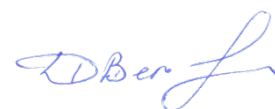


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Ветошкин Дмитрий Николаевич



Разработка усовершенствованной модели земельно-информационной системы
муниципального образования

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
Карпик Александр Петрович

Новосибирск – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ	11
1.1 Город как территориальная социально-экономическая система.....	11
1.2 Область компетенций органов городского управления.....	15
1.3 Структура органов управления	20
1.4 Информационное обеспечение органов местного самоуправления	22
1.4.1 Государственные федеральные и региональные информаци- онные системы.....	22
1.4.2 Федеральный фонд пространственных данных	27
1.4.3 Федеральная государственная информационная система «Единый государственный реестр недвижимости»	29
1.4.4 Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности	30
1.4.5 Федеральная государственная информационная система территориального планирования.....	32
1.4.6 Федеральная информационная адресная система	33
1.4.7 Автоматизированные информационные системы учета при- родных ресурсов.....	34
1.4.8 Система межведомственного электронного взаимодействия	36
1.4.9 Муниципальные информационные системы.....	37
1.5 Заключение по результатам анализа действующей модели инфор- мационного обеспечения органов городского управления	43
2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	51

2.1 Информационная среда «умного города»	51
2.1.1 Понятие «умного города».....	51
2.1.2 Информационно-телекоммуникационная среда «умного го- рода».....	55
2.2 Технологии «умного города» в системе управления земельно- имущественным комплексом города	59
2.2.1 «Цифровая революция» и ее технологии.....	59
2.2.2 Технологии «Больших данных».....	60
2.2.3 Технологии искусственного интеллекта и нейронных сетей	65
2.2.4 Технология распределенного реестра «Блокчейн»	69
2.2.5 Технологии информационного моделирования (BIM)	73
2.3 Исследование принципов функционирования земельно-инфор- мационных систем в информационно-телекоммуникационной среде «умного города»	77
2.3.1 Задачи земельно-информационных систем в среде «умного города»	77
2.3.2 Принцип интегрированности	79
2.3.3 Принцип интеллектуальности и системности	82
2.3.4 Принцип открытости и вовлеченности.....	86
2.3.5 Принцип автоматизации и снижения трудоемкости.....	88
2.4 Выводы по результатам исследования принципов функциониро- вания интеллектуальных земельно-информационных систем в среде «умного города».....	92
3 РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	94
3.1 Методика создания цифрового двойника города.....	94
3.1.1 Понятие и назначение цифровых двойников городов (ин- формационных моделей городов).....	94

3.1.2 Структура методики создания информационных моделей городов	98
3.2 Создание пространственной объектной модели	99
3.2.1 Исходные документы, материалы и сведения.....	99
3.2.2 Идентификация, классификация и моделирование объектов.....	103
3.3 Создание информационной модели территории.....	111
3.3.1 Понятие и структура информационной модели территории.....	111
3.3.2 Моделирование объектов прав, ограничений и обременений прав на недвижимое имущество	112
3.3.3 Интеграция информационных систем и ресурсов.....	116
3.3.4 Данные, получаемые на основе математических моделей и расчетов	118
3.3.5 Негосударственные информационные ресурсы и краудсорсинговые платформы	120
3.3.6 Инструменты краудсорсинга.....	122
3.4 Создание интеллектуальной информационной модели территории.....	123
4 ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	131
4.1 Общие сведения о проекте	131
4.1.1 Описание проекта	131
4.1.2 Описание территории объекта работ	132
4.1.3 Выбор 3D-пространственной платформы	132
4.2 Разработка информационной модели жилмассива «Восточный».....	133
4.2.1 Используемые исходные информационные ресурсы и системы.....	133
4.2.2 Выполнение аэрофотосъемки территории.....	136
4.2.3 Построение пространственной объектной модели	137

4.2.4 Построение информационной модели территории.....	142
4.2.5 Расчетные и модельные данные в составе информационной модели.....	147
4.3 Исследование вопросов применения информационных моделей городов для управления земельно-имущественным комплексом города.....	148
4.3.1 Общее информационное обеспечение	148
4.3.2 Подбор, проектирование и образование земельных участков	159
4.3.3 Применение информационной модели для муниципального контроля за состоянием и использованием земель	163
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	167
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современное научное представление о городах основывается на их восприятии как сложных территориальных систем, где каждый компонент: природная среда, население, экономика, управление, инфраструктура и др., – несмотря на свою различную природу, тесно взаимосвязаны, а их состояние и изменения оказывают непосредственное влияние друг на друга.

Система управления муниципальными образованиями занимает особое место в административной системе государства, что определяется, с одной стороны, ее главной ролью – реализация прямого взаимодействия между органами власти и гражданами, а с другой стороны, возложенными на нее задачами по решению наиболее насущных проблем жителей: управление и распоряжение земельными ресурсами и муниципальным имуществом, градостроительство, социальное обеспечение, дошкольное и школьное образование, экономика и торговля, развитие инженерно-коммунальной и дорожно-транспортной инфраструктуры и т. д.

Очевидно, что в числе объективных факторов, определяющих эффективность деятельности органов местного самоуправления, на первом месте стоит качество информационного обеспечения. В данной сфере наблюдаются реализуемые государством масштабные мероприятия, такие как создание автоматизированной системы кадастрового учета и регистрации недвижимости – Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН), информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД), введение механизмов обязательного информационного взаимодействия и связанные с ними положительные результаты: сокращение сроков оказания муниципальных услуг, перевод их в электронный вид. Однако современные условия реализации программы «Цифровая экономика» ставят перед используемыми органами местного самоуправления (ОМСУ) информационными системами новые задачи: интеграция со всевозможными информационными ресурсами, включая коммерческие, мониторинг реального состояния разнородных компонентов городской среды, а также возможность анализировать и прогнозировать развитие процессов. Наиболее системным и всеобъемлющим подходом к решению таких задач высту-

пает концепция «Умный город», утвержденная Минстроем России в форме «Базовых и дополнительных требований к умным городам (стандарт “Умный город”))» и реализуемая в рамках программы «Цифровая экономика» как проект цифровизации городского хозяйства «Умный город».

Используемые ОМСУ в области планирования и управления земельными ресурсами и имущественным комплексом муниципального образования (МО) земельно-информационные системы (ЗИС) не позволяют решать вышеуказанные задачи, а значит не отвечают современным запросам общества и требуют совершенствования. Поэтому тема диссертационной работы «Разработка усовершенствованной модели земельно-информационной системы муниципального образования» в соответствии с концепцией «Умный город» является актуальной и своевременной.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории и практики создания и ведения земельно-информационных систем внесли российские ученые: Варламов А. А., Волков С.Н., Гальченко С. А., Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Сизов А. П., Шаповалов Д. А., Цветков В. Я., а также зарубежные: Simpson S, Larson H., Mattsson H., Enimark S. и др.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего диссертационного исследования является разработка модели ЗИС МО, выступающей действующим компонентом в информационно-телекоммуникационной среде «Умный город».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научно-технические задачи:

- выполнить анализ современного состояния системы информационного обеспечения деятельности ОМСУ в области планирования и управления земельно-имущественным комплексом МО на предмет ее эффективности;
- выполнить исследование концепции «Умный город», условий реализации и требований стандарта «Умный город» к информационным системам, разработать систему принципов функционирования и модель ЗИС в среде «Умный город»;
- разработать архитектуру и методику создания информационной модели территории МО, выступающей информационным ресурсом ЗИС, действующей в среде «Умный город»;

– разработать прототип информационной модели территории МО на примере фрагмента территории г. Новосибирска и выполнить исследование ее применения для решения задач ОМСУ.

Объектом исследования является система планирования и управления земельными ресурсами и имущественным комплексом МО. *Предметом исследования* является модель ЗИС муниципального образования.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

– разработаны принципы создания и функционирования ЗИС МО, реализация которых позволяет осуществлять управление земельно-имущественным комплексом муниципального образования в формате концепции «Умный город»;

– разработана архитектура и методика создания информационной модели территории МО, обеспечивающей интеграцию с государственными, муниципальными и негосударственными информационными ресурсами, системами мониторинга, анализа, моделирования и прогнозирования для эффективного управления земельно-имущественным комплексом МО.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в разработке научно-методических подходов к созданию новых или модернизации существующих ЗИС, выступающих действующим компонентом информационно-телекоммуникационной среды «Умный город», для решения задач по повышению эффективности планирования и управления земельно-имущественным комплексом муниципальных образований. *Практическая значимость* работы заключается в том, что результаты диссертационного исследования могут быть использованы органами государственной власти, ОМСУ и разработчиками специального программного обеспечения при создании новых и (или) модернизации существующих ЗИС в рамках реализации проекта цифровизации городского хозяйства «Умный город».

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы геодезии, дистанционного зондирования, геоинформатики, фотограмметрии, землеустройства и кадастра, системного анализа, системной инженерии и моделирования. Эмпирической базой служили материалы и результаты

семи научно-исследовательских и опытно-конструкторских проектов, реализованных в СГУГиТ за период с 2011 по 2020 г. Апробация результатов исследований – разработанной информационной модели фрагмента территории МО – и исследование ее применения для управления муниципальным земельно-имущественным комплексом выполнены на территории МО город Новосибирск.

Положения, выносимые на защиту:

– разработанные принципы создания и функционирования ЗИС МО соответствующей стандарту «Умный город»;

– методика создания информационной модели территории МО как информационного ресурса ЗИС, действующей в среде «Умный город».

Диссертация соответствует областям исследования: 5 – Принципы сбора, документирования, накопления, обработки и хранения сведений о земельных участках. Разработка единой методики по ведению земельного кадастра; 7 – Информационное обеспечение Государственного земельного кадастра и 29 – Разработка земельно-информационной системы (ЗИС) как основной части геоинформационной системы (ГИС) на основе современных информационных и геоинформационных технологий паспорта научной специальности 25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность выполненных исследований подтверждается практическими результатами научно-исследовательской, опытно-конструкторской и производственной деятельности СГУГиТ в сфере землеустройства, кадастра, геодезии, геоинформатики, территориального планирования и информационного моделирования территорий, результаты исследований докладывались, обсуждались и нашли положительный отклик на международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2017–2019 гг., г. Новосибирск), научных и практических семинарах. Разработанный в рамках выполненного исследования проект «Информационная модель ж/м “Восточный”» был отмечен Дипломом за 1-е место на III Всероссийском конкурсе

«ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ 2018» в номинации «Информационное моделирование для территориальных образований».

Диссертация подготовлена по результатам исследований, полученных в рамках выполнения гранта, предоставленного в форме субсидии на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», проект «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий», номер соглашения с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (внутренний номер гранта № 13.1902.21.0016).

Публикации по теме диссертации. Основные результаты исследований представлены в 12 научных работах, семь из которых опубликованы в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, получен один патент на изобретение.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 184 страницы машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 120 наименований, содержит 12 таблиц, 47 рисунков.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ

1.1 Город как территориальная социально-экономическая система

Современное представление о городах основывается на их восприятии как сложных территориальных эколого-социально-экономических систем. Так, Хуан Клос, исполнительный директор программы Организации Объединенных Наций по населенным пунктам («ООН-Хабитат»), утверждает: «Города состоят из камней, правил и людей» [22]. Системный подход положен в основу науки «Урбанистика», изучающей вопросы функционирования, взаимодействия и развития разнородных городских систем. Советский и российский ученый и общественный деятель Глазычев В. Л. определял город как одновременно арену общественных отношений, как развитый народнохозяйственный комплекс, как мощное инженерное хозяйство, своего рода систему жизнеобеспечения для больших скоплений населения, как колыбель и вершину цивилизации, где всегда создавались и продолжают создаваться наиболее выдающиеся образцы материальной и духовной культуры человечества. Он также отмечал, что «ни одна из реальностей современного города не существует сама по себе, а составляет неразделимый сплав со всеми остальными» [26]. В основе системного подхода к исследованию постсоветских городов, применяемого известным российским урбанистом-философом Святославом Муруновым, лежит восприятие модели города, представленной тремя слоями: физическим пространством, социальными системами и культурными кодами [54].

Структура городских систем представлена организованным в пространстве множеством компонентов, которые, несмотря на свою различную природу и собственную сложную системную структуру, самым тесным образом взаимосвязаны между собой, образуя единую целостную систему.

Равнины, горы, почва, реки, озера и моря, леса и другие природные объекты формируют *природный ландшафт*, который вместе с измененным усилиями людей *антропогенным ландшафтом* (здания, сооружения, дороги, мосты, каналы, насаждения и др.) формируют *культурный ландшафт*, выступающий пространственным базисом для всех компонентов городской системы.

Население города формирует не только антропогенный ландшафт, но, прежде всего, через систему взаимоотношений людей между собой, их формы взаимодействия и объединения создает *общество* – важнейший компонент среды города, определяющий параметры и организацию всех других подсистем. Показатели и характеристики населения, такие как общая численность, половозрастной состав, прирост или убывание населения, источники прироста (естественный прирост, механический прирост, изменение административных границ), причины убывания (миграция или низкая рождаемость), социальная структура (расслоение по доходам и иным социальным признакам), конфессиональный и (или) национальный (моно- или многонациональный) состав, маршруты и интенсивность маятниковой миграции являются определяющими параметрами для организации, состояния и развития всех других подсистем, непосредственно используются в системе управления развитием территорий.

Хозяйственная деятельность населения, а также совокупность отношений, складывающихся в системе производства, распределения, обмена и потребления, формируют *экономику* города, которую условно подразделяют на градообразующие и градообслуживающие отрасли. Градообразующие отрасли, включающие в себя предприятия как производственной, так и непроизводственной направленности, характеризуют экономический облик города, его специализацию, место в экономике региона, в национальной экономике государства или даже в мировой экономике. Градообслуживающие отрасли обеспечивают жизнедеятельность самого города и его жителей. Они производят продукцию и услуги, потребляемые на месте. Важно отметить, что в процессе эволюции экономики, смены экономиче-

ских и технологических укладов, зачастую происходит переход предприятий и целых отраслей из одной группы в другую.

Общество выступает источником появления еще одного компонента социальных систем – *власти*, которая в той или иной форме всегда сопутствует развитию общества, поскольку необходима для организации общественного производства, которое требует подчинения всех участников единой воле, а также для регулирования других взаимоотношений между людьми в обществе [15]. Согласно Конституции Российской Федерации (РФ) единственным источником власти в нашей стране является многонациональный народ, который осуществляет власть непосредственно либо через органы государственной власти и органы местного самоуправления [41].

Конституция РФ устанавливает разделение государственной власти на три ветви: законодательную, исполнительную и судебную, которые могут быть представлены на двух уровнях: на федеральном уровне Российской Федерации и на региональном уровне субъектов Российской Федерации. Решение вопросов местного значения, обеспечение повседневных потребностей каждого человека в отдельности и населения муниципального образования в целом отнесено в Российской Федерации к компетенции местного самоуправления, которое позиционируется как форма самоорганизации граждан и не входит в структуру органов государственной власти [66]. Органы местного самоуправления (муниципальные органы власти), представленные на двух уровнях: на уровне городских или сельских поселений (поселков, сельсоветов и др.) и на уровне муниципальных районов или городских округов, – являются самостоятельными в пределах своих полномочий. Материальная и финансовая основа по реализации муниципалитетами их конституционных полномочий обеспечивается через формирование, утверждение и исполнение местных бюджетов, установление местных налогов и сборов, управление муниципальной собственностью. Органы местного самоуправления также могут наделяться законом отдельными государственными полномочиями с передачей необходимых для их осуществления материальных ресурсов и (или) финансовых средств.

Вид и соответствующие ему полномочия органов городского управления определяются статусом города: в городах федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь) это государственные органы власти субъектов Российской Федерации, в городах, являющихся субъектами Российской Федерации, муниципальных районах или поселений, это, соответственно, органы местного самоуправления городских округов и городских поселений. При этом законодательством допускается распределение полномочий между органами государственной власти субъектов федерации и органами местного самоуправления.

Система жизнеобеспечения города представлена системами и (или) объектами инженерно-коммунальной, транспортной, телекоммуникационной, жилищной, социальной, производственной, хозяйственной (экономической), культурной, научно-образовательной, туристической и иной *инфраструктурой*, обеспечивающей жизнедеятельность населения, функционирование экономики и безопасность. Объекты каждого из видов инфраструктуры обычно нацелены на определенную сферу жизнедеятельности жителей. Так, объекты социальной инфраструктуры обеспечивают предоставление жителям города услуг социального назначения в области образования, здравоохранения и социального обслуживания. Инженерно-коммунальная инфраструктура нацелена на обеспечение населения оптимальными жилищно-коммунальными и бытовыми условиями жизни, а также возможностью безопасного функционирования объектов экономики, промышленности и иного назначения через предоставление услуг электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения, газоснабжения. Транспортная инфраструктура нацелена на обеспечение города транспортом и организации в нем движения, в том числе в целях личных, пассажирских и грузовых перевозок.

Ключевым свойством города как системы являются множественные и сложные взаимосвязи его компонентов (подсистем). Природный и антропогенный ландшафт, население, органы власти, субъекты экономической деятельности, социальная, инженерно-коммунальная и дорожно-транспортная инфраструктуры и прочие компоненты, несмотря на свою различную природу, самым тесным образом взаи-

мосвязаны между собой, их состояние и изменения оказывают непосредственное влияние друг на друга. Исследование таких взаимосвязей, их учет при разработке, принятии и реализации управленческих решений является необходимым условием для обеспечения упорядоченного, целостного, устойчивого функционирования и социально-экономического развития городов.

1.2 Область компетенций органов городского управления

Системная природа городов как административно-территориальных образований находит свое отражение в организации системы городского управления. Согласно заложенному Конституцией РФ административно-территориальному устройству Российской Федерации, три города федерального значения (Москва, Санкт-Петербург и Севастополь) являются субъектами Российской Федерации, соответственно органы управления этих городов имеют статус и полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации. Все остальные 1 114 (по данным на конец 2019 г.) российских городов являются муниципальными образованиями: городскими округами или городскими поселениями с соответствующими муниципальными органами власти – *органами местного самоуправления*. Именно эти города в силу их подавляющей многочисленности являются предметом настоящего исследования.

Область полномочий органов местного самоуправления определена специальным Федеральным законом от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 24.04.2020) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (далее – Федеральный закон № 131-ФЗ) [63]. Кроме того, отдельные полномочия могут быть предусмотрены и (или) переданы органам местного самоуправления специальными федеральными законами. Системный анализ таких полномочий позволяет выполнить их группировку, представленную в таблице 1.1.

Как видно из представленного состава полномочий органов местного самоуправления, они в той или иной степени охватывают весь массив задач общегосударственного управления, связанных с организацией жизнедеятельности населе-

ния, социально-экономического развития территорий и обеспечения безопасности, за исключением науки и высшего образования, внешней политики и обороны государства. В отдельных случаях решение задач возложено непосредственно на муниципалитеты, в других случаях муниципальные органы власти должны оказывать содействие специализированным федеральным органам власти. Реализация такого массива задач требует, помимо финансово-экономической базы, соответствующего организационно-кадрового и информационного обеспечения деятельности органов управления.

