuth – информация об аутентификации пользователя, где указан модификатор входа хэш-функции; StatusAccount – информация о существующих типах ролей пользователей (необходима для ограничения доступа к данным); PassSurveyInfo – информация о прохождении анкетирования пользователями.

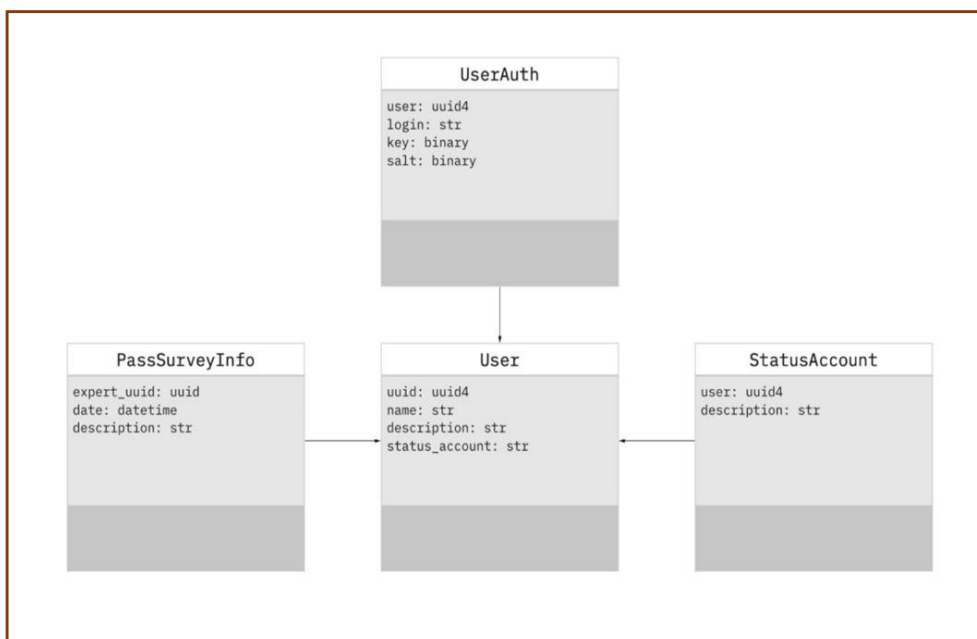


Рис. 13. UML-представление группы пользовательских моделей

Группа моделей расчетных данных включает сущности ExpertData, ResultData, Parcels и MarketData, что обосновано необходимостью расчетов и хранения информации по методикам, согласно [43]. Указанная структура представлена на рисунке 14.