Таблица 1.1 – Полномочия органов городского управления как органов местного самоуправления

№ п/п	Группа полномочий / полномочия	Примечание / выводы
1	Управление бюджетом муниципального образования	
1.1	Составление и рассмотрение проекта, утверждение, исполнение и контроль за исполнением муниципального бюджета	Конституционные полномочия, обеспечивающие формирование финансово-экономической базы муниципального образования (города)
1.2	Установление, изменение и отмена местных налогов и сборов (земельный налог, налог на имущество физических лиц, торговый сбор)	
2	Управление земельно-имущественным комплексом	
2.1	Владение, пользование и распоряжение недвижимым и движимым имуществом, находящимся в муниципальной собственности	Конституционные полномочия по управлению муниципальной собственностью обеспечивают муниципалитеты материальной базой. Кроме того, муниципалитеты реализуют основные полномочия органов власти в области управления, организации и контроля (мониторинга) за использованием земельных ресурсов в границах их территории (ст. 72 Земельного кодекса РФ)
	<i>Примечание.</i> Дополнительно Земельным кодексом РФ [29] муниципалитетам переданы полномочия по распоряжению землями государственной неразграниченной собственности	
2.2	Осуществление полномочий собственника водных объектов, установление правил использования водных объектов общего пользования	
2.3	Резервирование земель и выкуп земельных участков для муниципальных нужд	
2.4	Осуществление муниципального земельного контроля, в том числе изъятие земельных участков, неиспользуемых/используемых с нарушениями	

Продолжение таблицы 1.1

№ п/п	Группа полномочий / полномочия	Примечание / выводы
2.5	Организация в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» [58] выполнения комплексных кадастровых работ и утверждение карты-плана территории	
3	Управление развитием территории и градостроительной деятельностью	
3.1	Обеспечение разработки и утверждение градостроительной документации: генеральных планов; местных нормативов градостроительного проектирования; правил землепользования и застройки, документации по планировке территории	В рамках данных полномочий, предусмотренных Федеральным законом № 131-ФЗ и Градостроительным кодексом РФ [25], реализуется присущий европейскому законодательству принцип монополии в градостроительстве
3.2	Обеспечение строительства, реконструкции объектов капитального строительства: выдача разрешений на строительство, разрешений на ввод объектов в эксплуатацию, осуществление осмотров зданий, сооружений, выдача рекомендаций об устранении выявленных нарушений градостроительного законодательства, принятие решения о сносе самовольной постройки или ее приведении в соответствие с установленными требованиями, осуществление сноса самовольной постройки или ее приведение в соответствие с установленными требованиями	Принцип монополии органов местного самоуправления в области пространственного планирования и управления развитием территорий как выразителя местных интересов, в том числе через разработку, согласование и утверждение полного комплекса градостроительной документации (с учетом положений документации федерального и регионального уровней), контроля за осуществлением градостроительной деятельности и строительства
3.3	Ведение информационной системы обеспечения градостроительной деятельности	В настоящий момент в рамках изменений градостроительного законодательства передается на уровень субъектов РФ
3.4	Присвоение адресов объектам адресации, изменение, аннулирование адресов, присвоение наименований элементам улично-дорожной сети, наименований элементам планировочной структуры, изменение, аннулирование таких наименований, размещение информации в государственном адресном реестре	Осуществляется во взаимодействии с Федеральной информационной адресной системой

Продолжение таблицы 1.1

№ п/п	Группа полномочий / полномочия	Примечание / выводы
4	Управление инфраструктурой и жилищно-коммунальным хозяйством	
4.1	Организация и обеспечение (контроль) электро-, тепло-, газо- и водоснабжения населения, водоотведения, снабжения населения топливом	Вопросы непосредственного обеспечения жизнедеятельности населения муниципального образования реализуются в рамках взаимодействия органов местного самоуправления с органами государственной власти субъектов РФ и федеральными органами государственной власти, в том числе в рамках реализации федеральных целевых программ, приоритетных национальных проектов и т. д.
4.2	Строительство и ремонт автомобильных дорог местного значения, организация и обеспечение безопасности дорожного движения	
4.4	Создание условий для предоставления транспортных услуг населению и организация транспортного обслуживания населения	
4.5	Участие в организации деятельности по накоплению (в том числе разделному накоплению), сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, захоронению твердых коммунальных отходов	
4.6	Утверждение правил благоустройства территории, осуществление контроля за их соблюдением, организация благоустройства территории	
5	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	
5.1	Образование: организация предоставления общедоступного и бесплатного дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования, присмотра и ухода за детьми в образовательных учреждениях, отдыха и безопасности детей	Относятся к вопросам непосредственного обеспечения жизнедеятельности населения муниципального образования. На практике, как правило, реализуются органами местного самоуправления с привлечением целевых бюджетных средств из регионального и федерального бюджетов. Возможны также передача полномочий на уровень субъектов Российской Федерации
5.2	Здравоохранение: создание условий для оказания медицинской помощи населению	
5.3	Жилье: обеспечение нуждающихся малоимущих граждан жилыми помещениями, организация строительства и содержания муниципального жилищного фонда, создание условий для жилищного строительства, осуществление муниципального жилищного контроля	
5.4	Создание условий для обеспечения жителей услугами связи, общественного питания, торговли и бытового обслуживания, развития сельскохозяйственного производства, расширения рынка сельхозпродукции, сырья и продовольствия, содействие развитию малого и среднего предпринимательства, оказание поддержки социально ориентированным некоммерческим организациям, благотворительной деятельности и добровольчеству (волонтерству), управление размещением рекламных конструкций	

Продолжение таблицы 1.1

№ п/п	Группа полномочий / полномочия	Примечание / выводы
5.5	Организация библиотечного обслуживания населения, комплектование и обеспечение сохранности библиотечных фондов библиотек	
5.6	Создание условий для организации досуга и обеспечения жителей услугами организаций культуры	
5.7	Создание условий для развития местного традиционного народного художественного творчества	
5.8	Сохранение, использование и популяризация объектов культурного наследия (памятников истории и культуры)	
5.9	Обеспечение условий для развития на территории физической культуры, школьного спорта и массового спорта, организация проведения официальных физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, создание условий для массового отдыха жителей и организация обустройства мест массового отдыха населения	
6	Обеспечение общественной безопасности	
6.1	Участие в профилактике терроризма и экстремизма, а также в минимизации и (или) ликвидации последствий проявлений терроризма и экстремизма	Относятся к конституционным полномочиям органов местного самоуправления. На практике решение данных вопросов обеспечивается федеральными государственными органами власти, в том числе Министерством внутренних дел РФ и Федеральной службой безопасности, а муниципальные органы власти оказывают содействие в их решении
6.2	Разработка и осуществление мер, направленных на укрепление межнационального и межконфессионального согласия, поддержку и развитие языков и культуры народов Российской Федерации, проживающих на территории, реализацию прав коренных малочисленных народов и других национальных меньшинств, обеспечение социальной и культурной адаптации мигрантов, профилактику межнациональных (межэтнических) конфликтов	
6.3	Предоставление помещения для работы на обслуживаемом административном участке сотруднику, замещающему должность участкового уполномоченного полиции	
6.4.	Организация охраны общественного порядка муниципальной милицией	
6.5	Оказание поддержки гражданам и их объединениям, участвующим в охране общественного порядка, создание условий для деятельности народных дружин	

Окончание таблицы 1.1

№ п/п	Группа полномочий / полномочия	Примечание / выводы
6.6	Осуществление мер по противодействию коррупции в границах	
6.7	Организация и осуществление мероприятий по работе с детьми и молодежью	
7	Обеспечение охраны окружающей среды, экологической и техносферной безопасности жизнедеятельности населения	На практике обеспечивается федеральными государственными органами власти (Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Росприроднадзор, Роспотребнадзор и др.) при содействии органов местного самоуправления
7.1	Участие в предупреждении и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	
7.2	Обеспечение первичных мер пожарной безопасности	
7.3	Организация мероприятий по охране окружающей среды, использования, охраны, защиты, воспроизводства городских лесов, лесов особо охраняемых природных территорий, создание, развитие и обеспечение охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов местного значения, а также осуществление муниципального контроля	
7.4	Организация и осуществление мероприятий по территориальной обороне и гражданской обороне, защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, включая поддержку в состоянии постоянной готовности к использованию систем оповещения населения об опасности, объектов гражданской обороны, создание и содержание в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств	
7.5	Организация и осуществление мероприятий по мобилизационной подготовке муниципальных предприятий и учреждений	
7.6	Осуществление мероприятий по обеспечению безопасности людей на водных объектах, охране их жизни и здоровья	

1.3 Структура органов управления

Реализация полномочий органов местного самоуправления обеспечивается через структуру органов местного самоуправления, включающую в себя: представительный орган муниципального образования, главу муниципального образова-

ния, местную администрацию (исполнительно-распорядительный орган муниципального образования), контрольно-счетный орган муниципального образования, а также иные органы и выборные должностные лица местного самоуправления, предусмотренные Уставом муниципального образования и обладающие собственными полномочиями по решению вопросов местного значения.

Согласно Европейской хартии местного самоуправления [27], местные органы власти должны иметь возможность сами определять свои внутренние административные структуры, которые они намерены создать, с тем чтобы те отвечали местным потребностям и обеспечивали эффективное управление. Реализуя данный принцип, структура исполнительно-распорядительного органа муниципального образования (администрации либо мэрии города) определяется Уставом муниципального образования, принимаемым решением представительного органа власти и являющимся актом высшей юридической силы в системе муниципальных правовых актов муниципального образования. Устав определяет порядок организации и осуществления местного самоуправления на территории муниципального образования, формы непосредственного осуществления населением местного самоуправления, порядок формирования органов местного самоуправления, их полномочия, принципы взаимодействия и иные вопросы организации местного самоуправления.

Так, согласно Уставу города Новосибирска [89] исполнительно-распорядительным органом выступает мэрия города, структура которой включает в себя мэра города, первых заместителей мэра, заместителей мэра, а также 15 департаментов, распределенных по отраслевому принципу (Департамент строительства и архитектуры мэрии, Департамент земельных и имущественных отношений мэрии, Департамент транспорта и дорожно-благоустроительного комплекса мэрии и др.), их структурные подразделения – управления и комитеты, а также пять управлений и один комитет, подчиненных непосредственно мэру.

Таким образом, в силу наличия очень широкой сферы полномочий органов местного самоуправления и связанной с этим сложной комплексной структуры ор-

ганов местного самоуправления неизбежно возникает вопрос организационного и эффективного информационного обеспечения и взаимодействия (обмена) между различными структурными подразделениями мэрии, региональными и федеральными органами государственной власти.

1.4 Информационное обеспечение органов местного самоуправления

1.4.1 Государственные федеральные и региональные информационные системы

Ключевым объективным фактором, определяющим эффективность системы государственного и муниципального управления, является качество информационного обеспечения деятельности органов управления, в том числе наличие актуальной, полной и достоверной информации о сфере управления, а также технических средств и технологий, обеспечивающих ее обработку. И, безусловно, следует признать тот факт, что решение этой задачи является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации.

Базовые положения в области информационных систем определены Федеральным законом от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [61]. Ст. 2 указанного закона определяет информационные системы как совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств. В свою очередь, ст. 14 устанавливает, что государственные информационные системы создаются в целях реализации полномочий государственных органов и обеспечения обмена информацией между этими органами, а также в иных установленных федеральными законами целях.

Важно отметить, что, взяв за точку отсчета 2000 г., мы можем наблюдать наглядную динамику развития специализированных информационных систем, представленных на федеральном, региональном и местном (муниципальном) уровнях, в том числе в исследуемой области управления земельно-имуществен-

ным комплексом и развитием территорий муниципальных образований. Совокупность информации, описывающей пространственные, числовые и атрибутивные характеристики и параметры компонентов городской среды, представленные в составе действующих информационных ресурсов, формирует актуальную информационную модель территории, информационные слои которой представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Информационная модель муниципального образования городского типа, формируемая на основе данных, представленных в государственных федеральных, государственных региональных и муниципальных информационных системах

№ п/п	Вид данных	Источник данных	Государственные информационные системы хранения данных	
			основные	дополнительные
1	Базовые пространственные данные			
1.1	Параметры государственных и местных систем координат	Геодезические и картографические работы, организованные Росреестром, подведомственным учреждением, органами власти субъектов Федерации или ведомствами	Федеральный фонд пространственных данных (ФПД)	–
1.2	Координаты пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и специальных геодезических сетей (СГС)			Региональные и ведомственные ФПД
1.3	Цифровые картографические и топографические материалы			Региональные и ведомственные ФПД / ФГИС ЕГРН / ФГИС ТП
1.4	Материалы и результаты инженерных изысканий	Инженерные изыскания	ИСОГД	ФГИС ТП
2	Объекты адресации			
2.1	Объекты адресации	Адреса, присвоенные объектам адресации	ФИАС	ФГИС ЕГРН
		Контура и адреса объектов капитального строительства	–	–

Продолжение таблицы 1.2

№ п/п	Вид данных	Источник данных	Государственные информационные системы хранения данных	
			основные	дополнительные
3	Природные объекты			
3.1	Леса и лесничества	Лесоустройство	АИС «ГЛР»	ФГИС ЕГРН / ИСОГД
3.2	Наземные водные объекты	Сведения о водных объектах	АИС «ГВР»	ФГИС ЕГРН
4	Элементы административно-территориального режима территории			
4.1	Границы административно-территориальных образований (субъекты РФ, муниципальные образования)	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
		Материалы землеустройства	ФГИС ЕГРН	–
4.2	Границы населенных пунктов	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
		Материалы описания границ через СМЭВ	ФГИС ЕГРН	–
5	Объекты недвижимого имущества			
5.1	Земельные участки, в том числе:			
5.1.1	Резервируемые и изымаемые земельные участки	Решения о резервировании/изъятии	ИСОГД	–
5.1.2	Образуемые и предоставляемые земельные участки (землеотводы)	Схемы расположения ЗУ / Проекты межевания территории	ИСОГД	–
5.1.3	Образованные (учтенные и зарегистрированные), искусственные земельные участки	Кадастровые работы	ФГИС ЕГРН	ИСОГД
5.1.4	Застроенные и подлежащие застройке земельные участки	Дела о застроенном или подлежащем застройке земельном участке	ИСОГД	–
5.2	Лесные участки	Материалы лесоустройства	АИС «ГЛР»	–
		Кадастровые работы	ФГИС ЕГРН	–

Продолжение таблицы 1.2

№ п/п	Вид данных	Источник данных	Государственные информационные системы хранения данных	
			основные	дополнительные
5.3	Объекты капитального строительства	Кадастровые работы	ФГИС ЕГРН	–
		Информационные модели объектов	ИСОГД	–
5.4	Наземные и подземные коммуникации	Планы коммуникаций, в том числе проектных	ИСОГД	–
		Кадастровые работы	ФГИС ЕГРН	–
6	Зоны и территории с особыми условиями использования территорий			
6.1	Охранные и защитные зоны	Правила землепользования и застройки	ИСОГД	ФГИС ТП
		Материалы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	
6.2	Зоны действия публичных и частных сервитутов	Документы по планировке территории	ИСОГД	
		Материалы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	
6.3	Территории объектов культурного наследия и исторических поселений	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	
6.4	Особо охраняемые природные территории	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	
6.5	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
6.6	Особые экономические зоны	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	

Продолжение таблицы 1.2

№ п/п	Вид данных	Источник данных	Государственные информационные системы хранения данных	
			основные	дополнительные
6.7	Территории месторождения и проявления полезных ископаемых	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
6.8	Зоны территориального развития	Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	–
6.9	Игорные зоны	Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	–
6.10	Особые экономические зоны и территории опережающего социально-экономического развития	Документы территориального планирования	ИСОГД	–
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	–
6.11	Охотничьи угодья	Документированная информация	ГОХР	–
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	–
7	Элементы градостроительного режима территории			
7.1	Функциональные зоны	Документы территориального планирования	ИСОГД	-
7.2	Объекты федерального, регионального и местного значения	Документы территориального планирования	ИСОГД	ФГИС ТП
7.3	Региональные и местные нормативы градостроительного проектирования	Утвержденный проект нормативов	ИСОГД	–
7.4	Правила землепользования и застройки	Градостроительное зонирование	ИСОГД	–
		Работы по описанию границ	ФГИС ЕГРН	–
7.5	Правила благоустройства территории	Утвержденный проект правил	ИСОГД	–

Окончание таблицы 1.2

№ п/п	Вид данных	Источник данных	Государственные информационные системы хранения данных	
			основные	дополнительные
7.6	Элементы планировочной структуры (районы, микрорайоны, кварталы, территории общего пользования, территории садовых, огороднических и дачных некоммерческих товариществ, транспортно-пересадочных узлов, занятые линейными объектами, улично-дорожные сети)	Проекты планировки территории	ИСОГД	–
7.9	Красные линии и линии отступа от красных линий	Проекты планировки и проекты межевания территории	ИСОГД	–
7.10	Зоны размещения объектов федерального, регионального и местного значения	Документы по планировке территории	ИСОГД	–
7.11	Проектируемые земельные участки	Проекты межевания территории	ИСОГД	–

В таблице 1.2: ФГИС ТП – федеральная государственная информационная система территориального планирования; ИСОГД – информационные системы обеспечения градостроительной деятельности; ФИАС – Федеральная информационная адресная система; АИС ГЛР – автоматизированная информационная система «Государственный лесной реестр»; АИС ГВР – автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр».

1.4.2 Федеральный фонд пространственных данных

Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) ведется в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных» [57] и включает в себя пространственные данные

и материалы, полученные в результате выполнения геодезических и картографических работ, организованных Росреестром, или подведомственным Росреестру федеральным государственным учреждением, а также, в случае отсутствия соответствующих региональных фондов пространственных данных, – пространственные данные и материалы, полученные в результате выполнения геодезических и картографических работ, организованных органами государственной власти субъектов Российской Федерации или подведомственными данным органам государственными учреждениями. Кроме того, в ФФПД также включаются сведения о пространственных данных (пространственные метаданные), представленные фондодержателями ведомственных фондов пространственных данных и региональных фондов пространственных данных.

Ведение федерального фонда пространственных данных осуществляется на основе принципов единства технологии его ведения на всей территории Российской Федерации, обеспечения установленной законом периодичности обновления содержащихся в нем сведений и их достоверности, совместимости пространственных данных со сведениями, содержащимися в других государственных информационных ресурсах.

Ведение федерального фонда пространственных данных, в том числе включение в него пространственных данных и материалов, их хранение и предоставление заинтересованным лицам осуществляет федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (далее – ФГБУ «Центр геодезии картографии и ИПД»), которое формирует сведения о пространственных данных (пространственные метаданные) в отношении содержащихся в нем пространственных данных и материалов, полученных в результате выполнения геодезических и картографических работ.

Предоставление сведений из ФФПД в общем случае осуществляется за плату. В случае предоставления пространственных данных и материалов органам государственной власти Российской Федерации, субъектов Российской Федерации

и органам местного самоуправления, государственным образовательным организациям, организациям, выполняющим работы по государственным или муниципальным контрактам, если такими контрактами предусмотрена необходимость использования соответствующих пространственных данных и материалов, стоимость сведений устанавливается равной нулю, стоимость услуг по предоставлению данных и материалов рассчитывается с коэффициентом 0,3.

1.4.3 Федеральная государственная информационная система «Единый государственный реестр недвижимости»

Создаваемая начиная с 01.01.2017 Федеральная государственная информационная система «Единый государственный реестр недвижимости» объединяет информационные ресурсы АИС «Единый государственный реестр прав» (АИС ЕГРП или АИС «Юстиция»), содержащий сведения о зарегистрированных правах, ограничениях и обременениях прав, и АИС «Государственный кадастр недвижимости» (АИС ГКН), которая, в свою очередь, начиная с 2008 г. объединяет сведения АИС «Государственный земельный кадастр» о земельных участках и частях земельных участков и сведения государственного технического учета и инвентаризации объектов капитального строительства («данные БТИ»). Помимо этого, АИС ЕГРН включает сведения об административных границах, территориальных зонах и зонах с особым режимом использования территорий, поступающие в рамках механизма электронного информационного взаимодействия (обмена) с уполномоченными органами государственной власти и органами местного самоуправления, а также сведения о геодезической и картографической основе ЕГРН.

Таким образом, на базе ФГИС ЕГРН создан агрегированный информационный ресурс, призванный объединить сведения об учтенных объектах недвижимого имущества (реестр объектов недвижимости – кадастр недвижимости), сведения о зарегистрированных правах, ограничениях и обременениях прав (реестр прав на недвижимость), а также дополнительные сведения об административной принадлежности, градостроительном и правовом режиме территории (реестр границ).

ФГИС ЕГРН во многом выступает системообразующим государственным геопространственным информационным ресурсом, который, в частности, обеспечивает решение следующих задач:

- установление параметров местных (региональных) систем координат, в которых осуществляется ведение ЕГРН, осуществление кадастровой, землеустроительной и градостроительной деятельности, создание и ведение региональных и муниципальных геоинформационных систем [83];

- идентификацию и учет объектов недвижимого имущества, а также предоставление точной и достоверной информации об объектах недвижимости, их правовом статусе и кадастровой стоимости [93];

- интеграцию иных государственных и муниципальных геопространственных и (или) информационных ресурсов, в частности Государственного лесного реестра, Информационной системы Федеральной налоговой службы «Налог-3», информационных систем обеспечения градостроительной деятельности через механизмы и общеобязательный порядок электронного информационного взаимодействия таких систем;

- наличие развитых механизмов запроса и получения сведений, прежде всего представленных в электронном виде, как в отношении отдельных объектов недвижимого имущества, так и в отношении всех объектов в границах определенной (заданной) территории, бесплатно для органов местного самоуправления.

Вместе с тем, ФГИС «ЕГРН» унаследовал ряд существенных проблем АИС «ГКН», в том числе таких, как неполнота учета объектов недвижимого имущества, наличие реестровых ошибок и фактическое отсутствие гарантий достоверности сведений со стороны государства [10].

1.4.4 Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности

Создание и ведение информационных систем обеспечения градостроительной деятельности были введены нормами Главы 7 Градостроительного кодекса РФ, вступившего в силу 01.01.2006. Целью создания ИСОГД, замещающих так и не созданный

к тому моменту государственный градостроительный кадастр, являлось создание систематизированных информационных ресурсов, решающих проблемы информационного обеспечения градостроительной деятельности, в том числе дополняющих государственный земельный кадастр, а позже – государственный кадастр недвижимости сведениями, необходимыми для разработки градостроительной документации и реализации предусмотренных ею проектных решений [36].

Изначально создание и ведение ИСОГД предусматривалось на муниципальном уровне. Однако в 2018–2020 гг. в рамках изменений градостроительного законодательства функции по ведению ИСОГД были переданы от органов местного самоуправления органам государственной власти субъектов Российской Федерации с одновременным внесением изменений в порядок ведения и состав сведений.

В соответствии с действующей редакцией Градостроительного кодекса РФ государственные ИСОГД содержат сведения, документы, материалы о развитии территорий, об их застройке, о существующих и планируемых к размещению объектах капитального строительства и иные необходимые для осуществления градостроительной деятельности сведения. Целью ведения государственных ИСОГД является обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной деятельности. Также законом субъекта Российской Федерации может быть установлена возможность создания и ведения государственной ИСОГД с функциями автоматизированной информационно-аналитической поддержки осуществления полномочий в области градостроительной деятельности. В соответствии с внесенными в Градостроительный кодекс РФ изменениями и подзаконными к нему актами внесение в ИСОГД сведений осуществляется совместно органами государственной власти и органами местного самоуправления, для чего в ИСОГД созданы соответствующие рабочие области государственного и местного значения.

Важной особенностью ИСОГД является ведение системы исключительно в цифровом виде в форме векторных карт (моделей) и текстовых файлов, а также

использование единых с ФГИС «ЕГРН» систем координат и цифровой картографической основы. Кроме того, следует выделить в составе ИСОГД впервые обозначенный в российском законодательстве учет информационных моделей объектов капитального строительства (ВИМ-моделей).

1.4.5 Федеральная государственная информационная система территориального планирования

Федеральная государственная информационная система территориального планирования – это информационно-аналитическая система, обеспечивающая доступ к сведениям, содержащимся в государственных информационных ресурсах, государственных и муниципальных информационных системах, в том числе в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности, необходимым для обеспечения деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления в области территориального планирования (ст. 57.1 Градостроительного кодекса РФ). Разработка системы ведется с 2010 г., действующая (доработанная) версия системы функционирует с 2015 г.

Целями создания и функционирования ФГИС ТП являются: 1) обеспечение согласования проектов документов территориального планирования на муниципальном, региональном и федеральном уровнях; 2) формирование информационного ресурса, включая пространственные данные об использовании, ограничениях использования и планируемом развитии территорий в целях информационной поддержки принятия органами государственной власти и местного самоуправления решений в сфере градостроительной деятельности; 3) обеспечение публичности градостроительных решений и прозрачности процессов управления развитием территории.

На практике ФГИС ТП выступает порталом общедоступной информации, содержащейся в ИСОГД различных уровней. Держатели информации, подлежащей внесению в ФГИС ТП, обязаны размещать информацию в информационной системе или публиковать в системе данные, описывающие контекст, содержание,

структуру информации и обеспечивающие управление ею (метаданные), с обязательным предоставлением доступа к метаданным посредством портала системы. Доступ для пользователей информации, в том числе для органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц, осуществляется через официальный сайт в сети Интернет без взимания платы. Единственным существенным недостатком ФГИС ТП является то, что большинство размещенных в ней пространственных данных представлено в виде растровых изображений, что усложняет их использование.

1.4.6 Федеральная информационная адресная система

Федеральная информационная адресная система – это единый российский государственный электронный адресный реестр, пришедший в 2011 г. на смену информационной системе КЛАДР («Классификатор адресов России»), ведение которого осуществляет Федеральная налоговая служба РФ [60].

ФИАС содержит структурированные сведения об объектах адресации: субъектах федерации, районах, населенных пунктах, элементах планировочной структуры (микрорайон, квартал и др.), а также элементах улично-дорожной сети (улицах и других геонимах), домах и др. Важнейшим свойством ФИАС является его полная открытость для пользователей – база данных ФИАС является общедоступной для скачивания на сайте ФНС России (<http://fias.nalog.ru/>) в формате DBF и XML.

Целью создания и ведения ФИАС является обеспечение унификации структуры адресной информации и единообразного наименования входящих в нее элементов, в том числе в целях предоставления государственных и муниципальных услуг. Правилами ведения ФИАС установлена единая структура адреса на основе территориальных принципов организации местного самоуправления, которая включает в себя иерархическую последовательность адресообразующих элементов. Органы государственной власти и органы местного самоуправления обязаны пользоваться ФИАС при оказании услуг и формировании юридически значимых документов.

Вместе с тем, следует отметить, что ФИАС, помимо проблем с неполнотой и с ошибками в сведениях, в настоящий момент не предусматривает наличия графического пространственного раздела – дежурного адресного плана, что препятствует его использованию в качестве универсального ресурса для идентификации и интеграции данных [9].

1.4.7 Автоматизированные информационные системы учета природных ресурсов

Одновременно с созданием государственного земельного кадастра в конце 1990-х – начале 2000-х гг. в России предпринимались попытки создания иных специализированных кадастров, отражающих сведения о природных ресурсах: лесной кадастр, водный кадастр, кадастр особо охраняемых природных территорий, кадастр охотничьих и рыбных ресурсов и др. Несмотря на то, что фактически был создан и заработал только земельный кадастр (с 2007 г. – государственный кадастр недвижимости), сведения об объектах природных ресурсов учитываются в составе государственных информационных систем и реестров.

Автоматизированная информационная система «Государственный лесной реестр» создается и ведется с 01.01.2013 в соответствии с Лесным кодексом РФ и призвана стать основой создаваемой Рослесхозом России «Единой автоматизированной информационной системы (ЕАИС) лесного комплекса». Согласно Лесному кодексу РФ, в АИС ГЛР должна содержаться документированная информация об объектах лесного фонда, их пространственных, качественных, количественных, стоимостных и правовых характеристиках. Предполагалось, что с его помощью станет возможно отслеживать в режиме реального времени дислокацию и объемы рубок, потери от лесных пожаров, работы по восстановлению лесов и т. п. [82]. Однако, как показала проверка Счетной палаты РФ, АИС ГЛР, на создание и сопровождение которой израсходованы 185 млн руб. из федерального бюджета как единый программный продукт фактически не используется, и в стране в настоящее время отсутствует единая система учета, содержащая достоверную информацию о характеристиках лесного фонда [40].

Данные обстоятельства приводят к фактическому отсутствию достоверных сведений о местоположении границ и состоянии лесного фонда в составе государственных учетно-регистрационных и иных информационных ресурсов. Важно отметить, что еще в 2007–2010 гг. на территории России Рослесхозом выполнялись кадастровые работы с целью определения границ лесных участков и их постановки на государственный кадастровый учет и имеется положительный опыт решения данной задачи, в том числе на территории Новосибирской области [43]. Однако, согласно заключению Счетной палаты РФ, сегодня ЕГРН по-прежнему содержит недостаточно полную и объективную информацию о лесных участках. Данные ЕГРН и Государственного лесного реестра о площади лесов России различаются почти на 300 млн га. В ходе проверки Счетной палатой РФ также были выявлены признаки неэффективного расходования средств на проведение работ по постановке на кадастровый учет земельных участков стоимостью порядка 620 млн руб. Из-за нарушения установленного срока государственной регистрации сведения о постановке данных участков на кадастровый учет были аннулированы. Таким образом, в настоящее время отсутствует единая система учета, содержащая достоверную информацию о качественных, количественных и стоимостных характеристиках лесного фонда.

Автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр» – систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, об использовании водных объектов, о речных бассейнах и бассейновых округах [59].

АИС ГВР регистрирует договоры водопользования, решения о предоставлении водных объектов в пользование, перехода прав и обязанностей по договорам водопользования, а также прекращения договора водопользования.

Сведения, содержащиеся в реестре, относятся к государственным информационным ресурсам и носят открытый характер, за исключением информации, отнесенной законодательством Российской Федерации к категории ограниченного доступа.

Государственный охотхозяйственный реестр, состав и порядок ведения которого утвержден приказом Минприроды России от 06.09.2010 № 345 (ред. от 17.06.2014) «Об утверждении Положения о составе и порядке ведения государственного охотхозяйственного реестра, порядке сбора и хранения содержащейся в нем документированной информации и предоставления ее заинтересованным лицам» содержит сведения: о количественных, качественных и экономических характеристиках охотничьих ресурсов (численность млекопитающих, птиц, отнесенных к природным ресурсам); о видах, местоположении, границах, принадлежности и состоянии охотничьих угодий»; о юридических лицах и индивидуальных предпринимателях, осуществляющих виды деятельности в сфере охотничьего хозяйства, и другую информацию [67].

1.4.8 Система межведомственного электронного взаимодействия

Система межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ) создана и ведется Министерством связи и массовых коммуникаций РФ в соответствии с Федеральным законом РФ от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» [64] и обеспечивает обмен данными, представленными в электронном виде, между федеральными, региональными и местными органами власти, кредитными организациями (банками), внебюджетными фондами и прочими участниками СМЭВ, необходимыми для оказания государственных и муниципальных услуг гражданам и организациям.

Целью разработки и эксплуатации системы является реализация принципа «Единого окна», т. е. устранение необходимости для пользователей услуг собирать документы и сведения, находящиеся и (или) предоставляемые различными государственными и муниципальными органами, в целях повышения качества и доступности таких услуг, а также обеспечения возможности перевода услуг в цифровую форму [13]. Используя СМЭВ, орган власти, предоставляющий услугу, обязан самостоятельно запрашивать документы и сведения, которые уже имеются в распоряжении другого государственного или муниципального органа власти. СМЭВ

при этом обеспечивает обмен и гарантирует получение соответствующих запросов и подготовленных в соответствии с ними сведений.

Физически СМЭВ представлен сетью защищенных каналов связи между узлами, расположенными в центрах обработки данных ПАО «Ростелеком». Каждый узел СМЭВ – это шина на базе Oracle Enterprise Service Bus, представляющего собой программную платформу для обмена сообщениями. Каждый участник СМЭВ выступает поставщиком и потребителем сведений: как поставщик он публикует и регистрирует в СМЭВ свой электронный сервис, который предназначен для обработки запросов и выдачи сведений, а как потребитель получает доступ к опубликованным в СМЭВ сервисам, и в случае необходимости, реализует адаптер, который умеет правильно запрашивать сведения и получать ответ. Каждый запрос и каждый подготовленный на него ответ (сведения) заверяются электронно-цифровой подписью.

1.4.9 Муниципальные информационные системы

Действующее законодательство Российской Федерации практически не содержит положений, определяющих порядок и состав информационного и геоинформационного обеспечения деятельности органов местного самоуправления. Так, основополагающий в этой области Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [61] не содержит даже определения «муниципальная информационная система».

До последнего времени исключение составляли муниципальные ИСОГД, ведение которых муниципалитетами было обязательным и регламентировалось Градостроительным кодексом РФ и подзаконными к нему актами. Однако в рамках изменения градостроительного законодательства с 2020 г. данные полномочия переданы органам государственной власти субъектов федерации с обязательством обеспечить муниципальным органам власти доступ к сведениям ИСОГД. Таким образом, вопросы геоинформационного обеспечения органов городского управления, в том числе вопросы создания, ведения и использования тех или иных информационных систем и ресурсов на практике решаются органами местного самоуправления самостоятельно

либо во взаимодействии с региональными органами государственной власти, исходя из материально-технических, кадровых и финансовых возможностей, и такое решение является уникальным для каждого отдельного города или региона.

При этом федеральное законодательство устанавливает ряд обязательных требований, исполнение которых предусматривает наличие у органов информационных и геоинформационных систем, в том числе:

– обязательного информационного обмена органов местного самоуправления с иными органами власти через систему межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ), например, с ФНС России при администрировании налогов на недвижимое имущество, Росреестром в рамках регистрации объектов недвижимого имущества и ведения АИС ЕГРН [64];

– предоставление муниципальных услуг в электронном виде, т. е. услуг, подача заявления и необходимых документов для получения которых осуществляется в электронном виде через сеть Интернет, а по итогам принятия решения заявителю может предоставляться результат в форме электронного документа, доступ к получению которых должен быть обеспечен через Единый портал государственных услуг (gosuslugi.ru);

– размещение открытых данных (общедоступной информации о деятельности органа местного самоуправления) на официальном сайте органа местного самоуправления [62].

В г. Новосибирске перечень создаваемых и используемых информационных систем, банков данных, реестров, регистров размещен на официальном сайте мэрии г. Новосибирска (<https://novo-sibirsk.ru/authority/info-systems/>), однако охватывает только те системы, которые находятся в ведении (в собственности) органа местного самоуправления и подведомственных организаций, и не охватывает системы, используемые на основании лицензий (лицензионных соглашений). Вместе с тем, на основе результатов научно-исследовательских работ, выполненных научными коллективами СГУГиТ по заказам структурных подразделений мэрии г. Новосибир-

ска, мы можем сделать выводы о перечне и основных характеристиках используемого программного обеспечения и информационных ресурсов.

Реализация полномочий в области управления земельно-имущественным комплексом осуществляется Департаментом земельных и имущественных отношений мэрии с использованием программного комплекса (ПК) SAUMI, разработанного ООО «Бюджетные и финансовые технологии» (г. Москва). Программный комплекс предназначен для ведения учета управления государственной и муниципальной собственностью с возможностью адаптации к требованиям регионального и местного законодательства в целях повышения эффективности и качества управления земельно-имущественным комплексом (рисунок 1.1) [91].



Рисунок 1.1 – Объекты учета в ПК SAUMI

В сфере информационного обеспечения градостроительной деятельности используется комплекс информационных систем, главным в числе которых выступает программный комплекс Geocad System Enterprise Edition (рисунок 1.2), разработанный компанией ООО «ГЕОКАД плюс» (г. Новосибирск) [81].

Архитектуру, структуру данных и функционал данных информационных систем целесообразно представить в виде таблицы результатов сравнительного анализа, что в дальнейшем позволяет сделать выводы о качестве информационного обеспечения органа местного самоуправления в исследуемой области (таблица 1.3).

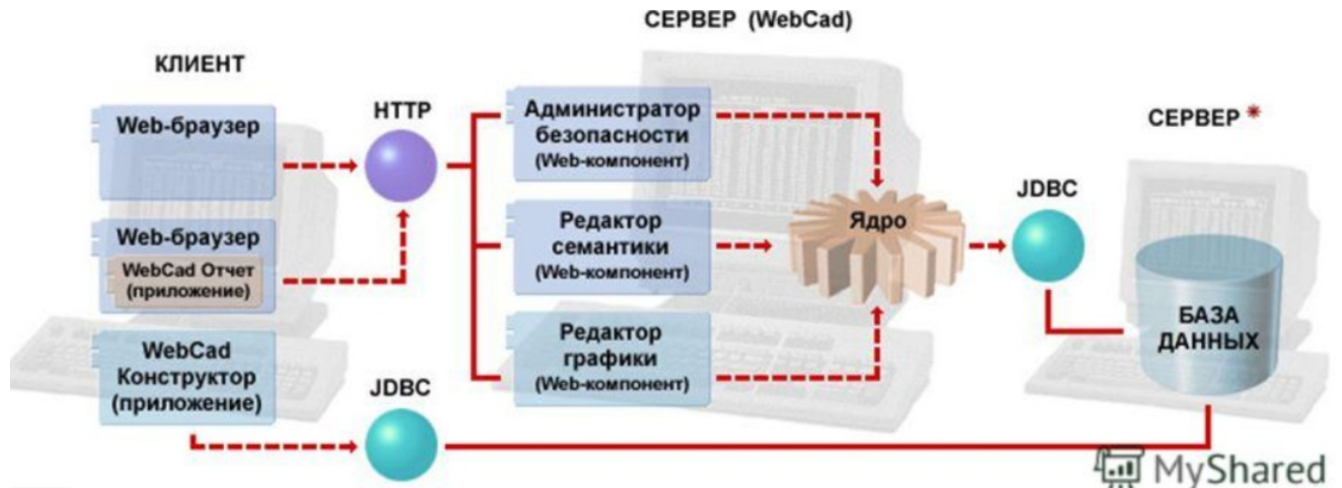


Рисунок 1.2 – Архитектура информационной системы
«Geocad Systems Enterprise Edition»

Таблица 1.3 – Сравнительный анализ программных комплексов ПК SAUMI и Geocad System Enterprise Edition

№ п/п	ПК SAUMI	Geocad System Enterprise Edition
1	Архитектура систем	
1.1	Выполнена по схеме «клиент-сервер», где серверные программные компоненты представлены базой данных SAUMI-web (БД SAUMI-web) под управлением СУБД PostgreSQL версии 9.3, программной средой Oracle Java RunTime Environment (JRE) версии 8 Update 40 (8u40), веб-сервером и контейнером серверов Apache Tomcat версии 8.0.23, серверным веб-приложением SAUMI-web, клиентские компоненты представлены веб-браузерами, которые обращаются к веб-приложению SAUMI-web по установленному адресу URL	Распределенная платформенно-независимая трехуровневая система, состоящая из СУБД (Oracle, MySQL или др.), сервера приложений (открытая архитектура JBoss и библиотека функций GSEE) и клиентских приложений (клиент-приложения и (или) веб-приложения для работы с семантической и графической информацией)

Продолжение таблицы 1.3

№ п/п	ПК SAUMI	Geocad System Enterprise Edition
2	<i>Управление пространственными данными</i>	
2.1	Поддерживается отображение информации об имуществе на подложках карт (Публичная карта Росреестра, Yandex, Google, 2GIS)	Имеет полнофункциональную программную систему обработки пространственных данных, поддерживающую растровые и векторные пространственные данные, в том числе цифровые картографические материалы, различные системы координат и проекции (с возможностью перепроецирования «на лету»), полный перечень графических операций по созданию и преобразованию графических объектов, включая поддержку 3D
	<i>Примечание.</i> Недостаток графического функционала компенсируется возможностью интеграции с внешней ГИС MapInfo Professional, использования ее инструментов и функционала	
3	<i>Управление семантическими данными</i>	
3.1	Структура семантических данных определяется структурой базы данных SAUMI-web в составе дистрибутива программного комплекса	В комплекте системы представляется метамодель – заранее подготовленная согласно требованиям законодательства и заказчика информационная модель, выступающая эталоном представления данных (например, Реестр имущества) и содержащая описание структур (баз данных, таблиц, полей, связей, объектов, форм, отчетов и т. д.). Метамодели могут создаваться, изменяться и дополняться на рабочем месте пользователем – администратором системы
3.2	Обеспечение поиска и выбора информации из базы данных, в том числе по стандартным шаблонам и пользовательским запросам, возможность формирования аналитических отчетов с использованием аналитических выборок (OLAP). Наличие конструктора отчетов и печатных форм на основе встроенного редактора отчетов и (или) с применением свободного средства разработки генерируемых документов BIRT в формат Word, Excel или файл формата PDF	

Продолжение таблицы 1.3

№ п/п	ПК SAUMI	Geocad System Enterprise Edition
4	Специальный функционал	
4.1	<p>1 Ведение муниципального или регионального реестров имущества в соответствии с требованиями законодательства, в том числе пообъектный учет объектов недвижимого имущества (земельные участки, здания, сооружения, помещения, объекты незавершенного строительства, имущественные комплексы), движимого имущества (транспортные средства, акции и доли участия в неакционерном капитале), включая учет специфических характеристик объектов, отражение взаимосвязи между объектами и учет преобразований земельных участков.</p> <p>2 Ведение реестров субъектов права (физических и юридических лиц) и их реквизитов, реестра вещных и обязательственных прав, правовых состояний и контрактов, связанных с учитываемыми объектами имущества</p> <p>3 Учет финансовых обязательств, возникающих в рамках контрактов и правовых состояний, в том числе: регистрация льгот, отсрочек, штрафов, пеней, возможность расчета рассрочки платежей с учетом процентов.</p> <p>4 Ведение реестра начислений и платежей, включает взаимодействие с системой удаленного финансового документооборота (СУФД) на базе созданного в рамках контракта или правового состояния финансового обязательства в ручном либо автоматическом режиме, сопоставление начислений и поступивших платежей в автоматическом и ручном режиме. Автоматизация претензионной и исковой деятельности в сфере имущественных и земельных отношений, в том числе: ведение информации по претензиям и исковым процессам, формирование реестра претензионной и исковой деятельности организации, анализ эффективности претензионной и исковой деятельности, мониторинг и контроль сроков исполнения этапов претензионной и исковой работы</p>	<p>1 Ведение книг по учету градостроительной документации.</p> <p>2 Учет материалов территориального планирования муниципального образования в виде цифровых растровых картографических материалов (без параметров функциональных зон и объектов федерального, регионального и местного значения).</p> <p>3 Создание и учет материалов градостроительного зонирования (территориальные зоны, градостроительные регламенты, зоны с особыми условиями использования территории) в цифровом векторном виде.</p> <p>4 Учет, создание и ведение материалов планировки территории (проекты планировки, проекты межевания), градостроительные планы, включая учет параметров планируемого развития территории и объектов капитального строительства</p> <p>5 Ведение реестра проектов.</p> <p>6 Учет объектов капитального строительства (здания/сооружения, объекты незавершенного строительства, объекты культурного наследия).</p> <p>7 Учет природных и техногенных условий территории, включая учет материалов инженерных изысканий.</p> <p>8 Учет земельных участков с ведением реестра дел по каждому земельному участку.</p> <p>9 Ведение дежурного плана инженерных сетей (двумерные векторные модели).</p> <p>10 Автоматизированная подготовка документов в части оказания муниципальных услуг: учет и подготовка градостроительного плана, акта выбора площадки, разрешения на строительство и разрешения на ввод в эксплуатацию</p>

Окончание таблицы 1.3

№ п/п	ПК SAUMI	Geocad System Enterprise Edition
5	Дополнительный (вспомогательный) функционал	
5.1	Ведение адресного реестра на основе данных Федеральной информационной адресной системы	Ведение реестра адресов и реестра субъектов градостроительной деятельности
5.2	Формирование схем хозяйственных процессов (бизнес-процессов), реализуемых, в том числе в рамках автоматизации оказания муниципальных услуг, и предполагающих последовательность определенных этапов, автоматическое формирование текстов документов, сопровождающих процессы, автоматическое внесение в базу данных изменений в состоянии объектов, возможность назначения ответственного исполнителя на каждый этап процесса, согласования выполненного исполнителем действия либо возвращения его на доработку (служебный документооборот), например, предоставление земельного участка	Возможность интеграции с системой документооборота LotusNotes
6	Инструменты взаимодействия с внешними государственными информационными системами, сервисами и ресурсами	
6.1	Поддерживает взаимодействие с системой межведомственного электронного взаимодействия, информационный обмен с МФЦ, порталами оказания услуг, ФГИС «ЕГРН», электронными сервисами ФНС России (ЕГРИП и ЕГРЮЛ), ГИС ГМП	Поддерживается импорт-экспорт файлов различных графических и текстовых форматов (MIF/TAB, TXT, DXF, SHP, Excel)

1.5 Заключение по результатам анализа действующей модели информационного обеспечения органов городского управления

Создаваемые и используемые органами власти государственные и муниципальные информационные системы призваны обеспечить решение двух основных задач:

1) информационное обеспечение органов власти: как тех структур, которые непосредственно создают и (или) ведут информационные системы, так и тех, которые участвуют в системе информационного взаимодействия [8];

2) автоматизация функций органов власти, с целью повышения качества выполнения возложенных на них полномочий, роста оперативности, качества и доступности оказания государственных и муниципальных услуг, снижения трудоемкости операций для сотрудников работников органов власти.

При этом показателями качества информационного обеспечения органов управления являются предоставление и обеспечение возможности использования полных (необходимых и достаточных для выполнения предусмотренных функций), актуальных (обновляемых) и непротиворечивых между собой сведений о пространственных, физических (экологических), социальных, экономических (стоимостных), правовых и иных характеристиках элементов, формирующих систему городской среды. И в результате выполненного анализа действующей современной модели информационного обеспечения органов городского управления приходится констатировать, что такая модель не обеспечивает решения данной задачи.