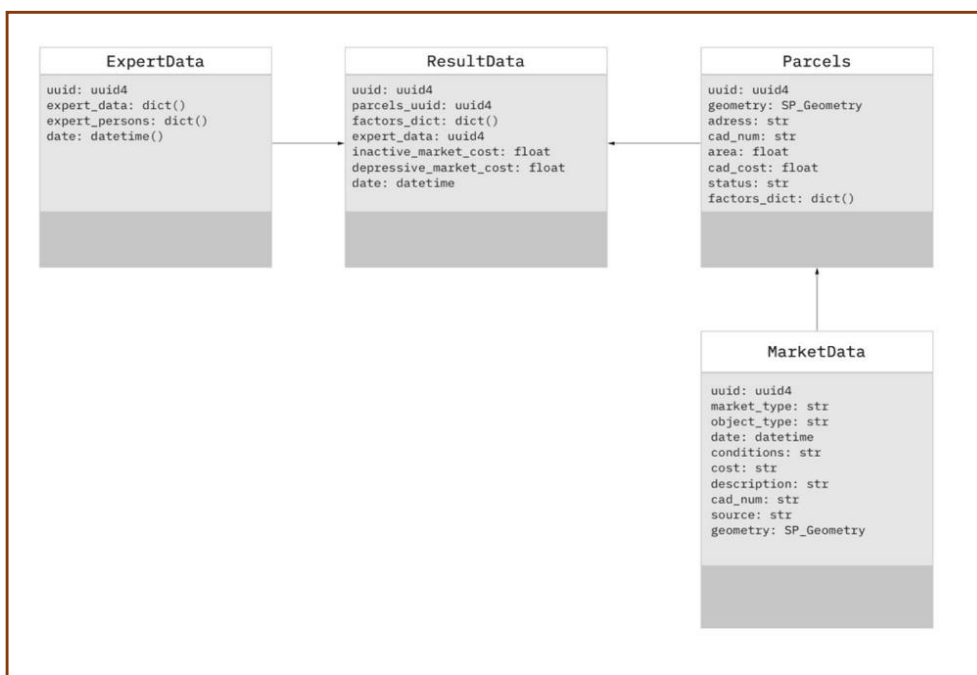


Рис. 14. UML-представление группы моделей расчетных данных

Как видно из рисунка 8, сущность ExpertData хранит результаты обработки данных экспертов, массив экспертов, предоставивших данные, и время проведения экспертизы; сущность ResultData хранит значения кадастровых стоимостей, полученных по разным методикам, а также данные, на основании которых производились расчеты. Информация о геометрии земельных участков с сопутствующими атрибутивными данными содержится в сущности Parcels, а информация о рыночных данных (тип сделки, цена предложения, условия сделки, дата сделки, геометрия) – в сущности MarketData.

Аналогично созданы группы моделей по обременениям (сущности Encumbrance и TypeEncumbrance) и по объектам-источникам ценообразующих факторов (сущности FactorSourceEntities и TypeFactorSource) (табл. 6).

Таблица 6

Характеристика сущностей групп моделей по обременениям и объектам-источникам ценообразующих факторов

Сущность	Информация
группа моделей по обременениям	
Encumbrance	информация о геометрии обременений с сопутствующей атрибутивной информацией
TypeEncumbrance	информация о наименованиях типов обременений, значения весов, соответствующих каждому типу обременения
группа моделей по объектам-источникам ценообразующих факторов	
FactorSourceEntities	информация о сущностях объектов-источниках ценообразующих факторов (тип объекта-источника, геометрия, значения фактора)
TypeFactorSource	информация о типе объекта-источника ценообразующих факторов с кратким описанием

Совокупная работа модулей представлена на Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/1w4DJPIIRE35bmz8dk-k9bVB5pNWvs3cN/view?usp=sharing> (дата обращения: 1 июля 2022 г.).

Программный код веб-приложения был реализован с использованием языка программирования Python. Фрагмент программного кода представлен на рисунке 15.

```
def _prepare_integral_quality_factors(self) -> List[float]:
    sum_integral_quality_factors = []
    for df_index in self.sub_dataframe.index[1:]:

        integral_quality_factors = []
        for factor_index in range(len(self._factors)):
            integral_quality_factors.append(self.sub_dataframe[self._factors[factor_index]][df_index] * \
                                           self._pulp_qm_variable[factor_index])

        sum_integral_quality_factors.append(sum(integral_quality_factors))
    return sum_integral_quality_factors

def _create_objection_function(self):
    integral_quality_factors = self._prepare_integral_quality_factors()
    estimations = TunerWeights._prepare_estimations_for_integral_quality_factor(integral_quality_factors,
                                                                                self.df['cost'])
    self.pulp_model += np.corrcoef(self.df['cost'], estimations)[0, 1] ** 2

def _create_contractions(self):
    self.pulp_model += sum([self._pulp_qm_variable[idx] for idx in self.df.index]) == 1

@staticmethod
def _create_exp_model(x: List[float], y: np.array) -> Tuple[float, float]:
    slope, intercept, _, _, _ = linregress(x=x, y=list(map(math.log, y.to_list())))
    m = math.exp(slope)
    b = math.exp(intercept)
    return m, b

@staticmethod
def _prepare_estimations_for_integral_quality_factor(integral_quality_factors: List[float],
                                                    costs: np.array) -> list:
    m, b = TunerWeights._create_exp_model(integral_quality_factors, costs)

    def model_approration(x: float) -> float:
        return (m * b) ** x
```

Рис. 15. Фрагмент модуля InactiveMarketEstimator

В результате проведенного исследования были получены следующие научно-практические результаты:

1. Обоснована необходимость автоматизации оценки негативных инфраструктурных экстерналий в условиях различной активности рынка недвижимости для определения стоимости земель. Применение современных подходов к автоматизации, а также использование пространственного анализа территории на базе ГИС-технологий, компьютеризированных баз данных и языков программирования позволит повысить оперативность оценочных работ, обеспечит более высокую точность результатов за счет уменьшения влияния человеческого фактора и формализации определенных алгоритмов оценки.