Как отражено в информационной модели территории, представленной в таблице 1.2, имеют место массовые случаи, когда сведения об одних и тех же объектах дублируются в различных информационных системах, зачастую при этом в разном представлении. Так, например, сведения об объектах капитального строительства многократно дублируются в ФИАС (в виде объектов адресации), в муниципальных ИСОГД или иных геоинформационных системах (дежурный адресный план), в государственных (региональных) ИСОГД (в виде информационных моделей объектов), в земельно-информационных системах (в виде описания объектов муниципальной собственности), в ФГИС ЕГРН (в виде контуров и описания объектов учета и регистрации) и, наконец, в информационной системе ФНС России «Налог -3» (в виде сведений об объектах налогообложения). Аналогичным образом дублируются сведения об административных границах, границах населенных пунктов, территориальных зонах и других объектах градостроительной деятельности в ИСОГД и во ФГИС ЕГРН. При этом, если сведения о таких объектах попадают в ИСОГД на основе утвержденной градостроительной документации, то во ФГИС ЕГРН такие сведения поступают только по результатам работ по описанию границ, предполагающим,

в частности, уточнение градостроительных сведений (исправление пересечений с земельными участками и т. д.). Такая ситуация приводит к неминуемому возникновению противоречий в используемых органами власти сведениях. Подтверждением такой ситуации, в частности, является известная проблема с расхождениями в сведениях ФГИС ЕГРН и АИС ГЛР, где, согласно заключению Счетной палаты РФ, только количественные данные ЕГРН и Государственного лесного реестра о площади лесов России различаются почти на 257 млн га [40].

Таким образом отдельные виды сведений не нашли своего места в тех информационных системах, где их нахождение с точки зрения функционального использования является более чем целесообразным. Например, к таким сведениям относятся «Зоны с рисками возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», которые представлены в составе ИСОГД и ФГИС ТП, однако отсутствуют в составе ФГИС ЕГРН. И напротив, сведения о границах игорных зон и охотничьих хозяйств, важные и необходимые в системе управления развитием и градостроительной деятельностью соответствующих территорий, вносятся в ФГИС ЕГРН, но отсутствуют в ИСОГД и в ФГИС ТП.

Указанные информационные системы предоставляют двумерное представление пространственных данных, за исключением государственных ИСОГД, для которых предусмотрено хранение информационных моделей объектов капитального строительства, однако в отдельном (разобобщенном) виде, а не виде компонентов единой многомерной информационной модели территории. В то же время современные города уже давно являются многомерными системами, активно развиваясь в высоту/глубину (3D) и с учетом временного (4D) и финансового (5D) (экономического) факторов. Современные программные инструменты позволяют широко использовать многомерные пространственные данные, а самые современные технологии, такие как дополненная и виртуальная реальность, открывают совершенно новые возможности по представлению пространственных данных для пользователей. Традиционное двумерное представление пространственных данных на уровне

1980-х гг. уже не соответствует современным задачам и условиям по управлению инфраструктурой, проектированию и строительству объектов.

Помимо этого, формируемая государственными и муниципальными информационными ресурсами информационная модель территории не отражает ряд важнейших показателей состояния городской среды, например таких как численность населения, его половозрастной состав, финансово-материальная обеспеченность с привязкой к местам постоянного проживания, маршруты ежедневного передвижения людей (маятниковая миграция), организация движения и фактическая загруженность улично-дорожной сети, наличие, расположение и направления (сферы) деятельности субъектов хозяйственно-экономической (коммерческой) деятельности, рыночные данные о сделках и стоимости на рынке недвижимости и т. д. Важно отметить, что участники профессиональной коммерческой деятельности давно пользуются такими данными, например, в области разработки инвестиционных проектов [19]. Ключевым источником данных при этом являются негосударственные, в том числе коммерческие информационные системы и сервисы, такие как 2GIS, Yandex, OSM, Google, данные от операторов мобильной связи, бюро кредитных историй и др. [47] Однако в рамках действующего законодательства информационное взаимодействие государственных и муниципальных информационных ресурсов с коммерческими или некоммерческими негосударственными ресурсами и системами (за исключением использования в виде картографической подложки) не предусматривается. Также не предусмотрено и использование данных, получаемых от действующих государственных, муниципальных и частных систем мониторинга и наблюдения за состоянием компонентов городских систем (например, загруженность автомобильных дорог), а равно и современных систем и технологий автоматизированной актуализации, сбора и подготовки данных (распределенные реестры, краудсорсинг и т. д.).

Анализ архитектуры и функционала, используемых органами местного самоуправления информационных систем, представленный в таблице 1.3, также показал

неполное их соответствие современным и тем более перспективным условиям и требованиям.

Оба исследованных программных комплекса ПК SAUMI и Geocad System Enterprise Edition (GSEE) представляют собой исключительно ведомственные с точки зрения функционала информационные системы, т. е. эти системы изначально нацелены на автоматизацию функций отдельных специализированных структурных подразделений органов местного самоуправления строго в рамках направления их деятельности, в данном случае это управление земельно-имущественным комплексом (ПК SAUMI) и управление градостроительной деятельностью на территории муниципального образования (ПК GSEE). Однако при этом объективно ни один из исследуемых программных комплексов не предоставляет пользователям исчерпывающий набор программных инструментов, необходимых и достаточных для реализации возложенных на муниципалитет полномочий. Так, ПК SAUMI предоставляет пользователям, пожалуй, самый полный набор инструментов по финансово-хозяйственному управлению земельно-имущественным комплексом муниципального образования и оказанию соответствующих муниципальных услуг: от учета объектов прав до правовой и судебной защиты интересов муниципальных образований. Вместе с тем, программный комплекс не располагает необходимым набором программных инструментов для работы с пространственными данными без необходимости интеграции с внешними геоинформационными системами и использования их функционала, тем более не предусматривает интеграцию с ИСОГД, выступающей базовым информационным источником сведений о правовом режиме объектов недвижимого имущества, правовых условиях их образования и градостроительном режиме территории. Напротив, базовый функционал ПК GSEE предоставляет пользователям широчайший набор инструментов по работе с пространственными данными, однако при этом не обеспечивает требуемого при реализации муниципальных услуг информационного взаимодействия с государственными информационными ресурсами, системами и сервисами (СМЭВ, ФГИС ТП, ФГИС ЕГРН и др.) за исключением операций импорта-экспорта без

необходимости существенной доработки и (или) приобретения дополнительных программных компонентов.

Архитектура программных комплексов основана на современных и эффективных клиент-серверных технологиях, которые отвечают всем принципиальным требованиям, в том числе таким как кросс-платформенность (независимость от операционной программной платформы), наличие серверной части с единой централизованной базой данных и серверными вычислениями, а также клиентской частью, использование которой возможно без установки специального программного обеспечения (веб-интерфейс). Однако данные системы и условия их использования не предусматривают возможности доработки (модернизации) информационных систем, расширения их функционала, подключения дополнительных программных модулей, кроме как через приобретение соответствующих услуг исключительно у разработчика системы.

Системы предоставляют ограниченный набор инструментов анализа данных, в первую очередь, представляющих собой запрос и получение сведений из базы данных, их оформление (представление) в виде форм и документов в соответствии с установленными требованиями. Однако в современных условиях этого категорически недостаточно для решения тех задач, которые стоят перед органами городского управления. Например, руководство по использованию ПК SAUMI не содержит описания каких-либо программных инструментов, обеспечивающих возможность построения прогнозных моделей по поступлению платежей от использования муниципального имущества, а описание ПК GSEE – по анализу соответствия текущей градостроительной ситуации и (или) разрабатываемых проектных решений установленным нормативам градостроительного проектирования, по расчету индексов комфортности городской среды или обеспеченности населения объектами инфраструктуры. Для выполнения таких необходимых в современных условиях видов анализа и расчетов потребуются приобретение внешних (дополнительных) программных продуктов, решение задачи сопоставления структуры данных, импорта-экспорта данных и т. д.

Но все же ключевым недостатком применяемых сегодня подходов к информационному обеспечению органов городского управления является то, что такие подходы не реализуют и не поддерживают механизмы, отражающие основную природу городов как территориальных систем, не учитывают тесную взаимосвязь и взаимозависимость их компонентов, не позволяют моделировать и анализировать, как принятие того или иного управленческого решения повлияет на состояние тех или иных компонентов территориальной системы. Соответственно, традиционные подходы не способны обеспечить решение наиболее важной управленческой задачи – обеспечение гармоничного развития, комфортной, безопасной и экономически привлекательной городской среды для повседневной жизнедеятельности жителей и гостей города, делая город привлекательным для представителей современной экономики знаний.

В качестве решения обозначенной проблемы имеет место необходимость в реализации новых подходов к информационному обеспечению органов городского управления – переход на использование «интеллектуальных» или «умных» информационных систем, ключевым отличием которых от традиционных является их соответствие трем базовым критериям: интегрированность, возможность проведения измерений и контроля (мониторинга) и интеллектуальность (рисунок 1.3).

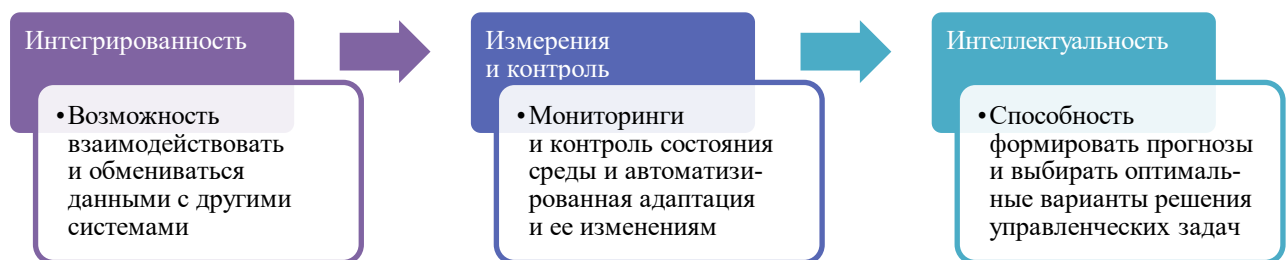


Рисунок 1.3 – Критерии интеллектуальных систем

Таким образом, задачи, стоящие перед органами городского управления на фоне стремительного развития технологий сбора, обработки и интерпретации про-

пространственных данных, требуют принципиального изменения подходов к информационному обеспечению их деятельности, включая земельно-информационные системы, которые должны соответствовать следующим принципиальным требованиям.

1 Интеграция в единое глобальное геоинформационное пространство (ЕГИП) за счет автоматизированного преобразования пространственных данных и наличия интерфейсов взаимодействия (обмена данными) с внешними информационными ресурсами, включая государственные федеральные, региональные, муниципальные и негосударственные, в том числе поддержка всех видов двумерных, трехмерных и более многомерных пространственных данных (принцип единого геоинформационного пространства).

2 Наличие собственных и (или) взаимодействие с внешними системами автоматизированного мониторинга актуальности, взаимного соответствия и корректности данных, в том числе с использованием систем дистанционного зондирования и автоматизированного распознавания (дешифрирования) данных.

3 Наличие внутренних или взаимодействие с внешними системами моделирования и прогнозирования состояния элементов муниципального образования как территориальной системы, учитывающих взаимосвязи между ними: как изменения одного элемента повлияют на изменения других.

2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

2.1 Информационная среда «умного города»

2.1.1 Понятие «умного города»

Обозначенная в первом разделе ситуация с проблемами в системе информационного обеспечения органов местного самоуправления г. Новосибирска, которые требуют решения, не является каким-то особым или уникальным случаем. Глобальная конкуренция между городами, выполняющими роль региональных, общегосударственных, а иногда и мировых центров концентрации конкурентоспособности, повсеместно требует повышения эффективности городского управления в целях обеспечения наиболее комфортных, безопасных, экономически и культурно привлекательных условий для наиболее активных и успешных субъектов современной «цифровой экономики».

Общепринято, что наиболее эффективным подходом к решению данной задачи является реализация концепции «умного города» («Smart City»), предусматривающая всеобъемлющее внедрение самых современных информационных и телекоммуникационных технологий в систему городского управления. Однако, при этом существуют разные подходы к определению понятия «умного города». Сама концепция «умного города», сформировавшись в начале 2000-х гг., в процессе развития информационных и телекоммуникационных технологий также претерпевала неоднократные изменения и трансформации. Помимо этого, как отмечают эксперты НИИТС, используемые в разных странах определения «умного города» также зачастую отражают в первую очередь подходы к решению наиболее актуальных и злободневных для них проблем [73]. Например, согласно определению Венского технологического университета, «умными» считаются города, в которых созданы условия для роста человеческого капитала. По определению Европарламента, «умные города» рассматриваются как ответ на вызовы масштабной урбани-

зации (перенаселение, потребление энергии, распределение ресурсов, воздействие на окружающую среду). В свою очередь, японцы называют «умными городами» те города, где благодаря инновациям улучшается состояние окружающей среды, общества и экономики.

Наиболее содержательным и при этом универсальным определением, на наш взгляд, является определение, данное группой международных организаций, в число которых входит Международная организация по стандартизации (ISO), согласно которому «умный город» представляет собой «системный подход к использованию информационных и телекоммуникационных технологий и анализа данных в реальном масштабе времени для повышения уровня экономического развития и конкурентоспособности города, повышения уровня жизни населения и качества городских услуг, повышения эффективности работы городских служб и городской инфраструктуры» [5, 110].

Компания IBM, выступая одним из лидеров в области разработки технологических решений для «умного города», взяв за основу свое определение интеллектуальных систем, определяет «умные города» как обладающие тремя качествами: «оснащенный» (Instrumented), «объединенный» (Interconnected) и «интеллектуальный» (Intellectual), где «оснащенный» означает способность получать различные данные о городской жизни и инфраструктуре в реальном режиме времени посредством датчиков, сенсоров, измерительных приборов, персональных устройств; «объединенный» – указывает на возможность интегрировать данные из разных источников на цифровых платформах, предоставляя общий доступ к ним для различных городских служб; «интеллектуальный» – относится к обработке полученной информации с помощью цифровых сервисов аналитики, моделирования, оптимизации и визуализации с целью принятия наилучших решений [109].

Согласно данным издания Forbes, в 2018 г. в мире насчитывалось 165 проектов «Умный город», реализуемых в 80 странах мира [118]. Лидерами направления, как правило, выступают города, являющиеся центрами мировой торговли, финансов, науки, образования, информационных технологий и высокотехнологического

производства – Амстердам, Барселона, Нью-Йорк, Копенгаген, Тель-Авив, Сингапур, Шанхай, Стокгольм, Дубай, Осло, Цюрих, Торонто, Москва и др. Количество реализуемых проектов «Умный город» ежегодно растет.

На практике реализация концепции «умного города», как правило, выполняется в рамках взаимосвязанных между собой направлений или отраслей городского хозяйства: «умная безопасность», «умная экономика», «умное здравоохранение», «умный транспорт», «умная власть», «умный гражданин», «умная инфраструктура», «умная среда» и др. Однако количество таких отраслей субъективно, а границы между ними условны, поскольку реализация концепции «умного города» предусматривает использование единой для всех отраслей телекоммуникационной и вычислительной инфраструктуры, формирование и использование единого массива данных и единых технологий их обработки.

В России стратегия на реализацию концепции «умного города» заложена рядом программных документов, в том числе программой «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р) [79] и «Стандартом цифровизации городского хозяйства (стандарт «Умный город»)», утвержденным заместителем министра строительства России от 04.03.2019 [6]. Непосредственная реализация концепции осуществляется в рамках федерального ведомственного проекта «Умный город» Минстроя России, для участия в котором были отобраны 19 городов из 11 регионов страны, в том числе г. Новосибирск. Проект предусматривает реализацию комплекса мероприятий по цифровизации основных отраслей городского хозяйства (рисунок 2.1) и направлен на повышение конкурентоспособности российских городов, формирование эффективной системы управления городским хозяйством, создание безопасных и комфортных условий для жизни горожан [89].

Как представлено на рисунке 2.1, российский стандарт «Умный город» основан на внедрении интеллектуальных систем в ключевые отрасли городского хозяйства: городское управление, ЖКХ, городскую среду, транспорт, системы общественной и экологической безопасности и др.



Рисунок 2.1 – Модель комплекса мероприятий стандарта «Умный город»

Согласно определению таких систем, данному компанией IBM, для интеллектуальных продуктов, независимо от их форм и размеров, характерны три особенности: «Взаимосвязь», «Измерение и контроль» и «Интеллект» [84] (см. рисунок 1.3).

Наибольшую важность и интерес для данного исследования представляет направление (отрасль) «Городское управление», которое предусматривает следующие мероприятия:

- создание платформы «Активный гражданин», обеспечивающей вовлечение граждан в решение вопросов городского развития;
- создание «Цифрового двойника города» – информационной пространственной модели города как базового информационного ресурса для решения задач по управлению городским хозяйством;
- формирование «Интеллектуального центра городского управления», куда будет поступать актуальная информация о параметрах функционирования города и где будет обеспечиваться непосредственное выполнение сценариев реагирования на различные кризисные ситуации.

2.1.2 Информационно-телекоммуникационная среда «умного города»

Ведущие зарубежные и российские IT-компании, такие как Google, Huawei, IBM, Oracle, Siemens, AutoDesk, Bentley, Ростелеком и др. в настоящее время ведут активные разработки и предлагают свои технологии и решения для «умных городов». Такие решения могут как быть направлены на цифровизацию отдельных направлений (отраслей) городского хозяйства, так и представлять собой программно-технические платформы, объединяющие различные цифровые системы в единое целое. Общий рынок технологий «умных городов», согласно прогнозу консалтинговой компании Acur, уже в 2020 г. превысит 400 млрд долл. США [119].

В современной мировой практике базовым условием для всеохватывающего внедрения концепции «умного города» выступает создание и запуск в эксплуатацию единой информационно-телекоммуникационной среды (ИТС) «умного города». Так, китайская компания Huawei, предлагающая комплексные решения в об-

ласти цифровизации городской инфраструктуры, представляет следующую модель ИТС «умного города» (рисунок 2.2).

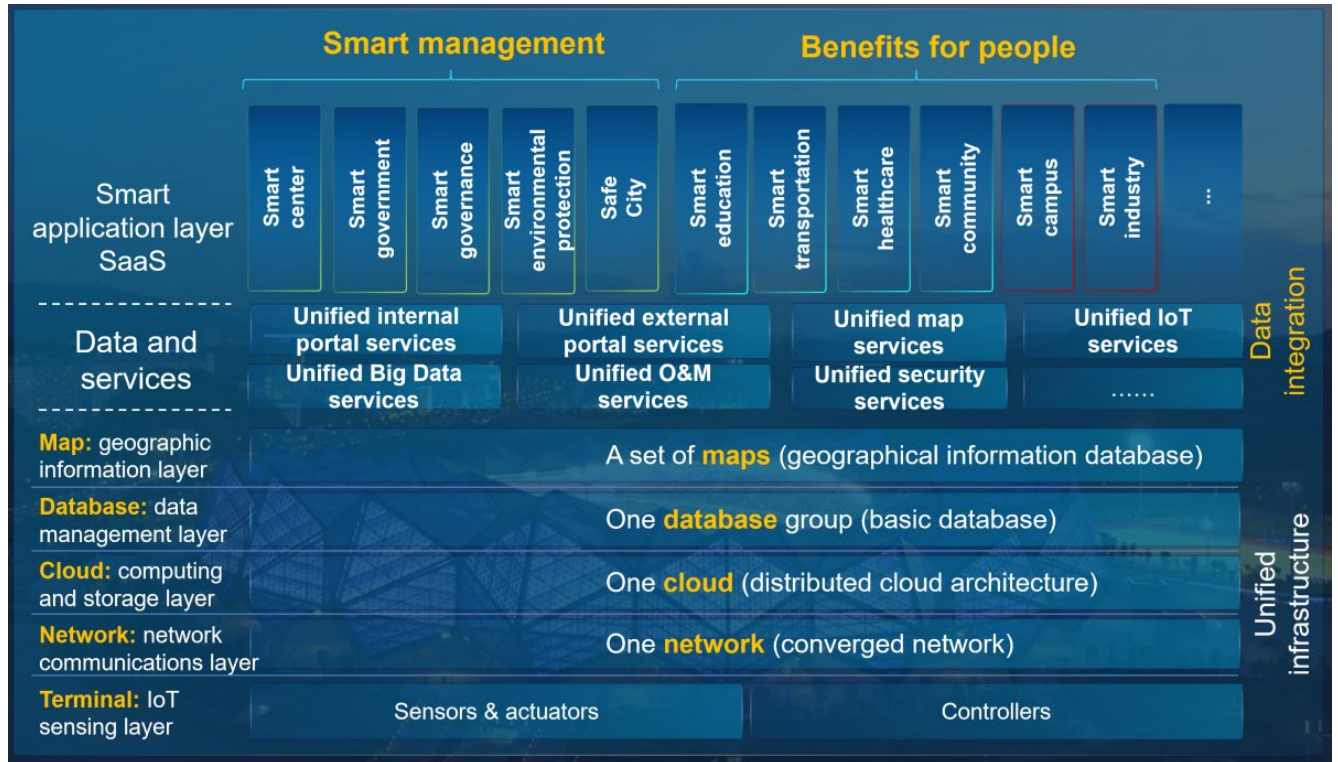


Рисунок 2.2 – Высокоуровневая модель информационно-коммуникационной среды «умного города»

Архитектура ИТС «умного города» условно может быть представлена набором взаимосвязанных слоев, в том числе:

- «Ввод и вывод» (Terminal): слой интернета вещей (IoT), представленный множеством различных датчиков, систем мониторинга и наблюдения (Sensors & actuators), обеспечивающих сбор данных о реальном состоянии городской среды и инфраструктуры (показатели загруженности автомобильных дорог, показатели загрязнения воздуха, счетчики расхода ресурсов и т. д.), а также управляющими системами (Controllers), позволяющими воздействовать и управлять состоянием городских систем (управляемые светофоры, системы уличного освещения и т. д.);

- «Сеть» (Network): слой сетевых коммуникаций, представленный единой (проводная и беспроводная) сетью обмена данными (Converged network);

- «Облако» (Cloud): слой вычислений и хранения – единая система распределенных (облачных) вычислений (Distributed cloud architecture);
- «База данных» (DataBase): слой управления данными – единая база данных (One database group);
- «Карта» (Map): слой географической информации – геопространственная база данных (Geographical information database);
- «Слой данных и сервисов» (Data and Services) – комплексная система управления данными и сервисами «умного города», в том числе доступа к данным, получаемым с систем мониторинга и наблюдения, к большим, пространственным и другим данным, а также к сервисам, включая внутренние и внешние порталы и управляющие системы (далее – Платформа «умного города»);
- «Слой интеллектуальных приложений и систем» (Smart application layer), в том числе как предназначенных для органов управления (Smart management): «умный центр управления», «умное управление отходами», «безопасный город» и др., так и нацеленных на удовлетворение потребностей жителей города (Benefits for people): «умное образование», «умное передвижение», «умный кампус» и др.

Как видно из представленной модели, архитектура ИТС «умного города» призвана связать воедино источники информации (датчики, сенсоры и прочие устройства IoT) с системами хранения, накопления, обработки, анализа и представления данных пользователям, с тем, чтобы полученные в итоге обработки информации результаты передавались назад в виде команд и (или) алгоритмов для управляющих систем, воздействующих на состояние и (или) функционирование компонентов инфраструктуры «умного города» («умные светофоры», «умное теплоснабжение», «умное энергообеспечение» и т. д.).

При реализации концепции «умного города» сегодня, как правило, задействуются различные отраслевые программные платформы, обеспечивающие сбор, хранение и обработку данных в соответствующих областях: ЖКХ, транспорт, общественная безопасность и др. Как отмечает Гоков Д. Г., при отсутствии единой стратегии со

стороны органов управления такая ситуация может привести к фрагментации единого «умного города» на отраслевые «умные города» («умная экология», «умный транспорт» и др.), которые будут слабо интегрированы между собой и соответственно не позволят решать общие задачи с требуемой эффективностью [21].

В качестве универсального решения обозначенной проблемы Гоковым Д. Г. и Кашиным С. Г. предложена концепция создания единой операционной системы «умного города», на которой на основе единых установленных и описанных программных интерфейсов (API) интегрируются все компоненты ИТС «умного города»: информационные ресурсы, системы хранения, обработки и представления данных, в том числе отраслевые программные платформы и управляющие системы.

Такая операционная система, аналогом которой выступает система Android от компании Google, призвана обеспечить возможность для множества независимых производителей программного обеспечения и (или) оборудования разрабатывать и предлагать свои программные продукты и (или) технические решения, которые смогут полноценно взаимодействовать с информационно-телекоммуникационной средой «умного города», обеспечивая тем самым свободную конкуренцию между участниками рынка. Реализация данной задачи обеспечивается посредством специальных компонентов операционной системы «умного города», в том числе: модуль «Управление API и данными», который обеспечивает возможность автоматизированного получения структурированных данных от разнородных источников; «Технологический портал», содержащий описание всех установленных программных интерфейсов (API); модуль «Мастер управления данными», обеспечивающий интеграцию и верификацию данных; «Биллинговая система», обеспечивающая в необходимых случаях платежи за использование данных и сервисов; «Магазин приложений», обеспечивающий возможность купли-продажи приложений (рисунок 2.3).

В рамках реализации обозначенной концепции операционная система выступает ключевым элементом (ядром) ИТС «умного города» посредством которого обеспечивается взаимодействие программных и технических средств.

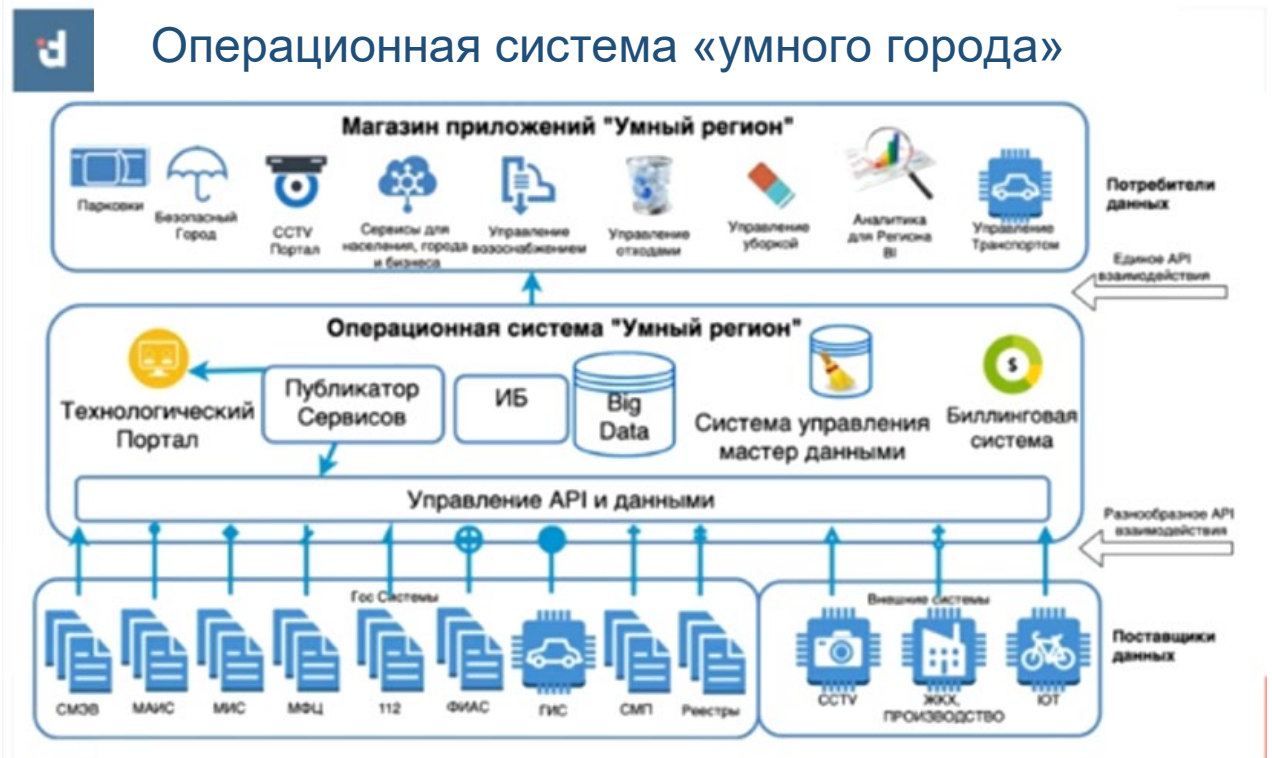


Рисунок 2.3 – Модель архитектуры операционной системы «умного города»

2.2 Технологии «умного города» в системе управления земельно-имущественным комплексом города

2.2.1 «Цифровая революция» и ее технологии

Современная реализация концепции «умного города» стала возможной благодаря стремительному развитию информационных технологий и их усиливающему воздействию на все сферы жизни общества, что получило определение «информационной революции» [31]. Ключевыми трендами «информационной революции» стали стремительное расширение набора инструментов и алгоритмов сбора, хранения, обработки и анализа геопространственных данных, а также доминирующее значение негосударственных коммерческих и некоммерческих геоинформационных ресурсов. Именно «информационная революция» предопределила появление современной «цифровой экономики», где основным средством производства выступает информация [42]. В основе концепции «умного города» лежит принцип

самого широкого внедрения и применения этих и перспективных технологий в системе управления городским хозяйством.

Перечень информационных технологий и цифровых устройств, которыми мы в той или иной мере пользуемся ежедневно, чрезвычайно широк [51]. Это мобильные телефоны, планшеты и иные электронные устройства, беспроводные телекоммуникационные сети и системы, обеспечивающие нас широкополосным интернетом 3G/4G/5G, а в ближайшей перспективе – и 6G, различные интеллектуальные системы (например, системы контроля здоровья и физической активности), технологии облачного хранения и обмена данными, облачных вычислений, различные системы мониторинга, наблюдения, многочисленные датчики и управляющие системы, образующие «Интернет вещей», технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая трехмерное лазерное сканирование, аэрофотосъемку с использованием общедоступных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), космическую съемку высокого и сверхвысокого разрешения, а также автоматизированные программные системы обработки материалов и данных ДЗЗ, «Большие данные», нейронные сети и искусственный интеллект, робототехнику и дроны, многомерное представление пространственных данных, виртуальную и дополненную реальность и др.

В данном разделе приведены результаты исследований тех сквозных технологий, которые, с одной стороны, все еще являются инновационными (но следует отметить, что скорость развития технологий не позволяет утверждать, что в ближайшее время они не сменятся на еще более совершенные), а с другой стороны, принципиально меняют условия и среду, в которой функционируют земельно-информационные системы и реализуются процедуры по управлению земельно-имущественным комплексом города.

2.2.2 Технологии «Больших данных»

«За последние 2 года было сгенерировано больше данных, чем за всю прошлую историю человечества» – статистический факт, представленный в статье [102], как ничто иное отражает масштаб информационного взрыва, поглотившего

нашу планету. Так, если 2002 г. человечеством было произведено всего 18 эксабайт информации ($18 \cdot 10^{18}$ байт), то в 2020 г., как ожидается, человечество произведет 47 зеттабайт, что эквивалентно 47 тысячам эксабайт. А к 2035 г., согласно прогнозам, объем ежегодно производимой информации составит уже 2 142 зеттабайта.

Такие «астрономические» объемы данных генерируются 5,19 миллиардами пользователей мобильных телефонов, 4,54 миллиардами интернет-пользователей, 3,80 миллиардами активных пользователей социальных сетей, а также постоянно увеличивающимся множеством устройств, подключенных к интернету и образующих «Интернет вещей».

Еще в 2001 г. компания Gartner предложила определение «Больших данных» как «разнообразных данных, которые поступают с постоянно растущей скоростью и объем которых постоянно растет» [112], выделив, таким образом, три основных свойства больших данных — разнообразие, высокая скорость поступления и большой объем («три V»), где:

- объем данных (Volume) представлен в количестве, измеряемом десятками и сотнями как терабайт, так и петабайт, при этом данные, как правило, являются неструктурированными, с неоднородной плотностью и с изначально неизвестной ценностью для анализа и исследований;

- скорость (Velocity) и объем постоянно поступающих данных делают технически невозможным их долгое хранение, а зачастую и просто запись и накопление таких данных на диски, соответственно возникает задача по максимально быстрой обработке и анализу таких данных с целью их превращения в аналитические результаты и принятию соответствующих действий в режиме, приближенном к режиму реального времени;

- разнообразие (Variety), когда данные поступают от самых различных источников, в различных форматах и представлении, в том числе это могут быть требующие синтаксического анализа сообщения в Twitter или статьи в LiveJournal, публикации и комментарии в Facebook или Вконтакте, фотографии в Instagram,

метрики посещаемости веб-страниц, транзакции при совершении покупок, геоданные, данные от различных датчиков и систем мониторинга и т. д.

В последние годы для «Больших данных» были введены две дополнительные характеристики: «ценность» (Value), характеризующая способность приносить пользу, а также «достоверность» (Veracity), как характеристика того, насколько можно доверять таким данным.

Источниками «Больших данных» выступают различные инфраструктурные, информационные и телекоммуникационные компании, именуемые также «дата-провайдерами». К числу таких компаний относятся операторы мобильной связи, производители мобильных телефонов, создатели операционных систем, разработчики приложений, социальные сети, банки, платежные системы, операторы безналичных платежей, цифровые платформы, предоставляющие сервисы или услуги и др. Так согласно отчету «Digital economy compass 2019», подготовленному компанией Statista, Google может отслеживать большую часть жизни и деятельности своих пользователей с помощью собственных платформ и сервисов (рисунок 2.4) [116].



Рисунок 2.4 – Сервисы сбора «Больших данных» от компании Google

Важно отметить, что на представленном рисунке недостает сервиса Google Payments, обеспечивающего безналичные покупки, оплату сервисов и услуг как

в реальном мире, так и в интернете. Фактически сервисы Google, как сервисы Apple, как и сервисы сотен и тысяч других компаний, которыми мы пользуемся ежедневно, позволяют собирать данные о нашем месте жительства, работы, маршрутах перемещения, транспортных средствах, интересах, мнении и желаниях, о материальном состоянии, покупках и финансовых транзакциях, объемах и стоимости потребляемых продукции и услуг, а также иные данные, формирующие обезличенный, но совершенно реалистичный цифровой портрет каждого из нас.

Стремительное увеличение объема «Больших данных» способствует точно такому же стремительному развитию технологий их обработки, постоянному появлению новых инструментов, обеспечивающих получение ценной аналитической информации. Сам процесс обработки в основном является стандартным и включает в себя следующие этапы: 1) сбор исходных (необработанных и разнородных) данных (транзакций, записей журналов, событий мобильных устройств и пр.); 2) хранение данных, как правило временное; 3) обработку (преобразование данных из необработанного состояния в пригодный для использования формат посредством сортировки, агрегации, объединения или применения специальных расширенных функций и алгоритмов); 4) анализ данных с помощью инструментов бизнес-аналитики и визуализации; 5) визуализацию и использование для получения аналитических выводов.

Большинство вышеуказанных операций реализуется на основе применения современных платформ, специально предназначенных для работы с «Большими данными», в том числе, как основанных на открытом коде (Hadoop, Spark), так и предлагаемых крупнейшими IT-гигантами на основе облачных технологий (Oracle, Amazon, IBM, Google и др.). Необходимо отметить, что независимо от применяемых технологических решений, общим для них выступает то, что ключевым аспектом интеграции, анализа и визуализации «Больших данных» является их представление в координатно-временном пространстве, как это, в частности, продемонстрировано компанией Nabidatum и их решением по построению хронотопа – способа фиксации любых событий в рамках геовременной сетки (рисунок 2.5) [56].

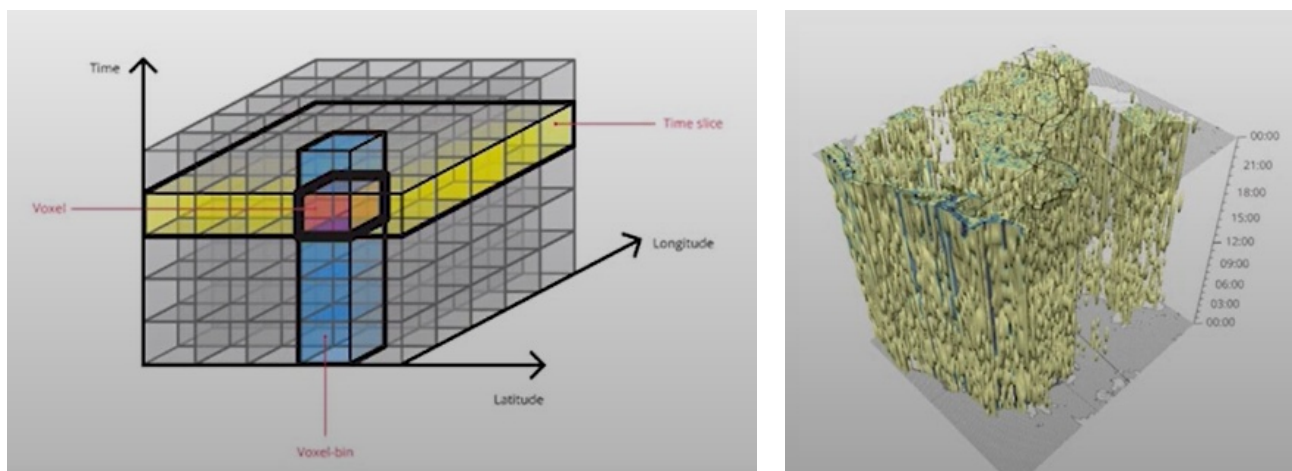


Рисунок 2.5 – Геовременная сетка и хронотоп компании Habidatum

Специалисты Amazon выделяют три типа аналитик, которые можно получить с использованием «Больших данных»: описательный анализ (ответ на вопрос «Что произошло и почему?»), прогнозирующий анализ, позволяющий оценить вероятность тех или иных событий в будущем, и предписывающий анализ, который формирует рекомендации («Что делать, если произойдет событие X?») [97].

На основе обработки и анализа «Больших данных» работающие на этом рынке компании предлагают потребителям различные физические, социальные, информационные и ментальные метрики состояния городской среды. Так компания Habidatum International, Inc., действуя на базе собственной программной платформы Chronotop, предлагает множество метрик, в числе которых: «OD Matrix» («Поездки и направления»), Транспортная модель (с распределением по типу транспорта); «Residents, Visitors, and Workers» («Жители, визитеры и работники»); «Population Density» (Плотность населения в заданное время в заданном месте); «Place/Topic/Event-Specific Sentiment» (Эмоциональный окрас публикаций о месте, теме, событии), «Domestic and International Retail Customer Count» (количество клиентов, количество транзакций, сумма расходов) международной и (или) местной аудитории в торговых точках и др. [108].

Такие данные имеют исключительную ценность для бизнеса и активно применяются коммерческими структурами при решении вопросов создания, управления и развития бизнеса, инвестиционного анализа и геомаркетинга, поскольку поз-

воляют подобрать место для открытия нового бизнеса (точки), оценить местоположение действующего бизнеса, оценить пешеходную и транспортную доступность, влияние конкурентов, сделать прогноз размеров выручки и т. д.

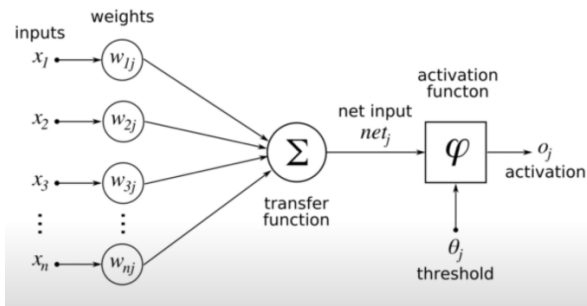
Не меньшую ценность эти данные представляют и в вопросах управления земельно-имущественным комплексом города и его пространственным развитием. Знание фактического состояния компонентов городской системы, включая самый сложный и комплексный – его жителей, позволяет избежать не только существенных ошибок при планировании и развитии городских территорий, но и существенно повысить эффективность управления городским имуществом, обеспечивая повышение доходов в муниципальный бюджет.

2.2.3 Технологии искусственного интеллекта и нейронных сетей

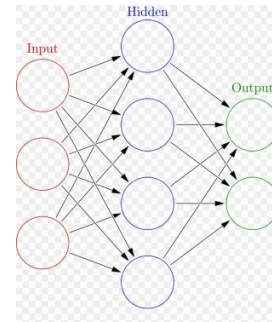
Нейронные сети – это одно из направлений в разработке искусственного интеллекта, представляющее собой математическую модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронные сети позволяют прогнозировать значения переменных в новых наблюдениях по данным других наблюдений (для этих же или других переменных) после прохождения этапа так называемого «обучения нейронной сети».

Имитируя организацию и функционирование нервной системы, нейронная сеть состоит из формальных нейронов, модель которых вместе с моделью простейшей нейронной сети представлена на рисунке 2.6.

Обучаемость нейронной сети – это одно из главных свойств и преимуществ нейронных сетей перед традиционными математическими алгоритмами. В основе обучения лежит последовательный подбор весов для каждой связи между нейронами, так чтобы выходной результат обработки данных максимально соответствовал ожидаемому.



a)



б)

x_1-x_n – входные параметры; $w_{1j}-w_{nj}$ – веса параметров; transfer function – функция, суммирующая входные параметры, умноженные на соответствующие им веса (синапс); net input – численный результат работы функции transfer function; activation function – функция активации, которая в зависимости от значения net input выдает соответствующие выходные данные; Input – входной слой нейронов, через которые в сеть поступает входная информация без ее обработки; Hidden – скрытый слой (или несколько слоев) нейронов, которые обеспечивают обработку поступивших данных; Output – выходной слой нейронов представляет результат работы нейронной сети

Рисунок 2.6 – Модель искусственного нейрона и простейшей искусственной нейронной сети: а) модель формального нейрона; б) модель простейшей нейронной сети

Подбор значений весов выполняется на основе массива обучающих примеров (обучающей выборки), содержащих сведения о входных параметрах и выходных результатах. В процессе обучения примеры из обучающей выборки предъявляются нейронной сети, при этом веса связей внутри нее постепенно изменяются с тем, чтобы реальный выходной сигнал был как можно ближе к ожидаемому значению выходного фактора. Один цикл предъявления всех учебных образцов называется эпохой, а для обучения сети, как правило, требуется несколько тысяч эпох. Обучение нейронной сети заканчивается, когда достигнуто заданное значение средней ошибки (процентное отклонение от ожидаемого результата), когда сеть исчерпала возможности обучения (средняя ошибка больше не уменьшается) или же когда пройдено определенное заданное число эпох обучения. После этого веса связей фиксируются и сеть может использоваться в рабочем режиме.

На сегодняшний момент в числе основных направлений применения нейронных сетей выделяются такие как автоматизированные классификации объектов и явлений, прогнозирование, распознавание человеческой речи и изображений, автоматизация процесса принятия решений, управление, кодирование и декодирование информации, аппроксимация зависимостей и др. [55]. Данная технология применяется в различных отраслях экономики, начиная от робототехники и заканчивая медициной. Так, 75 % мировой торговли ценными бумагами осуществляется сегодня именно с использованием технологий нейронных сетей.

Применительно к исследуемой области управления земельно-имущественным комплексом города наиболее актуальным направлением использования искусственных нейронных сетей является кадастровая (массовая) и рыночная оценка объектов недвижимости, в том числе в целях купли-продажи, передачи в аренду и (или) налогообложения на основе данных о сделках и предложениях на рынке недвижимости. Практические исследования в данной области ведутся, как минимум, с 2011 г., и в настоящее время опубликованы результаты нескольких научных работ, наибольший интерес из которых, на наш взгляд, представляют работы Герасимова С. А. (2011 г.) [20] и Арефьевой Е. А. и Костяева Д. С. (2017 г.) [4].