2. Разработана и обоснована архитектура Web-приложения «Оценка негативных инфраструктурных экстерналий для определения стоимости земель» на основе технологии «тонкого» клиента. Предлагаемая архитектура содержит Web-сервер, WSGI-сервер, платформу back-end, модуль front-end, FTP-сервер, реляционную базу данных PostgreSQL, программное обеспечение PostGIS и Docker и позволяет принципиально организовать взаимодействие всех структурных элементов проектируемой информационной системы.

3. Реализована модульная структура указанного Web-приложения, позволяющая осуществлять его бизнес-логику. Предлагаемый комплекс модулей включает в себя функционал, необходимый для выполнения оценки негативных инфраструктурных экстерналий с целью определения стоимости земель, и обеспечивает менеджмент пользователей информационной системы и их ролей, обработку геоданных, рыночных данных по сделкам с землей, данных анкетирования экспертов, работу с банком данных, а также реализацию методологии расчета кадастровой стоимости в условиях отсутствующей и слабой рыночной активности земельных отношений.

4. Разработана концептуальная модель базы данных, которая в перспективе станет информационным ядром проектируемой системы. Предлагаемая модель включает несколько групп (группа моделей процесса анкетирования, группа моделей пользователей, группа моделей расчетных данных, группы моделей по обременениям и по объектам-источникам ценообразующих факторов), соответствующих методике [28] и позволяющих автоматизировано оценить негативные инфраструктурные экстерналии при определении стоимости земель.

5. Практическая реализация архитектуры Web-приложения, его модульной структуры и концептуальной модели базы данных осуществлена по средством языка программирования Python.

4. Обсуждение

В современных условиях необходимости цифровизации и автоматизации земельно-оценочных работ разработка новых способов получения точных результатов оценки в короткие сроки приобретает особую роль для регулирования земельных отношений.

Сопоставление результатов авторского программного решения, представленного в данной работе, с подобными разработками позволило отметить:

Во-первых, в мобильном приложении ГИС Aydinoglu A.C. и Bovkir R., предназначенном для различных тематических анализов информации о земле [44], схожая архитектура тонкого клиента, с отличием в том, что вместо веб-интерфейса используется мобильное приложение. При этом представляемая авторская разработка обладает преимуществом в части возможности редактирования атрибутивной информации и функции анкетирования экспертной группы, но не предусматривает использование нечетких множеств для расчета ценообразующих факторов.

Во-вторых, структура искусственной нейронной сети с глубоким обучением для пространственного моделирования в процессе массовой оценки, использованная Wei C., Fu M., Wang L., Tang F. и Xiong Y., и позволяющая рассматривать большие данные [45], имеет сходство в создании базы данных и применении пространственного анализа с представленной разработкой, отличаясь методами создания архитектуры ГИС-приложения.

В-третьих, данная разработка в отличие от веб-приложения для автоматизации оценки недвижимости Op 't Veld D., Bijlsma E., Van De Hoef P [46] позволяет помимо автоматизации процесса массовой оценки учитывать НИЭ.

Из достоинств настоящих исследований можно отметить алгоритм учета инфляции цен на объекты недвижимости при ее оценке, из недостатков – отсутствие занесения собственных рыночных данных, в проекте используется интерфейсы обмена с риэлтерскими агентствами, специализированных агентств, что потенциально может вызывать проблемы с качеством используемой информации. В качестве ее контроля используются автоматизированные алгоритмы через проверки правдоподобия.

Результаты исследований соотносятся с выводами Clark, S.D., Lomax, N. о том, что применение веб-приложений и машинного обучения как для получения данных, так и для обработки и расчетов, может способствовать повышению эффективности оценки недвижимости и производительности труда [47].

Разработанный алгоритм, как видно из вышесказанного, составляет перспективное направление для практики и теории земельно-оценочных работ, совмещая в себе основы технологии учета в оценке негативных инфраструктурных экстерналий и автоматизации самого процесса оценки. Явным преимуществом данного веб-приложения является широкий спектр учитываемых ограничений земельных участков, автоматический расчет стоимости земель с учетом мнений экспертов.

Основными преимуществами авторской концепции архитектурной системы автоматизированной оценки земель являются:

Во-первых, гибкость и универсальность реализации экспертного подхода, что позволяет проводить не только оценку стоимости земель с учетом негативных инфраструктурных экстерналий, но и, изменяя параметры настройки (цель оценки, факторы, объекты исследования и т.д.), получать результаты экспертизы для целей прогнозирования и планирования развития территорий, принятия управленческих решений в области использования земельных ресурсов;

Во-вторых, удобство и простота визуализации и интерпретации проведения анкетирования экспертов в созданной среде программного продукта;

В-третьих, единство и структурированность базы данных по объектам оценки и экспертным результатам с возможностью пространственной визуализации в ГИС;

В-четвертых, сформировано единое автоматизированное рабочее пространство как для оценщика, так и для участников, причастных оценочной деятельности,

В-пятых, кросс-платформенность веб-приложения, позволяющая работать на любой операционной системе, в том числе и с открытым исходным кодом, что снижает затраты на программное обеспечение;

В-шестых, реализация тонкого клиента позволит снизить затраты на внедрение приложения в производство, т.к. аппаратное обеспечение пользователей приложения не требовательно к вычислительным мощностям, тяжелые операции делегируются серверу.

В качестве недостатков можно отметить: необходимость квалифицированного персонала, который способен расширять систему под нужды оценщиков; интерфейс редактирования пространственных данных имеет ряд сложностей, поэтому подготовка геоинформационных слоев реализуется в другом программном обеспечении; отсутствие интеграции с привычными для оценщика инструментами, например MS Excel; использование реляционной базы данных для хранения информации, что усложняет использование облачных вычислений. Кроме того, оценочная деятельность зачастую сопровождается неструктурированной информацией, что вызывает проблему ее обработки при выборе реляционного типа базы данных.

В качестве перспективных направлений исследований предполагается внедрение информационной системы для целей кадастровой и индивидуальной оценки земель, совершенствование интерфейса веб-приложения с целью удовлетворения запросов потенциальных пользователей предлагаемого продукта (оценщиков, риэлторов, правообладателей земельных участков), а также расширение задач оценки НИЭ в условиях активного земельного рынка.

По результатам тестирования применение приложения позволит в будущем сократить трудовые и временные затраты оценщика на 66 % от общего цикла работ, за счет автоматизации этапов по разработке экспертных анкет (частично), доставки анкет экспертам, обработки результатов анкетирования, расчета коэффициентов запретов и ограничений деятельности в ЗОУИТ, коэффициентов регламента, показывающих остаточную эффективность использования обремененной

части земельного участка, выполнения пространственных операций на вычленение необходимых атрибутов, расчета кадастровой стоимости земельного участка.

Ценность данного исследования заключается в перспективной возможности использования его результатов для широкого круга субъектов в области оценки недвижимости, включая государственные бюджетные учреждения субъектов Российской Федерации при проведении кадастровой оценки и частные оценочные организации при проведении индивидуальной оценки. Элементы исследования внедрены в учебный процесс Санкт-Петербургского горного университета при подготовке бакалавров направления 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» (профиль подготовки «Городской кадастр») и магистров направления – 21.04.02 «Землеустройство и кадастры» (профиль подготовки – «Управление объектами недвижимости и комплексное развитие территорий»). Такое академическое творчество способствует большей интеграции компетентностного подхода к обучению с современными реалиями и требованиями производственной деятельности.

5. Патенты

В Патентном ведомстве России авторами данной статьи получено авторское свидетельство на компьютерную программу для оценки НИЭ в условиях неактивного рыночного оборота земельных ресурсов. Номер свидетельства RU 2022611081 [программа для оценки негативных инфраструктурных экстерналий в условиях неактивного рыночного оборота земельных ресурсов. Доступно онлайн: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47785421> (дата обращения: 1 июля 2022 г.)].

Вклад авторов: концептуализация, Е.Б. и И.Р.; обработка данных, И.Р. и И.Д.; формальный анализ, Е.Б.; получение финансирования, Е.Б.; изучение, М.С.; методология, Е.Б.; ресурсы, Е.Б. и И.Д.; программное обеспечение, И.Р. и М.Б.; наблюдение, Е.Б.; проверка, Е.Б., М.С. и И.Д.; визуализация, И.Р. и М.Б.; написание первоначального варианта, Е.Б., М.С., И.Р. и И.Д.; написание – просмотр и редактирование, И.Д. и М.Б. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Финансирование: исследование выполнено за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности на 2021 г. № ФСРВ-2020-0014.

Заявление об информированном согласии: информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании.

Заявление о доступности данных: материалы могут быть высланы по запросу по почте.