Одним из наиболее часто используемых методов оценки объектов недвижимости является сравнительный метод, основанный на сравнении параметров и характеристик объекта оценки с аналогичными (сравнимыми) объектами недвижимости, в отношении которых имеется информация о ценах сделок с ними. На практике, как правило, отсутствуют объекты недвижимости с абсолютно аналогичными характеристиками, всех их отличают, как минимум, их местоположение, этаж, ориентация по сторонам света и т. д. В связи с этим, применяя сравнительный метод, оценщики рассчитывают или экспертным путем определяют (устанавливают) значения весов для тех параметров, которые отличаются между собой. Таким образом, метод сравнительных продаж представляет собой классическую задачу для обучения нейронной сети, где количество и значения входных нейронов будет соответствовать количеству и значению параметров, влияющих на стоимость объектов,

а выходными факторами – известные или определяемые значения стоимости объектов недвижимости.

Очевидно, ключевой задачей в данном случае будет выступать качественная подготовка обучающей выборки. В российских условиях данная задача усложняется отсутствием единого достоверного реестра сведений о фактической цене сделок с объектами недвижимости. В качестве альтернативы такому реестру могут применяться базы данных специализированных информационных сервисов *avito.ru*, *n1.ru*, *cian.ru* и др., но при их использовании надо понимать, что указанные в них цены являются ценами предложений продавцов и реальная цена может отличаться. Зарубежная практика предусматривает ведение специализированных реестров, в которых фиксируется стоимость продажи или передачи в аренду недвижимого имущества, а также наличие правовых механизмов принуждения участников сделки указывать в договорах реальную, а не заниженную стоимость. Как правило, в качестве параметров для определения цены используются такие параметры, как местоположение (район), типология объекта недвижимости, площадь, этаж, возраст здания, состояние ремонта помещения и т. д. Численные значения данных параметров вместе с ценой объектов недвижимости, приведенные к диапазону от 0 до 1, формируют обучающую выборку. Общее количество объектов в выборке, как правило, должно в 10–15 раз превышать количество используемых параметров.

Представленные практические результаты исследований по применению нейронных сетей для оценки объектов недвижимого имущества показали высокую среднюю точность расчетов обученной нейронной сети со значением ошибки в 0,02 и при корреляции результатов в районе 0,96–0,98. На практике это означает, что в ближайшей перспективе данный метод может полностью автоматизировать процесс как рыночной, так и кадастровой оценки объектов недвижимости, обеспечив при этом реализацию важнейших принципов – полную независимость оценщика и объективность результатов.

2.2.4 Технология распределенного реестра «Блокчейн»

Технология «Блокчейн» (англ. block chain — цепочка блоков) – это система организации децентрализованной и многократно реплицированной базы данных, где отсутствует главный сервер хранения данных, все записи хранятся у каждого участника системы, а специальные алгоритмы обеспечивают корректность, последовательность и целостность данных в системе. Такая система может быть как полностью открыта для участия любых лиц, так и быть закрытой, т. е. созданной участниками строго между собой.

Информация в системе «Блокчейн» представлена в виде последовательной цепочки блоков, содержащих сведения обо всех действиях в базе данных – транзакциях. Под транзакцией (от лат. transactio – соглашение, договор) понимается операция в базе данных, которая может быть совершена только полностью, так как имеет логический смысл только в случае полного выполнения. Например, транзакция может быть представлена набором команд (действий), в результате последовательного выполнения которых осуществляется перевод заданной суммы средств с одного банковского счета на другой.

Применяемые специальные криптографические алгоритмы хеширования транзакций (вычисление их хеша с использованием специальных хеш-функций*), гарантируют целостность (неизменность) содержания транзакций. Кроме того, каждая транзакция подписывается электронной цифровой подписью ее исполнителя, что подтверждает ее выполнение легитимным лицом.

Для подтверждения действительности всех вновь поступивших в систему транзакций применяется децентрализованный механизм их проверки – так называемый «консенсус». Специальные, как правило, многочисленные узлы (ноды), орга-

* Хеш-функция преобразует массив входных исходных данных произвольной длины в выходную битовую строку установленной длины, например вида «026f8e459c8f89ef75fa7a78265a0025». Если исходные данные остаются неизменными, то в результате их повторной обработки хеш-функцией всегда будет получено то же значение хеша, а если исходные данные были изменены, то и хеш всегда будет другим. При этом на основе значения хэша невозможно определить значение исходных данных.

низованные участниками сети, проверяют формат, корректность и целостность всех вновь поступивших в систему транзакций и в случае подтверждения записывают их в блоки, каждый из которых может содержать сотни транзакций.

Блоки выстраиваются в строгой последовательности между собой, начиная с первого и до последнего добавленного, формируя тем самым цепочку блоков. Строгая организация последовательности блоков и целостности содержащейся в них информации обеспечивается их нумерацией, а также определением и записью значений их хешей. Каждый блок, в своем специальном разделе – заголовке, содержит сведения о своем хеше, хеше предыдущего блока, значения хешей всех транзакций в его составе, а также дополнительную служебную информацию. В случае внесения любых изменений в какой-либо блок изменится значение его хеша, соответственно возникнет необходимость редактирования и всех последующих за ним блоков. Учитывая, что копии цепочек блоков хранятся в виде распределенной базы данных на множестве независимых друг от друга компьютеров, внести такие изменения незаметно для участников сети является технически невозможным. Таким образом, выстроенная в единую цепочку блоков информация в базе данных содержит сведения обо всех совершенных когда-либо действиях с информацией, а система гарантирует достоверность и целостность данных.

Сегодня наиболее широко технология «Блокчейн» применяется в сфере криптовалют, самыми известными и распространенными из которых являются «биткойн» и «эфириум». Однако, как отмечают многочисленные эксперты, уже в ближайшей перспективе сфера применения данной технологии может глобально расшириться и распространиться на область государственного и муниципального управления, включая систему образования, учета и регистрации недвижимого имущества. Так, одной из наиболее традиционных технологий учета и регистрации прав на недвижимое имущество является ведение поземельных книг, в которых последовательно отражаются (записываются) все сделки, совершаемые с объектами недвижимого имущества в границах определенной административно-территориальной единицы. Лицо, в отношении которого в книге имеется самая новая (послед-

няя) запись о переходе к нему прав на объект недвижимости, признается полноправным собственником данного объекта. Фактически в данном случае мы наблюдаем точно такую же систему записей транзакций, как и в технологии «Блокчейн», что выступает логическим основанием для внедрения данной технологии в систему учета и регистрации. Важно отметить, что такие проекты уже реализуются в ряде зарубежных государств, в том числе в Швеции, Украине, Греции, ОАЭ, Грузии, Японии, Гане и др., а также и в России.

Применение технологии дает целый ряд важных технологических преимуществ для системы учета и регистрации недвижимости, а также при администрировании налогов на недвижимое имущество [14]. Во-первых, она гарантирует публичность реестра недвижимого имущества и, главное, неизменность и целостность объектов учета и их характеристик вне установленных законом процедур. Так, подготовленный единожды файл-выписка, содержащий сведения об учтенном объекте недвижимого имущества, или кадастровый план территории в формате XML, сведения о хеше которых внесены в систему «Блокчейн», будут действительны, а их актуальность – проверяться и подтверждаться вплоть до момента изменения таких сведений. Во-вторых, технология «Блокчейн» предоставляет возможность полной автоматизации информационного взаимодействия, в том числе электронного документооборота, между федеральными органами государственной власти, региональными органами государственной власти, органами местного самоуправления, кадастровыми инженерами, оценщиками, нотариусами в рамках процедур образования, предоставления, отчуждения, кадастрового учета, регистрации прав, кадастровой оценки и налогообложения недвижимого имущества на основе использования распределенной базы данных, содержащей описание объектов недвижимости, записи в которой удостоверяются системой «Блокчейн». Помимо автоматизации, в данном случае, будет решена задача исключения противоречий и дублирования сведений. В-третьих, это автоматизация процедур и исключение посредников при совершении операций с недвижимым имуществом, в том числе с использованием еще одной технологии в системе «Блокчейн» – смарт-контрактов. Впервые идея смарт-контракта была предложена в 1994 г. американским ученым в области ин-

форматики, криптографии и права Ником Сабо, который описал смарт-контракт как «цифровое представление набора обязательств между сторонами, включающее в себя протокол исполнения этих обязательств» [117]. Центральный банк России [94] определяет смарт-контракт как договор между двумя и более сторонами об установлении, изменении или прекращении юридических прав и обязанностей, в котором часть или все условия записываются, исполняются и/или обеспечиваются компьютерным алгоритмом автоматически в специализированной программной среде. Современные смарт-контракты обладают следующими характеристиками:

1) смарт-контракты состоят из условий «если..., то...», в результате исполнения которых происходит запись информации в распределенный реестр, приводящая к изменению его состояния, при этом правила выполнения смарт-контрактов не могут быть изменены после согласования со всеми участниками;

2) смарт-контракты создаются с применением языков программирования, вследствие чего минимизируются возможности разночтений, при этом спектр возможных правил контракта ограничен той логикой, которая поддается жесткой алгоритмизации на уровне программного кода;

3) среда запуска и поддержки исполнения смарт-контрактов предоставляет надежный механизм верификации, обеспечивающий прозрачность с точки зрения подтверждения корректности и подлинности учета операций, и при этом сводит к минимуму раскрытие данных верификатору и прочим третьим лицам.

Таким образом, смарт-контракты обеспечивают для его потребителей прозрачность условий и защиту от их возможных односторонних изменений, а также возможность проконтролировать исполнение контракта, в том числе через механизмы принуждения. Важно отметить, что смарт-контракты также могут использовать информацию, получаемую из внешних источников или иных информационных систем через специализированные сервисы – «оракулы».

В настоящий момент практика использования смарт-контрактов сводится в основном к частичной автоматизации отдельных аспектов соглашений, таких как обмен цифровыми активами, например обмен денежных средств на имуществен-

ные права, прежде всего цифровые активы, включая криптовалюты и токены (Bitcoin, ETH, XRP и др.). Однако перспективы применения смарт-контрактов гораздо шире и охватывают также финансовые сервисы (торговля на бирже, участие в аукционах), кредитование, социальные сервисы (голосование, выборы, страхование), а также организацию управления доставкой и хранением товаров.

Подавляющее большинство типовых сделок с объектами земельно-имущественных отношений отвечают требованиям смарт-контрактов: обладают программируемой логикой и основаны на информации, представленной в государственной информационной системе ЕГРН. Это создает самые благоприятные условия для перевода таких сделок на смарт-контракты, в частности: договоры на выполнение кадастровых работ по образованию или уточнению сведений об объектах недвижимого имущества, акты уполномоченных органов власти о безвозмездном предоставлении земельных участков в собственность или в аренду, договоры купли-продажи или аренды объектов недвижимости, в том числе с привлечением банковских кредитов, как это, например, реализовано в рамках пилотного проекта в Швеции, заключение договоров банковского кредитования под залог объектов недвижимости, «токиенизация» недвижимости (механизм сбора средств на совместное приобретение недвижимости в совместную собственность) и др.

Таким образом, технология распределенных реестров «Блокчейн» обладает уникальными перспективами для внедрения в систему учета и регистрации недвижимого имущества, обеспечивая, с одной стороны, снижение трудоемкости и временные затраты на совершение операций, а с другой стороны – большую прозрачность процессов, гарантию защиты прав и законных интересов собственников и иных правообладателей недвижимого имущества.

2.2.5 Технологии информационного моделирования (BIM)

Термин «информационное моделирование зданий» (Building Information Modelling, BIM) в современном представлении появился еще в середине 1980-х гг. в статьях Саймона Раффла (1985 г.) [114] и Роберта Айша (1986 г.) [99]. Однако

свое сегодняшнее стремительное развитие и распространение технологии информационного моделирования начали в 2002 г., когда компания Autodesk, являющаяся одним из общепризнанных лидеров области программного обеспечения для строительной отрасли, объявила применение BIM-технологий в строительстве своей стратегической целью [101]. Тогда же компания AutoDesk выделила три основные характеристики BIM: 1) создание и использование цифровых баз данных для совместной работы; 2) управление изменениями во всех базах данных, так что изменения в любой части базы данных согласуются во всех остальных частях; 3) сбор и хранение информации для повторного использования в других программных приложениях.

Традиционно в системе проектирования зданий использовались системы автоматизированного проектирования (САПР/CAD), оперирующие элементарными графическими векторными объектами (примитивами): линиями, полилиниями, прямоугольниками, дугами, окружностями, текстом, представленными изначально в традиционном двумерном (2D), а затем и в трехмерном (3D) представлении. Такие системы позволяли автоматизировать процессы подготовки цифровых двумерных, а позже и трехмерных технических чертежей (планы, фасады, разрезы и т. д.), однако фактически они все равно оставались в роли функционального «электронного кульмана». Так, САПР буквально до последнего времени не поддерживали ни использование пространственных данных (систем координат и проекций), ни семантических баз данных, содержащих сведения об атрибутивных характеристиках объектов, чем серьезно уступали от развивающихся параллельно географических информационных систем. Появление BIM-технологий полностью изменило описанную ситуацию.

Можно утверждать, что современное поколение программных систем BIM воплотило в себе все лучшее, что было и есть в системах САПР и ГИС. Так, в отличие от САПР, BIM оперирует не графическими примитивами, а взаимосвязанными между собой трехмерными (3D) пространственными моделями конструктивных элементов зданий (стены, перекрытия, окна, проемы, двери и др.) с соответ-

ствующей им атрибутивной информацией. При необходимости, например при решении задач по техническому обслуживанию здания, может быть достигнута высочайшая степень детализации, вплоть до моделей раковин и кранов от определенного производителя. Библиотеки («семейства») готовых моделей конструктивных элементов, полностью соответствующих реально выпускаемым промышленностью, упрощают, ускоряют, унифицируют и удешевляют как процесс проектирования, так и строительство объектов. Присущая BIM-системам возможность групповой работы над проектом позволяет формировать единую информационную модель объекта строительства, поэтапно привлекая соответствующих специалистов или их команды (геодезистов, архитекторов, инженеров-конструкторов, ландшафтных архитекторов, инженеров-строителей и т. д.) с последовательным и распределенным решением задач по созданию геодезической основы, определению архитектурного облика здания, проектированию конструктивных элементов, инженерных систем и др. без потери данных. При этом программные алгоритмы BIM выполняют мониторинг, анализ и контроль информационной модели на возможное возникновение коллизий. Подготовленная таким образом информационная модель объекта строительства передается подрядчику для организации и выполнения строительства или реконструкции объекта. При применении BIM-технологий рабочая документация (чертежи, сметы, отчеты и графики) выступает не основным результатом работы проектировщика, а всего лишь формами производных документов, что существенно сокращает затраты (до 80 % на примере смет) на подготовку такой документации.

Трехмерное метрическое представление моделей в BIM-системах позволяет интегрировать информационные модели зданий с технологиями виртуальной и дополненной реальности (VR и AR), обеспечив совершенно иной уровень реалистичности и восприятия объектов, по сравнению с их традиционным отображением на экране компьютера (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Виртуальный вид на BIM-модель проектируемой школы с балкона близлежащего жилого здания

Современные BIM-модели зданий проектируются таким образом, чтобы обеспечить актуальной информационной основой весь жизненный цикл объектов строительства: от зарождения идеи и до его сноса. В связи с этим, как отмечается в исследовании Центра стратегических разработок «Северо-Запад», BIM нового поколения выходят за рамки 3D-проектирования, добавляя параметры времени (4D), экономические характеристики (5D) и данные об эксплуатации здания (6D). Все это делает востребованным использование сведений BIM в системе управления «умным городом», включая решение задач в областях управления развитием территорий (формирования архитектурного облика города и градостроительства), ресурсообеспечения и управления инженерно-коммунальными сетями, энергоэффективности, управления транспортными потоками, планирования и управления действиями в кризисных ситуациях. Информационные модели зданий, улично-дорожной сети, инженерных коммуникаций, встроенные в единое геопространство города, вместе с цифровыми моделями рельефа, цифровыми картографическими материалами и материалами дистанционного зондирования Земли на базе специализированных программных 3D-платформ формируют современную информационную модель «умного города» – его цифровой двойник.

2.3 Исследование принципов функционирования земельно-информационных систем в информационно-телекоммуникационной среде «умного города»

2.3.1 Задачи земельно-информационных систем в среде «умного города»

Методы системной инженерии предписывают начинать процесс разработки новых или модернизации существующих систем с определения и анализа требований будущих правообладателей таких систем. Опираясь на комплексный анализ действующего законодательства, определяющего полномочия органов власти в области управления земельно-имущественным комплексом города, можно выделить три группы задач, выполняемых земельно-информационными системами.

1 Информационная – ведение «муниципального кадастра недвижимости», т. е. геоинформационной системы, содержащей пространственные и атрибутивные сведения об объектах прав на землю, ограничений и обременений прав на землю (земельных участках, частей земельных участков, зон) и объектах капитального строительства (зданиях, сооружениях, помещениях), глубоко интегрированного с федеральными, региональными и муниципальными информационными системами (ЕГРН, ИСОГД, Налог-3 и др.). В рамках реализации информационной функции также осуществляется регистрация объектов земельно-имущественных отношений, которые не подлежат кадастровому учету, и сведения о которых представлены только в составе ЗИС, в том числе земельных участков и частей земельных участков, предоставленных в аренду сроком до одного года, и территорий, в отношении которых выдано разрешение на их использование без предоставления.

2 Функциональная – автоматизация функций органов власти по оказанию услуг в сфере управления земельно-имущественным комплексом, в том числе: реализация процедур первичного образования и предоставления земельных участков, организация проведения торгов (аукционов), подготовка распорядительных и правоустанавливающих документов (актов о предоставлении объектов недвижимого имущества, договоров аренды и купли-продажи, актов об установлении публичных и соглашений об установлении частных сервитутов и т. д.), взаимодействие

с органами кадастровой оценки земель, определение и (или) изменение разрешенного использования объектов недвижимости, начисление арендной платы или выкупной цены земельного участка, информационное взаимодействие (обмен) с органами кадастрового учета и регистрации прав, с налоговыми органами в рамках администрирования налогов на недвижимое имущество.

3 Контрольная – автоматизация функций органов власти в области земельного контроля за соблюдением землепользователями требований земельного законодательства (выявление и пресечение фактов самовольного занятия земель и нецелевого использования земельных участков), а также в области контроля за своевременной оплатой арендных, налоговых и иных обязательных платежей за использование земли.

Очевидно, что в условиях реализации концепции «умного города» задача по эффективному управлению земельно-имущественным комплексом города не утрачивает своей актуальности, а соответственно, в полном объеме сохраняются и функции земельно-информационных систем. Требуется повышение качества, которое достигается посредством реализации следующих принципов:

– *принцип интегрированности*, предусматривающий полную интеграцию программно-технических средств и информационных ресурсов земельно-информационных систем в информационно-телекоммуникационную среду «умного города»;

– *принцип интеллектуальности*, определяющий соответствие земельно-информационных систем требованиям, предъявляемым к интеллектуальным информационным системам;

– *принцип системности*, предусматривающий необходимость учитывать при подготовке и принятии управленческих решений с использованием земельно-информационных системы системный характер города, анализируя и моделируя, как их реализация повлияет на состояние компонентов городской среды;

– *принцип открытости и вовлечения*, предусматривающий обязательное создание условий для вовлечения граждан, их общественных, профессиональных,

экспертных и деловых сообществ в решение вопросов городского управления, в том числе посредством обеспечения открытого доступа к сведениям земельно-информационных систем (за исключением персональных данных, сведений, составляющих государственную тайну или доступ к которым ограничен в силу закона);

– *принцип автоматизации*, устанавливающий, что одним из главных целевых показателей трансформации земельно-информационных систем в среде «умного города» должна являться автоматизация и снижение трудоемкости процедур для сотрудников органов власти.

2.3.2 Принцип интегрированности

Принцип интегрированности предусматривает всеобъемлющее встраивание земельно-информационных систем в единую информационно-телекоммуникационную среду «умного города», где эти системы должны выступать действующим компонентом, в том числе как потребителем, так и источником информации и специализированного функционала. Реализация данного принципа влечет за собой два важных изменения в архитектуре земельно-информационных систем: трансформацию архитектуры программных компонентов и перестроение их информационных ресурсов.

Как уже было отмечено выше, ядром информационно-телекоммуникационной среды «умного города» выступает «операционная система», посредством которой обеспечивается связь между разнородными информационными ресурсами на основе API, программными инструментами обработки данных и управляющими системами. При этом «операционная система» предоставляет возможности для различных команд разработчиков разрабатывать специализированные программные модули, приложения или программные комплексы и распространять их на конкурентной основе через «Магазин приложений». Такой подход, на наш взгляд, обусловит неизбежное замещение традиционного проприетарного программного обеспечения сервисными приложениями. В числе таких сервисных приложений будут

представлены как специальные – автоматизирующие муниципальные услуги и функции (подготовка схем расположения земельных участков, договоров аренды и др.), так и вспомогательные, в том числе программные модули сбора и анализа данных, получаемых из внешних систем (например, сбор данных о ценах на рынке недвижимости), прогнозно-аналитические модули (расчет стоимости объектов недвижимости), модули взаимодействия с общественностью, экспертными и бизнес-сообществами (порталы и геопорталы) и др.

Концепция «умного города» также предусматривает формирование единого (или распределенного) информационного ресурса – информационной модели территории («цифрового двойника»), которая объединяет на основе принципов единого геопространства пространственную объектную модель территории с информацией из государственных, муниципальных и негосударственных (коммерческих и некоммерческих) информационных ресурсов, а также с данными, получаемыми от датчиков и систем мониторинга.