Конфликты интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Приложение А

АНКЕТА ДЛЯ ЭКСПЕРТОВ

Определение влияния ЗОУИТ на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Эксперт (ФИО): _____

Возраст: _____ Дата заполнения анкеты: _____

Место работы: _____

Должность и специализация: _____

Опыт работы: _____

Цель экспертного анализа: определение весовых коэффициентов влияния ЗОУИТ на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения.

Информированное согласие: Мне был объяснен общий характер данного исследования. Я понимаю, что мне будет предложено сравнить влияние ограничений на возможность осуществления хозяйственной деятельности на земле. Мое участие в этом исследовании займет в общей сложности около 25 минут. Я понимаю, что мои ответы будут использованы для получения коэффициентов влияния ЗОУИТ на эффективность использования сельскохозяйственных земель. Эти коэффициенты в дальнейшем могут быть использованы для оценки земельных участков.

Моя подпись ниже означает мое добровольное участие в данном опросе.

Дата

Подпись

Фамилия Имя Отчество

Постановка вопроса заключается в сравнении каждого i -того ограничения, предложенного эксперту ($i = 1, 2, \dots, n$), с другим ограничением из того же множества; иными словами, ограничения сравниваются попарно. При сравнении необходимо использовать шкалу относительной важности (шкала относительного приоритета одного ограничения в паре относительно другого, оцениваемая в баллах) (табл. A1).

Таблица A1

Шкала относительной важности

Суждение	Пункт	Пояснение
Равная важность	1	Равный вклад в достижение цели
Промежуточное суждение	2	
Умеренное превосходство	3	Опыт и суждение дают легкое превосходство одного над другим
Промежуточное суждение	4	
Существенное превосходство	5	Существует осязаемое превосходство одного над другим
Промежуточное суждение	6	
Значительное превосходство	7	Существует сильное превосходство одного над другим
Промежуточное суждение	8	
Очень сильное превосходство	9	Подавляющее превосходство одного над другим

Вопрос: Какой вид ограниченной деятельности сильнее влияет на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения?

Таблица A2

Таблица парных сравнений групп ограничений, влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения										
	Ограничения в строительстве	Ограничения в животноводстве	Ограничения многолетних насаждений	Ограничения земляных работ	Ограничения ирригации	Ограничения в использовании отходов	Ограничения в хранении материалов	Ограничения в использовании удобрений	Ограничения в использовании техники	Ограничения в размещении животноводческих и птицеводческих предприятий
Ограничения в строительстве	1									
Ограничения в животноводстве	X	1								
Ограничения многолетних насаждений	X	X	1							
Ограничения земляных работ	X	X	X	1						
Ограничения ирригации	X	X	X	X	1					
Ограничения в использовании отходов	X	X	X	X	X	1				
Ограничения в хранении материалов	X	X	X	X	X	X	1			
Ограничения в использовании удобрений	X	X	X	X	X	X	X	1		
Ограничения в использовании техники	X	X	X	X	X	X	X	X	1	
Ограничения в размещении животноводческих и птицеводческих предприятий	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1

Таблица А3

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в животноводстве»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в животноводстве	Содержание скота и организация для него летних лагерей	Устройство водопоев и ванн для скота	Выпас скота, устройство полевых станов
Содержание скота и организация для него летних лагерей	1		
Устройство водопоев и ванн для скота	X	1	
Выпас скота, устройство полевых станов	X	X	1

Таблица А4

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в строительстве2»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в строительстве	Снос и реконструкция зданий, строений и сооружений	Капитальный ремонт	Устройство заграждений и других препятствий	Любое строительство
Снос и реконструкция зданий, строений и сооружений	1			
Капитальный ремонт	X	1		
Устройство заграждений и других препятствий	X	X	1	
Любое строительство	X	X	X	1

Таблица А5

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения многолетних насаждений»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения многолетних насаждений	Вырубка древесной растительности	Посадка древесной растительности	Организация монументальных клумб
Вырубка древесной растительности	1		
Посадка древесной растительности	X	1	
Организация монументальных клумб	X	X	1

Таблица А6

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения орошения»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения на орошение	Мелиоративные работы (в том числе временное затопление земель)	Полив при высоте струи более 3 м	Устройство оросительных и осушительных систем и каналов
Мелиоративные работы (в том числе временное затопление земель)	1		
Полив при высоте струи более 3 м	X	1	
Устройство оросительных и осушительных систем и каналов	X	X	1