Управление пространственной объектной моделью (импорт-экспорт, хранение, изменение, анализ и визуализация) осуществляется с использованием специальных программных 3D-платформ, примером которых служат такие программные продукты, как AutoDesk InfraWorks, UNIGINE, GEOSCAN Спутник WEB, UNITY, SuperMap и др. Помимо оперирования графическими данными в координатном пространстве (цифровая модель рельефа, растровые и векторные картографические материалы, материалы дистанционного зондирования, двумерные и трехмерные векторные модели объектов, фотореалистичные трехмерные модели и др.), платформы должны обеспечивать возможность взаимодействия с семантическими базами данных, а также возможность разработки прикладных интерактивных приложений на основе поддерживаемых платформой программных интерфейсов (API).

В связи с этим вторым базовым изменением в архитектуре земельно-информационных систем станет перестройка их самостоятельных баз данных в набор разделов в составе единой информационной модели территории «умного города», например, «Объекты прав на землю», «Объекты ограничений и обременений прав»,

«Здания и сооружения», «Помещения» и (или) др. При этом структура информационной модели территории и, соответственно, перечень ее разделов в области «ответственности» земельно-информационных систем будут определяться принятым классификатором (стандартом), примером которого выступают стандарты CityGML (OGC) или 3D City Information Model (ESRI) [21], а также структурой и распределением полномочий между структурными подразделениями органов городского управления.

Модель архитектуры земельно-информационной системы, измененной с целью реализации принципа интегрированности в среду «умного города» представлена на рисунке 2.8.

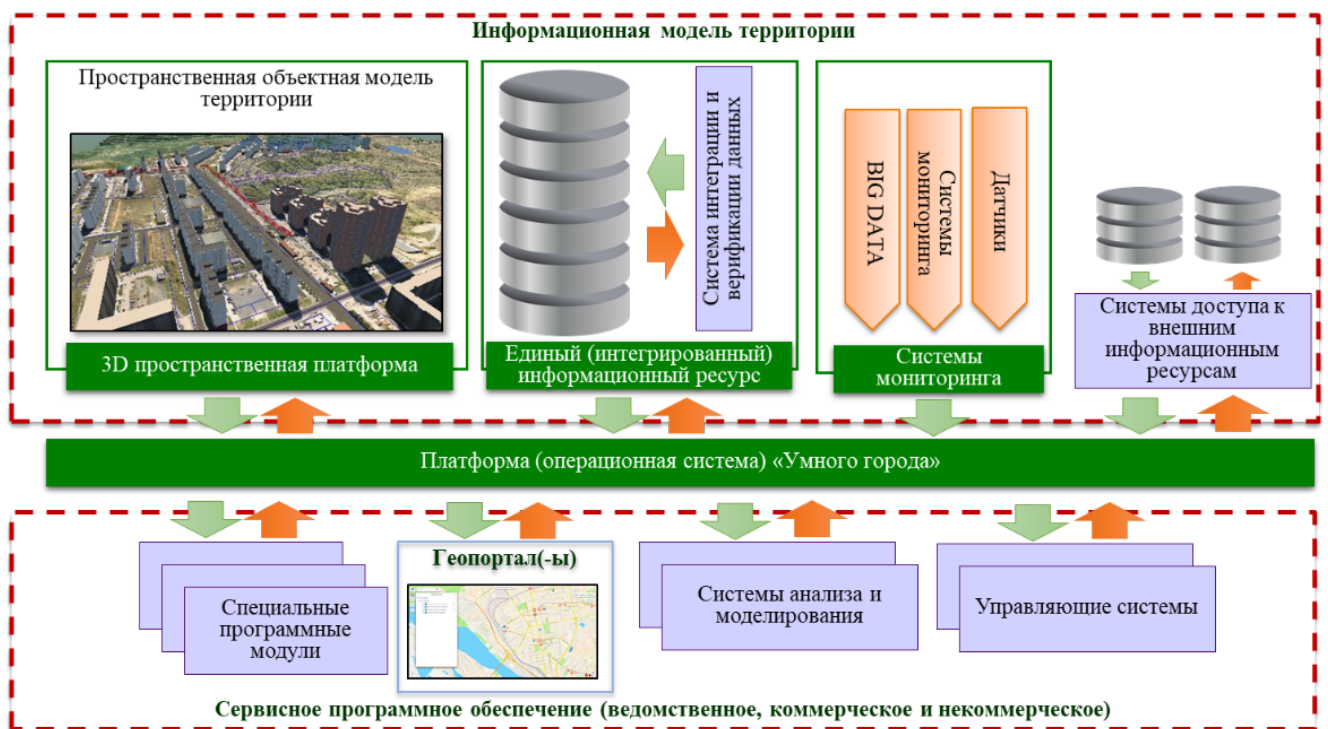


Рисунок 2.8 – Модель архитектуры земельно-информационной системы «умного города»

Реализация подхода по формированию единых территориальных геоинформационных ресурсов, компонентом (разделом или группой разделов) которого выступают учетно-регистрационные системы, согласно результатам более ранних ис-

следований [38], позволяет устранить проблемы доступа к информации для заинтересованных органов власти и учреждений, повышает качество информации и одновременно выступает фактором снижения бюджетных расходов на создание и ведение информационных ресурсов.

2.3.3 Принцип интеллектуальности и системности

Земельно-информационные системы наравне с другими системами, действующими в информационно-коммуникационной среде «умного города», должны соответствовать принятым критериям интеллектуальных информационных систем: «взаимосвязь», «измерения и контроль» и «интеллектуальность».

Критерий «Взаимосвязь» (Interconnection) определяет способность систем взаимодействовать и обмениваться данными с другими системами. Данный критерий реализуется посредством встраивания земельно-информационных систем в информационно-телекоммуникационную среду «умного города».

Критерий «Измерение и контроль» предусматривает использование инструментов мониторинга и контроля реального состояния городской среды. Традиционно в рамках реализации концепции «умного города» к таким инструментам относят системы мониторинга состояния транспортной, инженерно-коммунальной, социальной и иной инфраструктуры, в том числе системы контроля загруженности улично-дорожной сети, датчики, фиксирующие фактическое потребление электроэнергии и иных коммунальных ресурсов и услуг и (или) нагрузку на инженерные коммуникации, а также системы экологического мониторинга состояния окружающей среды. Отдавая должное важности данных параметров, все же необходимо отметить, что современные цифровые технологии позволяют практически неограниченно расширить перечень используемых параметров городской среды, в том числе:

– современные технологии дистанционного зондирования Земли (космическая съемка высокого и сверхвысокого разрешения, аэрофотосъемка, в том числе с беспилотных летательных аппаратов, наземное и воздушное лазерное сканирова-

ние) во взаимодействии с технологиями автоматизированной обработки, классификации и анализа получаемых данных (в том числе с применением технологий искусственного интеллекта) позволяют оперативно получать данные о пространственных и физических параметрах как отдельных объектов, так и территории, формируя (в ближайшей перспективе – уже полностью автоматизированно) актуальную пространственную модель территории;

– интеграция с негосударственными информационными ресурсами и особенно с системами анализа «Больших данных» позволяет вести мониторинг фактического режима использования земельных участков и объектов недвижимого имущества, включая данные о параметрах и результатах хозяйственной деятельности (количество посетителей, количество покупок, объемы выручки и т. д.);

– «Большие данные рынка недвижимости» – сведения о ценах предложений на рынке недвижимости и ценах сделок с объектами недвижимого имущества, обработанные с применением инструментов искусственных нейронных сетей, позволяют выполнять оценку объектов недвижимости в режиме, близком к режиму реального времени.

Критерий «Интеллектуальность» подразумевает использование программных инструментов анализа и прогнозного (предсказательного) моделирования, которые могут быть представлены внутренними и (или) внешними программными модулями с целью выработки и оценки эффективности принимаемых управленческих решений. Анализ и прогнозное моделирование осуществляются в отношении пространственных (физических), экологических, социальных, экономических, инфраструктурных и иных параметров текущего и перспективного состояния городской среды и инфраструктуры. Примерами анализируемых и прогнозируемых параметров могут выступать следующие показатели.

1 Анализ пространственных параметров территории и объектов (анализ объемов земляных работ, анализ пригодности рельефа для осуществления определенных видов деятельности, анализ пространственных параметров объектов, в том числе с целью сохранения композиционно-видовых связей и др.), динамическое

моделирование физических процессов (например, динамические модели зон затопления, учитывающие скорость движения водных масс и шероховатость дна в русле реки) (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Анализ пространственных характеристик территории и объектов

2 Пространственно-экономический (геомаркетинговый) анализ с целью определения наилучших вариантов использования недвижимого имущества, в том числе муниципального и государственного, а также поиска локаций для размещения и выбора формата для новых объектов общественного и социально-экономического назначения (объектов здравоохранения, аптек, поликлиник, детских садов и др.) на основе количественных и качественных данных о жителях (клиентов и другой целевой аудитории), их фактических предпочтениях (спросе), пешеходных и транспортных потоках, наличия конкурентов, а также расчетных моделей зон обслуживания (модель Хаффа), зон пешеходной и транспортной доступности, потенциальных объемов товарооборота и выручки (рисунок 2.10) [86].

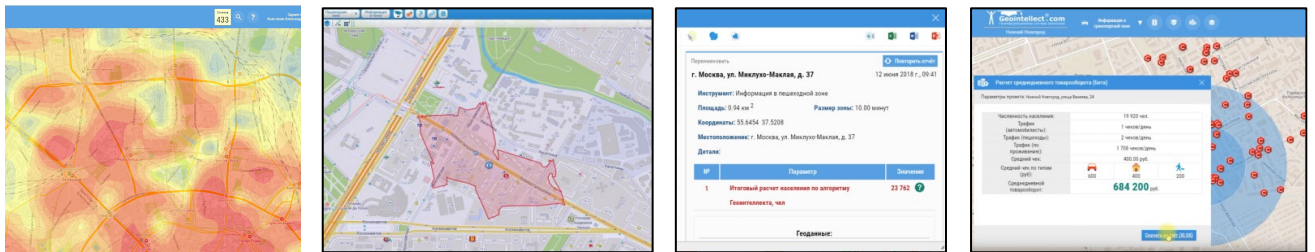


Рисунок 2.10 – Геомаркетинговые модели от компании GeoIntellect

3 Расчеты и анализ фактических и перспективных показателей качества городской среды, перечень которых утвержден распоряжением Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р «Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды»: разнообразие жилой застройки, разнообразие услуг в жилой зоне и на озелененных территориях, доля населения, имеющего доступ к озелененным территориям общего пользования (парки, сады и др.), в общей численности населения, доступность остановок общественного транспорта и др. [65].

4 Расчет и анализ выполнения расчетных показателей минимально допустимого уровня обеспеченности соответствующей территории объектами коммунальной, транспортной, социальной инфраструктур и расчетные показатели максимально допустимого уровня территориальной доступности указанных объектов для населения согласно утвержденному градостроительному регламенту (рисунок 2.11).

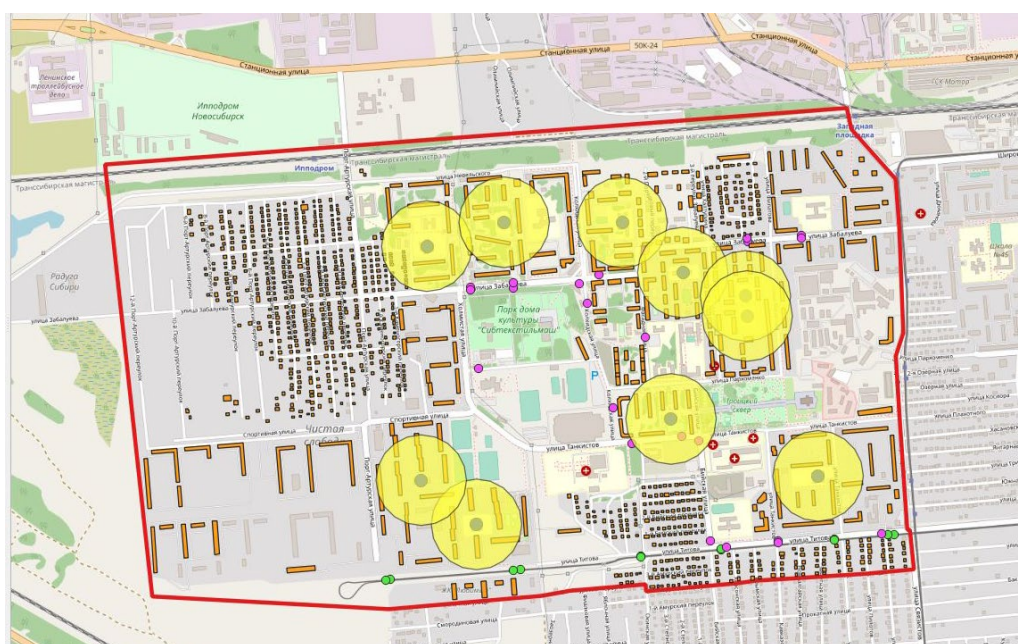


Рисунок 2.11 – Зоны нормативной территориальной доступности объектов социальной инфраструктур (детские сады)

Принцип системности заключается в том, что анализ и прогнозное моделирование должны выполняться не только в области земельно-имущественных отно-

шений и управления пространственным развитием территорий, но, учитывая системную природу города, и в отношении других компонентов городской среды, прежде всего, в отношении объектов инфраструктуры. Так, модель циклических взаимосвязей между организацией землепользования и нагрузкой на транспортную инфраструктуру отражена в работе Giovanni M.Á. A «Contribution to Urban Transport System Analyses and Planning in Developing Countries» [107] (рисунок 2.12).

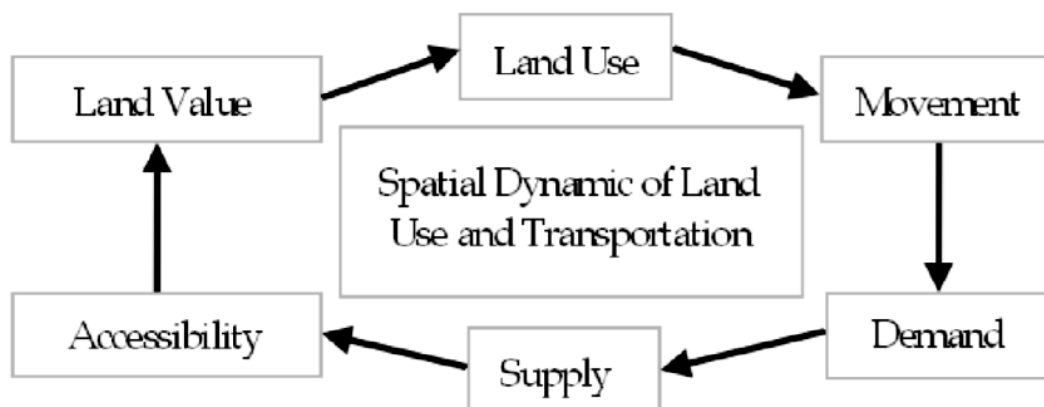


Рисунок 2.12 – Модель циклической взаимосвязи землепользования с нагрузкой на транспортную систему

2.3.4 Принцип открытости и вовлеченности

Одной из главных целей реализации концепции «умного города» является вовлечение граждан, а также различных профессиональных, экспертных и предпринимательских сообществ в процессы управления городом на основе применения цифровых телекоммуникационных технологий (принцип вовлеченности). Целями реализации данного принципа являются обеспечение прозрачности процессов и гласности в органах управления, повышение проработанности и качества принимаемых управленческих решений, доверия к органам городского управления, развитие кадрового потенциала, и как следствие, повышение эффективности всей системы городского управления.

Реализация принципа осуществляется посредством применения порталов и специализированных программных платформ, в том числе, обязательно, мобильных, где размещается информация о стратегиях, планах и результатах деятельности органов городского управления, а также реализуются механизмы электронного взаимодействия между органами власти, гражданами, их объединениями и бизнесом. Применительно к исследуемой системе управления земельно-имущественным комплексом города, в роли таких порталов и программных платформ могут выступать инвестиционно-градостроительные геопорталы, предназначенные для размещения информации, необходимой инвесторам для принятия решений об участии в инвестиционных проектах: цифровая картографическая основа, данные дистанционного зондирования Земли (снимки), сведения о существующих (учтенных и зарегистрированных) и образуемых (предоставляемых/продаваемых с торгов) объектах недвижимого имущества (земельных участках и объектах капитального строительства), документы (акты) об образовании и предоставлении земельных участков, о проведении торгов в отношении муниципального имущества, сведения о «зеленых» и «коричневых» инвестиционных площадках, полный комплекс градостроительной информации в составе проектной и утвержденной градостроительной документации, сведения об инженерных коммуникациях и технических условиях подключения к ним, а также наборы специализированных веб-сервисов, обеспечивающих онлайн-взаимодействие инвесторов, граждан и иных заинтересованных лиц, со структурными подразделениями органа городского управления с гражданами, инвесторами и иными заинтересованными лицами. Прототипом такого специализированного геопортала выступает разработанный СГУГиТ инвестиционно-градостроительный геопортал «ГисИнвестора. Новосибирск» (рисунок 2.13).

Принятые в настоящее время подходы к реализации принципа предусматривают возможность реализации различных механизмов взаимодействия органов власти, общества и бизнеса: различные виды опросов и исследований мнения

граждан, экспертов и представителей бизнес-сообществ, проведение онлайн-дискуссий и обсуждений, обеспечение возможности выступить с инициативой по любому вопросу, относящемуся к компетенции органов власти, подготовка экспертных заключений, организация онлайн-голосований как по инициативам граждан и бизнеса, так и по предложениям органам управления, проведение публичных слушаний и др. При должном уровне организационной и технической реализации эти инструменты могут стать серьезной опорой органов власти в обществе.

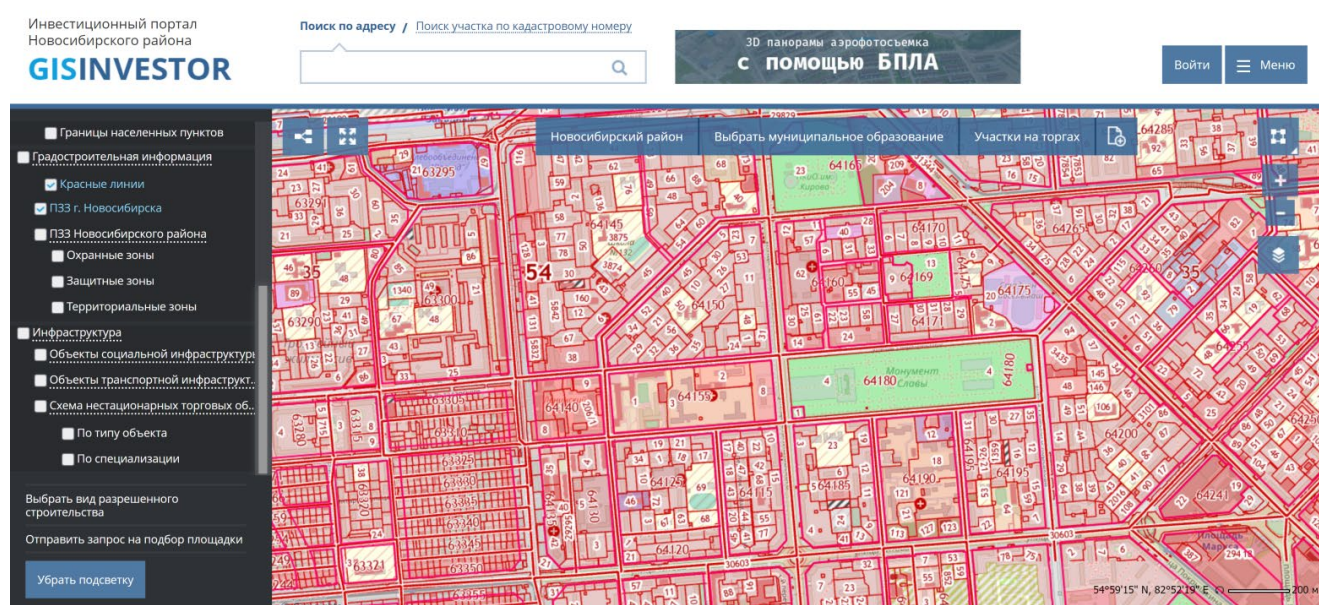


Рисунок 2.13 – Интерфейс геопортала «ГисИнвестора. Новосибирск»

2.3.5 Принцип автоматизации и снижения трудоемкости

Любые, даже самые правильные инициативы по повышению эффективности деятельности органов управления могут разбиться о существующие объективные ограниченные кадровые ресурсы. В связи с этим, не менее важным, чем вовлечение граждан, является решение задачи по обеспечению заинтересованности, поддержки и вовлеченности сотрудников органов городского управления. Решение данной задачи требует выполнения следующего условия: все сложности с перехо-

дом на новую модель информационного обеспечения и административных регламентов должны пропорционально компенсироваться снижением трудоемкости (трудовых и временных затрат) на выполнение соответствующих административных процедур через их максимально возможную автоматизацию на основе применения технологий и подходов (краудсорсинг).

Опыт органов власти г. Москвы по разработке проекта стратегии «Москва – "Умный город 2030"» показывает широкий спектр возможностей по автоматизации деятельности органов городского управления, при условии применения самых современных технологий («Большие данные», «искусственный интеллект», «Блокчейн») и реализации новых принципов управления, в том числе:

– принципы «Цифровые услуги по умолчанию» и «Цифровые услуги от начала до конца» означают, что все услуги и административные процессы проектируются и организовываются таким образом, чтобы их реализация от начала и до получения результата (включительно) осуществлялась в цифровом виде (без бумажного документооборота и при минимально-возможном участии человека);

– принципы «Платформонезависимость и ориентация на мобильные устройства» и «Проектирование услуг, ориентированное на пользователя» означает, что проектирование услуг должно осуществляться таким образом, чтобы их получение было простым, удобным и понятным для пользователей, многие из которых пользуются мобильными устройствами;

– принцип «Правительство как платформа» означает разрешение и поощрение участия внешних разработчиков сервисов и приложений в цепочке предоставления услуг.