Таблица А7

Таблица парных сравнений видов деятельности («Ограничения земляных работ»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения земляных работ	Распашка на глубину более 0,3 м (на пашне – более 0,45 м)	Удаление дернового покрова	Планировка территории	Вспашка земель, размещение огородных и садовых земельных участков
Распашка на глубину более 0,3 м (на пашне – более 0,45 м)	1			
Удаление дернового покрова	X	1		
Планировка территории	X	X	1	
Вспашка земли, размещение огородных и садовых земельных участков	X	X	X	1

Таблица А8

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в использовании отходов»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в использовании отходов	Выпуск поверхностных и хозяйственно-бытовых вод	Сброс промышленных и сельскохозяйственных вод	Размещение скотомогильников
Выпуск поверхностных и хозяйственно-бытовых вод	1		
Сброс промышленных и сельскохозяйственных вод	X	1	
Размещение скотомогильников	X	X	1

Таблица А9

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в хранении материалов»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в хранении материалов	Складирование материалов (сено, удобрения, корма и т.д.)	Размещение навозохранилища	Хранение агрессивных химических материалов
Складирование материалов (сено, удобрения, корма и т.д.)	1		
Размещение навозохранилища	X	1	
Хранение агрессивных химических материалов	X	X	1

Таблица А10

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в использовании удобрений»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в использовании удобрений	Осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями	Применение ядохимикатов и удобрений	Использование сточных вод для удобрения
Осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями	1		
Применение ядохимикатов и удобрений	X	1	
Использование сточных вод для удобрения	X	X	1

Таблица парных сравнений видов деятельности группы («Ограничения в использовании техники»), влияющих на эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения

Ограничения в использовании техники	Провоз негабаритных грузов	Размещение гаражей	Устройство стоянок тракторов и механизмов	Устройство временных дорог	Строительство проездов и переходов
Провоз негабаритных грузов	1				
Размещение гаражей	X	1			
Устройство стоянок тракторов и механизмов	X	X	1		
Устройство временных дорог	X	X	X	1	
Строительство проездов и переходов	X	X	X	X	1

ЛИТЕРАТУРА

- Grover, R. Mass valuations. *J. Prop. Invest. Financ.* 2016, *34*, 191–204. <http://doi.org/10.1108/JPIF-01-2016-0001>
- Lindblom, C.E. *The Market System: What It Is, How It Works, and What to Make of It/C. E. Lindblom*; Yale University Press: New Haven, CT, USA, 2001; 308p.
- Lopera, C.P. Principios, progresividad y factibilidades de la recuperación de «plusvalías» urbanas en el Chile actual. Principles, progressivity and feasibility of the recovery of «capital gains» urban in chile today. *Rev. Geogr. Norte Gd.* 2020, *76*, 121–142. <http://doi.org/10.4067/S0718-34022020000200121>
- Dimopoulos, T.; Yiorkas, C. Implementing GIS in real estate price prediction and mass valuation: The case study of Nicosia District. In Proceedings of the Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017), Paphos, Cyprus, 20–23 March 2017; Volume 72. <http://doi.org/10.1117/12.2280255>
- Pavlova, V.A.; Sulin, M.A.; Lepikhina, O.Y. The mathematical modelling of the land resources mass evaluation in agriculture. *Conf. Pap.* 2019, *1333*, 032049. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1333/3/032049>
- Lee, C. Predicting land prices and measuring uncertainty by combining supervised and unsupervised learning. *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* 2021, *25*, 169–178. <http://doi.org/10.3846/ijspm.2021.14293>
- Bogataj, M.; Tuljak Suban, D.; Drobne, S. Regression-fuzzy approach to land valuation. *Cent. Eur. J. Oper. Res.* 2011, *19*, 253–265. <http://doi.org/10.1007/s10100-010-0188-x>
- Wyatt, P. The development of a property information system for valuation using a geographical information system (GIS). *J. Prop. Res.* 1996, *13*, 317–336. <http://doi.org/10.1080/095999196368826>
- Gnat, S. Property Mass Valuation on Small Markets. *Land* 2021, *10*, 388. <http://doi.org/10.3390/land10040388>
- Kim, Y.; Choi, S.; Yi, M.Y. Applying Comparable Sales Method to the Automated Estimation of Real Estate Prices. *Sustainability* 2020, *12*, 5679. <http://doi.org/10.3390/su12145679>
- Wang, D.; Li, V.J. Mass Appraisal Models of Real Estate in the 21st Century: A Systematic Literature Review. *Sustainability* 2019, *11*, 7006. <http://doi.org/10.3390/su11247006>
- Paloma, T.; Kauko, T.; d'Amato, M. Mass Appraisal Methods: An International Perspective for Property Valuers. *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* 2010, *13*, 359–364. <http://doi.org/10.3846/1648-715X.2009.13.359-364>
- Khamis, A.; Kamarudin, N.K. Comparative study on estimate house price using statistical and neural network model. *Int. J. Sci. Technol. Res.* 2014, *3*, 126–131.
- Baldominos, A.; Blanco, I.; Moreno, A.J.; Iturrarte, R.; Bernárdez, Ó.; Afonso, C. Identifying Real Estate Opportunities Using Machine Learning. *Appl. Sci.* 2018, *8*, 2321. <http://doi.org/10.3390/app8112321>
- Dimopoulos, T.; Bakas, N. Sensitivity Analysis of Machine Learning Models for the Mass Appraisal of Real Estate. *Case Study Resid. Units Nicos. Cyprus Remote Sens.* 2019, *11*, 3047. <http://doi.org/10.3390/rs11243047>
- Bennett, R.M.; Unger, E.-M.; Lemmen, C.; Dijkstra, P. Land Administration Maintenance: A Review of the Persistent Problem and Emerging Fit-for-Purpose Solutions. *Land* 2021, *10*, 509. <http://doi.org/10.3390/land10050509>
- Schulz, R.; Wersing, M.; Werwatz, A. Automated valuation modelling: A specification exercise. *J. Prop. Res.* 2014, *31*, 131–153. <http://doi.org/10.1080/09599916.2013.846930>
- Demetriou, D. Automating the land valuation process carried out in land consolidation schemes. *Land Use Policy* 2018, *75*, 21–32. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.049>
- Droj, L.; Droj, G. Usage of Location Analysis Software in the Evaluation of Commercial Real Estate Properties. *Procedia Econ. Financ.* 2015, *32*, 826–832. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01525-7](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01525-7)
- Glumac, B.; Des Rosiers, F. Towards a taxonomy for real estate and land automated valuation systems. *J. Prop. Invest. Financ.* 2021, *39*, 450–463. <http://doi.org/10.1108/JPIF-07-2020-0087>
- Arcuri, N.; De Ruggiero, M.; Salvo, F.; Zinno, R. Automated Valuation Methods through the Cost Approach in a BIM and GIS Integration Framework for Smart City Appraisals. *Sustainability* 2020, *12*, 7546. <http://doi.org/10.3390/su12187546>
- Ciuna, M.; Salvo, F.; Simonotti, M. An estimative model of automated valuation method in Italy. In *Advances in Automated Valuation Modeling: AVM After the Non-Agency Mortgage Crisis*; d'Amato, M., Kauko, T., Eds.; SSDC: Singapore; Springer: Cham, Switzerland, 2017; Volume 86, pp. 85–112. http://doi.org/10.1007/978-3-319-49746-4_5

23. Donald, E. The Need to Reference Automatic Valuation Models to The Valuation Process. *J. Real Estate Lit.* 2017, *25*, 237–251. <http://doi.org/10.1080/10835547.2017.12090450>
24. d'Amato, M. Supporting property valuation with automatic reconciliation. *J. Eur. Real Estate Res.* 2018, *11*, 125–138. <http://doi.org/10.1108/JERER-01-2017-0005>
25. Gustafson, R.J.; Grumstnup, P.D.; Herdrickson, E.R.; Meyer, M.P. *Land Lost Production Under End Around Electrical Transmission Line Structures*; Transaction of the ASAE and CSAE; ASABE: St. Joseph, MI, USA, 1979; 16p. Available online: <https://eurekamag.com/research/000/690/000690012> (accessed on 1 July 2022).
26. Vaillencourt, F.; Monty, L. The Effect of Agricultural Zoning on Land Prices, Quebec, 1975–1981. *Land Econ.* 1985, *49*, 36–42. <http://doi.org/10.2307/3146138>
27. Beaton, W. The Impact of Regional Land-Use Controls on Property Values: The Case of the New Jersey Pinelands. *Land Econ.* 1991, *67*, 172–194. <http://doi.org/10.2307/3146409>
28. Michael, J.; Palmquist, R. Environmental Land Use Restriction and Property Values. *Vt. J. Environ. Law* 2010, *11*, 437–464. <http://doi.org/10.2307/vermjenvilaw.11.3.437>
29. Ihlanfeldt, K.R. The effect of land use regulation on housing and land prices. *J. Urban Econ.* 2007, *61*, 435p. <http://doi.org/10.1016/j.jue.2006.09.003>
30. Glaeser, E.L.; Ponzetto, G.A.; Zou, Y. Urban networks: Connecting markets, people, and ideas. *Pap. Reg. Sci.* 2016, *95*, 17–59. <http://doi.org/10.1111/pirs.12216>
31. Glaeser, E.L.; Gyourko, J.; Saks, R. Why is Manhattan so expensive? Regulation and the rise in housing prices. *J. Law Econ.* 2005, *48*, 331–369. <http://doi.org/10.1086/429979>
32. Huang, Y.; Tao, H.; Tao, M. Urban network externalities, agglomeration economies and urban economic growth. *Cities* 2020, *107*, 102882. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102882>
33. Boarnet, M.G. Spillovers and the locational effects of public infrastructure. *J. Reg. Sci.* 1998, *38*, 381–400. <http://doi.org/10.1111/0022-4146.00099>
34. Najkar, N.; Kohansal, M.R.; Ghorbani, M. Estimating Spatial Effects of Transport Infrastructure on Agricultural Output of Iran. *AGRIS Line Pap. Econ. Inform.* 2018, *10*, 61–71. <http://doi.org/10.7160/aol.2018.100206>
35. Zhang, Y.-F.; Ji, S. Infrastructure, externalities and regional industrial productivity in China: A spatial econometric approach. *Reg. Stud.* 2019, *53*, 1112–1124. <http://doi.org/10.1080/00343404.2018.1563678>
36. Bykova, E.N. Assessment of negative infrastructural externalities when determining the land value. *J. Min. Inst.* 2021, *247*, 154–170. <http://doi.org/10.31897/PMI.2021.1.16>
37. Khan, H.; Al-Khatib, M.; Anwar, Z.; Alam, M. A thin client friendly trusted execution framework for infrastructure-as-a-service clouds. *Future Gener. Comput. Syst.* 2018, *89*, 239–248. <http://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.038>
38. Liu, G.; Xu, J.; Wang, C.; Zhang, J. A performance comparison of HTTP servers in a 10G/40G network. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Big Data, Seattle, WA, USA, 10–13 December 2018; pp. 115–118.
39. Kunda, D.; Chihana, S.; Sinyinda, M. Web Server Performance of Apache and Nginx: A Systematic Literature. *Rev. Comput. Eng. Intell. Syst.* 2017, *8*, 43–52.
40. Rosreestr. Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography. Available online: https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO (accessed on 14 October 2021).
41. Regional Information System. “Geographic information system of St. Petersburg”. Available online: <https://rgis.spb.ru/> (accessed on 14 October 2021).
42. St. Petersburg State Budgetary Institution. “City Administration of Cadastral Valuation”. Available online: <http://www.ko.spb.ru/> (accessed on 14 October 2021).
43. Bykova, E.N. Valuation of land with encumbrances in use. In *Theory and Methodology: Monograph*; Publishing House “Lan”: St. Petersburg, Russia, 2019; pp. 1–240.
44. Aydinoglu, A.C.; Bovkir, R. Developing a mobile application for smart real estate information. In Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences ISPRS, Online, 7–8 October 2020; Volume 44, pp. 89–94. <http://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W3-2020-89-2020>
45. Wei, C.; Fu, M.; Wang, L.; Yang, H.; Tang, F.; Xiong, Y. The research development of hedonic price model-based real estate appraisal in the era of big data. *Land* 2022, *11*, 334. <http://doi.org/10.3390/land11030334>
46. Op't Veld, D.; Bijlsma, E.; Van De Hoef, P. Automated valuation in the dutch housing market: The web-application 'MarktPositie' used by NVM-realtors. *Mass Apprais. Methods Int. Perspect. Prop. Valuers* 2009, 70–90. Available online: https://www.researchgate.net/publication/228046664_Automated_Valuation_in_the_Dutch_Housing_Market_The_Web_Application_%27MarktPositie%27_Used_by_NVM-Realtors (accessed on 3 July 2022). <http://doi.org/10.1002/9781444301021.ch4>
47. Clark, S.D.; Lomax, N. A mass-market appraisal of the english housing rental market using a diverse range of modelling techniques. *J. Big Data* 2018, *5*, 43. <http://doi.org/10.1186/s40537-018-0154-3>