В рамках настоящего исследования мы спроецировали обозначенные выше принципы применительно к области управления земельно-имущественным комплексом города в последовательности задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла объектов недвижимого имущества (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Применение технологий «умного города» для автоматизации функций и услуг земельно-информационных систем

Функции и услуги ЗИС		Технологии «умного города»	Решаемые задачи
Планирование развития территорий	Определение назначения ЗУ и (или) ОКС	«Большие данные»	Исследование общественного мнения, фактических предпочтений и интересов жителей и (или) бизнеса
		«Геомаркетинговые исследования»	Определение локаций для размещения объектов общественного, социального и экономического назначения
			Определение «наилучших» с точки зрения решения экономических или социальных задач видов использования ЗУ и ОКС
			Инвестиционный анализ – сопоставление доходов и расходов городского бюджета в случае реализации инвестиционного проекта
	Образование земельных участков	3D-геопространственные платформы и платформа «умного города»	Предоставление полного комплекса информационных ресурсов и программных инструментов для выполнения кадастровых работ по образованию ОН
Образование объектов капитального строительства	ВМ-системы и 3D-геопространственные платформы	Проектирование, мониторинг строительства, учет (хранение и обработка) характеристик объектов	
Распоряжение имуществом	Предоставление ОН	«Большие данные»	Исследование спроса и предложений
		Геопорталы	Привлечение и информационная поддержка инвесторов
		«Блокчейн» и смарт-контракты	Полностью автоматизированное проведение торгов (аукционов), заключение и исполнение договоров
	Учет и регистрация прав на ОН	Технологии распределенных реестров «Блокчейн»	Учет объектов недвижимости, регистрация прав и перехода прав, подтверждение (гарантия) характеристик и зарегистрированных прав на объекты недвижимого имущества

Окончание таблицы 2.1

Функции и услуги ЗИС		Технологии «умного города»	Решаемые задачи
Учет объектов недвижимости	Определение стоимости объектов недвижимости	«Большие данные» и «искусственный интеллект» (нейронные сети)	Автоматизированное выполнение массовой рыночной и кадастровой оценки объектов недвижимости в режиме «Онлайн» на основе «Больших данных» рынка недвижимости
	Информационный обмен с другими органами власти, в том числе администрирование	Технологии распределенных реестров «Блокчейн»	Обеспечение интеграции данных в информационных системах
			Автоматизированный контроль корректности и взаимного соответствия параметров (характеристик) объектов недвижимости в учетных системах
	налоговых и арендных платежей		Автоматическое (потокное) информационное взаимодействие (обмен) между информационными системами
	Контроль режима использования объектов недвижимости	Негосударственные справочно-информационные системы и web-сервисы	Мониторинг соответствия фактического и установленного режима использования объектов недвижимости
Краудсорсинговые платформы		Мониторинг и выявление фактов (признаков) нарушений земельного законодательства, в том числе по материалам ДЗЗ [93]	

Из представленных результатов исследований видно, что в перспективе внедрения технологий «умного города» становится возможной практически полная автоматизация функции земельно-информационных систем при решении поставленных перед ними задач на каждом этапе «жизненного цикла» объектов земельно-имущественных отношений: от образования и определения назначения до контроля соблюдения их правообладателями установленного режима использования. В числе важнейших плюсов данного подхода является не только снижение трудоемкости административных процедур, но и максимально возможное устранение субъективного подхода и снижение коррупциогенности.

2.4 Выводы по результатам исследования функционирования интеллектуальных земельно-информационных систем в среде «умного города»

Информационно-телекоммуникационная среда «умного города», обеспечивающая интеграцию наиболее полного комплекса данных, получаемых из различных источников, включая государственные и муниципальные информационные системы, данные дистанционного зондирования Земли, негосударственные информационные ресурсы, датчики, системы мониторинга и наблюдения, «Большие данные», с системами сбора, накопления, обработки и анализа таких данных для решения задач в области городского управления, устраняет выявленные в результате настоящего исследования и обозначенные в разделе 1 проблемы информационного обеспечения органов власти в области управления земельно-имущественным комплексом города.

Кроме того, перестроение архитектуры земельно-информационных систем с целью обеспечения их взаимодействия с операционной системой (платформой) и сервисами «умного города» обеспечивает для органов власти лучшую информативность, автоматизацию и «интеллектуализацию» управленческой деятельности, в том числе посредством реализации следующих возможностей.

1 Объединение разрозненных информационных систем в единую информационную модель территории, где каждое структурное подразделение отвечает за ведение одного или нескольких разделов, но при этом использует весь комплекс информации, устраняет проблему дублирования и противоречий в сведениях в муниципальных информационных системах (ИСОГД, АИС «Безопасный город» и др.), исключает необходимость интеграции, обмена и верификации данных между муниципальными информационными системами. Помимо этого, ведение единого информационного ресурса обеспечивает возможность реализации централизованного информационного взаимодействия (обмена) с внешними информационными системами (ЕГРН, «Налог-3» и др.), том числе в потоковом режиме на основе современных технологий распределенных реестров.

2 Доступ к системам мониторинга и наблюдения, к данным, получаемым с систем дистанционного зондирования Земли, к «Большим данным» через платформу (операционную систему) «умного города» обеспечивает возможность получения и использования информации о реальном состоянии компонентов городской среды (транспортная, социальная, инженерно-коммунальная инфраструктуры, экология, население и др.) при подготовке, принятии и анализе процессов реализации управленческих решений.

3 Возможность использования программных продуктов (модулей), представленных различными разработчиками на платформе «умного города», обеспечит возможность использования инструментов комплексного анализа, моделирования и прогнозирования, в том числе в целях информационной поддержки и прогнозной оценки эффективности (последствий) принятия управленческих решений (например, изменение нагрузки на улично-дорожную сеть, объекты социальной инфраструктуры в случае предоставления земельного участка для строительства жилого микрорайона).

4 Наличие инструментов взаимодействия с гражданами и их общественными объединениями, экспертным сообществом и представителями бизнеса в информационном пространстве (порталы, геопорталы, краудсорсинговые платформы и т. д.) обеспечивает возможность их вовлечения в процессы инициации, проработки, обсуждения, принятия (голосования), мониторинга и контроля реализации управленческих решений, обеспечивая их более высокую проработанность и повышая доверие к органам власти.

5 Внедрение инновационных цифровых технологий («Искусственный интеллект», «Большие данные», «Блокчейн» и «Распределенные реестры» и др.) позволяют автоматизировать деятельность органов городского управления, уменьшая трудозатраты и повышая эффективность их деятельности.

3 РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

3.1 Методика создания цифрового двойника города

3.1.1 Понятие и назначение цифровых двойников городов (информационных моделей городов)

В настоящее время отсутствует единый установленный нормативными актами или общепринятый подход к определению и содержанию терминов «информационных моделей» или «цифровых двойников» города, которые, на наш взгляд, являются тождественными понятиями. И при этом имеет место всеобщее понимание того, что именно информационные модели и цифровые двойники городов должны стать следующим этапом развития технологий геопространственного обеспечения системы городского управления, позволяющим применять самые современные и перспективные технологии сбора, обработки, представления и интерпретации пространственных данных в информационно-телекоммуникационной среде «умного города» [48, 49].

Утвержденный Минстроем России стандарт «Умный город» рассматривает «цифровой двойник города» как набор электронных сервисов и интеллектуальных систем, обеспечивающих регулярный анализ фактических и кадастровых (учетных) данных об объектах недвижимости, создание и эксплуатацию интеллектуальных транспортных систем, электронных моделей территориальных схем обращения с твердыми коммунальными отходами, цифровых сервисов слежения за проведением земельных работ, систем обеспечения данными о техническом состоянии многоквартирных домов, включая описание всех конструктивных элементов и степень их износа, а также систем анализа данных с целью прогноза возможных аварийных ситуаций и моделирования оптимальных вариантов принятия управленческих решений [6].

Талапов В., подходя к информационному моделированию городских территорий с позиции продвижения BIM-технологий, определяет структуру информационной модели города как совокупности модели городской среды и индивидуальных информационных моделей объектов строительства. При этом в составе модели городской среды им также выделяются два компонента: модель реальности и информационные модели (BIM-модели) объектов городской инфраструктуры, где модель реальности – это в первую очередь трехмерная модель рельефа местности (требуемого уровня точности) со всеми имеющимися искусственными сооружениями и точной геодезической привязкой (рисунок 3.1) [88].



Рисунок 3.1 – Общая схема информационной модели города (Талапов В.)

Ахметов А., выступая экспертом в области применения информационного моделирования в градостроительстве, рассматривает системы информационного моделирования (СИМ) как более высокий уровень инфраструктурных сетей, методов руководства и человеческой деятельности, который в конечном счете должен образовывать структуру, удерживающую все модели BIM вместе. СИМ дает возможность описания, визуализации, анализа и контроля городской среды для поддержки градостроительного проектирования и планирования, от самого низкого, местного, до регионального. В основе СИМ лежит основанная на открытых стандартах интегрированная междисциплинарная пространственная модель данных [5].

Попов И., директор по развитию цифровой экономики МГТС, определяет цифровой двойник города как прототип города реального, на базе которого можно анализировать жизненные циклы объекта, его реакцию на возможные изменения

и внешние воздействия. Это точное отображение города в цифровой реальности, информация к которому поступает с различного рода датчиков, систем мониторинга и счетчиков ресурсов. Цифровой двойник позволяет проводить предиктивную аналитику, ставить виртуальные опыты, получать информацию и прогнозировать поведение объектов. Цифровой двойник поможет синхронизировать и связать воедино все внутренние структуры города: водоснабжение, электрификацию, подачу газа, загруженность дорог, услуги здравоохранения и образования, экологическое состояние [78].

Волков С., подходя к определению информационной модели города, использует термины и определения в составе действующих национальных стандартов (ГОСТ) и сводов правил (СП), в том числе национального стандарта ГОСТ Р 57269–2016 «Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Термины и определения», которым определен набор базовых терминов и определений в области управления информацией об антропогенных объектах и средах: объект, среда, информация, обработка информации, модель, информационная модель и т. д. [24]. В частности, согласно указанному ГОСТу, информационная модель – это комплексное стандартизированное цифровое представление свойств, параметров и связей объекта-системы в виде информационных наборов, которое содержит полную проектную информацию (текстовую, графическую, расчетную и вычислимую) о материальных и нематериальных элементах объекта-системы.

На основании данного Волковым С. определения выявлены следующие критерии информационной модели: информационная модель представляет собой цифровые данные, методы представления (трансформации) данных и цифровые связи, а также включает в себя различные «точки зрения» (методы применения системного подхода к изучению объекта, которые позволяют использовать информационную модель различными категориями пользователей, например, инженерами и управленцами), имеет встроенное машиночитаемое описание сценариев собственного использования, описание объектов, описание среды/пространства, описание жизненного цикла, процессов и времени [16].

Используя обозначенные выше подходы к определению понятия и содержания информационных моделей городов, мы можем дать собственное структурно-содержательное определение.

Информационная модель – организованная в едином координатно-временном пространстве совокупность элементов визуализации городской среды, цифровой модели рельефа, информационных моделей объектов реальности природного и искусственного происхождения, информационных слоев, а также математических имитационных моделей природных и антропогенных явлений и процессов, где:

– элементы визуализации, представленные в виде трехмерных облаков точек, полученных по результатам лазерного сканирования и (или) аэрофотосъемки, трехмерных текстурированных фотореалистичных моделей, а также спроецированных на цифровую модель рельефа космических и (или) аэрофотоснимков (ортофотопланов), цифровых растровых картографических материалов и др., формируют визуальное представление (зрительный образ) городской среды, могут содержать и (или) выступать источником информации о пространственных и иных характеристиках объектов реальности, но при этом сами не содержат семантических данных;

– цифровая модель рельефа является цифровым представлением земной поверхности, описывающим с заданной точностью пространственное положение (высоту или глубину), а также структуру земной поверхности в виде отметок высот в узлах регулярной сети («матрица высот»), нерегулярной триангуляционной сети или в виде записей высот изолиний (горизонталей, изобат) [28];

– информационные модели существующих, а также, при необходимости, существовавших ранее или будущих (проектируемых) объектов реальности природного и искусственного происхождения (водоемов, объектов растительности, объектов капитального и некапитального строительства, объектов транспортной и инженерно-коммунальной инфраструктур, объектов благоустройства и т. д.), представляют собой объектно-ориентированные параметрические трехмерные модели, представляющие в цифровом виде физические, функциональные и прочие характеристики объектов (или их отдельных частей) в виде совокупности информационно насыщенных элементов, подготовленные с использованием различных инструментов компьютерного моделирования;

– информационные слои включают в себя двухмерные либо трехмерные модели границ административно-территориальных образований, объектов прав (земельных участков, частей земельных участков, контуры объектов капитального строительства), объектов ограничений и обременений прав на землю (охранных и защитных зон, зон действия сервитутов и др.), территорий с особым режимом использования земель (особо охраняемые природные территории, территории объектов культурного наследия и др.), а также иных элементов правового и градостроительного режима территорий (территориальные зоны, красные линии и др.) [45, 46];

– математические имитационные модели природных и антропогенных явлений и процессов, происходящих в физическом и информационном пространстве, представляют с определенной точностью соответствующие явления и процессы (анимация положения Солнца, движение водных масс и воздушных потоков, движение облаков, транспортные и пешеходные потоки, события в информационном пространстве и т. д.).

В представленной структуре информационной модели городской территории три компонента: цифровая модель рельефа, информационные модели природных и искусственных объектов, а также информационные слои – являются базовыми, без которых невозможна эксплуатация информационной модели, а два компонента: элементы визуализации и модели природных и антропогенных процессов – являются дополнительными, повышающими реалистичность информационной модели.

Информационная модель территории рассматривается как инструмент «цифрового землеустройства» применительно к землям населенных пунктов [9].

3.1.2 Структура методики создания информационных моделей городов

Разработанная и предложенная методика создания информационных моделей городских территорий предусматривает последовательное поэтапное формирование (рисунок 3.2):

– пространственной объектной модели территории – как трехмерного/четырехмерного (3D + время) метрического представления городской среды с определенными информационными моделями объектов реальности, где под определе-

нием объекта («object definition») понимается процесс формирования объекта-системы путем присвоения уникального идентификатора и определения свойств, характеристик и другой информации;

– информационной модели территории посредством интеграции информационных моделей объектов реальности с соответствующей им семантическими данными из любых доступных внешних информационных источников (систем и ресурсов), а также дополнения модели слоями и моделями виртуальных информационных объектов;

– умной (интеллектуальной) модели городской среды посредством интеграции информационной модели территории и внутренних (встроенных) или внешних систем интеллектуального анализа и моделирования.



Рисунок 3.2 – Последовательность создания модели реальности

3.2 Создание пространственной объектной модели

3.2.1 Исходные документы, материалы и сведения

Пространственная объектная модель территории создается на основе комплекса исходных документов, материалов и сведений, включая материалы дистанционного зондирования Земли, цифровые картографические материалы (в растро-

вой и (или) в векторной форме), а также сведения государственных, муниципальных и негосударственных геоинформационных систем и ресурсов. Комплекс исходных данных должен выступить пространственной и информационной основой для создания элементов визуализации городской среды и для определения (формирования – идентификации и моделирования) объектов реальности в соответствии с установленными Приказом Минэкономразвития России от 01.03.2016 № 90 требованиями к точности и детализации [70].

Источником необходимых для построения пространственной объектной модели территории материалов ДЗЗ (ортофотопланы, облака (массивы) точек, фотореалистичные текстурированные трехмерные модели реальности и др.) выступают материалы космической съемки сверхвысокого разрешения (от 3 до 1 м на пиксель), результаты наземного и (или) воздушного лазерного сканирования, а также материалы аэрофотосъемки, выполненной с использованием пилотируемых или беспилотных летательных аппаратов. При этом наиболее оптимальным с позиции соотношения себестоимости, оперативности и качества получаемой информации, как совокупности свойств, отражающих степень пригодности конкретной информации об объектах и их взаимосвязях для достижения поставленных целей, в настоящий момент является метод аэрофотосъемки с использованием БПЛА. Геодезической основой при этом служат геодезические сети специального назначения – сети дифференциальных геодезических станций [1].

В настоящий момент в России отсутствует актуальная нормативно-техническая документация, определяющая требования к сбору и обработке данных аэрофотосъемки с использованием БПЛА. Исследование технических и технологических требований при применении БПЛА для получения материалов ДЗЗ, необходимых, в том числе для создания пространственных объектных моделей территории, выполнено в СГУГиТ Опритовой О. А. под руководством д.т.н., доцента Хлебниковой Т. А. [72]. Согласно результатам исследования и сделанным авторами выводам, реализация установленных требований к точности координат характерных точек объектов реальности (0,10 м), детальности контуров объектов (0,05 м) и обес-

печению точности цифровой модели рельефа, соответствующей топографической съемке с высотой сечения рельефа 0,5 м, в отношении городских территорий, возможна при условии выполнения следующих требований:

– обязательное наличие пунктов планово-высотного обоснования, в том числе и при наличии координат центров снимков, полученных с использованием бортового ГНСС-оборудования БПЛА, включая оборудование геодезического класса [2];

– выполнение аэрофотосъемки и совместная фотограмметрическая обработка плановых и перспективных снимков (оптимальный угол наклона снимков около 30°).

Разработанная авторами вышеуказанного исследования система технических требований к технологии аэрофотосъемки представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Система требований к аэрофотосъемке с использованием БПЛА

№ п/п	Критерий	Значение (величина) критерия
1	Обеспечение заданной точности модели (не хуже 0,10 м)	
1.1	Величина пространственного разрешения снимков	Не менее чем в два раза меньше заданной погрешности измерения координат точек объекта: $\frac{0,10\text{ м}}{2} = 0,05\text{ м}$
1.2	Количество пунктов планово-высотного обоснования	Зависит от технических параметров используемых летательных аппаратов, но не менее 1 пункта на 1 кв. км.
2	Обеспечение заданной детальности модели (не хуже 0,05 м)	
2.1	Величина пространственного разрешения снимков	Не менее чем в 2 раза меньше минимального геометрического элемента создаваемой модели: $\frac{0,05\text{ м}}{2} = 0,025\text{ м}$
2.2	Высота аэрофотосъемки при фиксированном фокусном расстоянии объектива цифровой съемочной камеры	$H = \frac{0,7 \cdot f \cdot 0,10}{p},$ где f – фокусное расстояние съемочной камеры; p – физический размер пикселя светочувствительной матрицы цифровой камеры

Использование материалов аэрофотосъемки с применением пилотируемых летательных аппаратов, особенно в комбинации с системами воздушного лазерного сканирования, позволяет существенно повысить качество материалов ДЗЗ, однако многократно повышает себестоимость работ по их созданию и снижает оперативность получения и обновления материалов. В связи с этим, оптимальным способом организации работ, при наличии соответствующих технических и финансовых возможностей, будет выступать единовременная комбинированная аэросъемка (фотосъемка + воздушное лазерное сканирование) с применением пилотируемого летательного аппарата, с последующим поддержанием актуальности модели посредством аэрофотосъемки с использованием БПЛА.

Фотограмметрическая обработка материалов аэрофотосъемки выполняется с использованием специальных программных систем (Racurs Photomod, Agisoft Photoscan, Pix4D и др.), в результате чего должны быть получены: цифровая модель рельефа (в виде матрицы точек либо нерегулярной триангуляционной сети, как правило, представленные в формате «GeoTIFF»), цифровой ортофотоплан, трехмерные облака (массивы) точек, а также трехмерная фотореалистичная модель территории. Пример модели реальности, полученной на основе аэрофотосъемки территории г. Новосибирска с использованием БПЛА Supercam S350, представленная на рисунке 3.3.

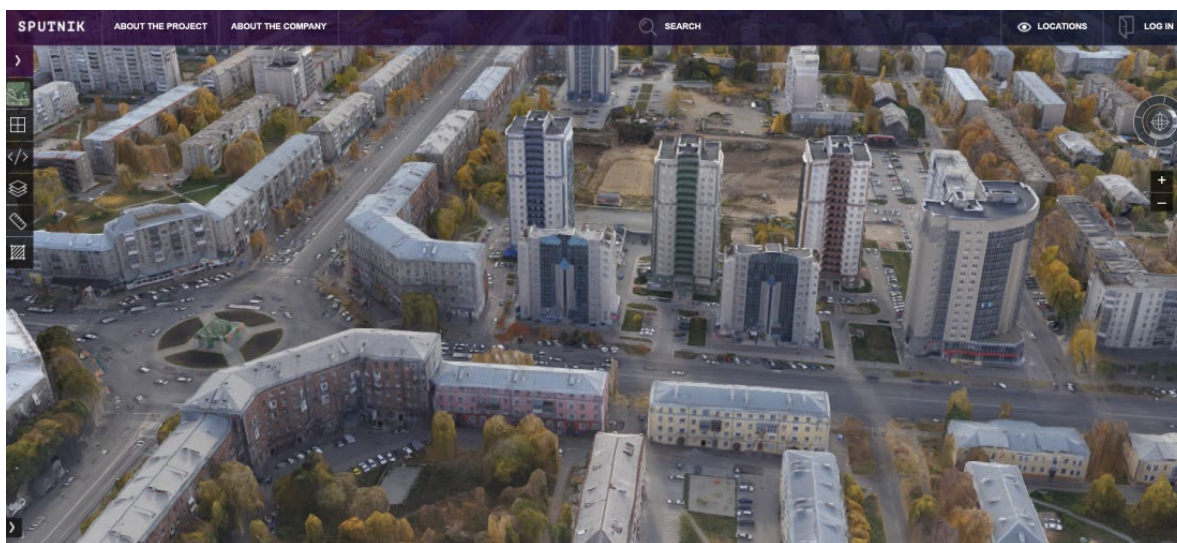


Рисунок 3.3 – Пример модели реальности в виде фотореалистичной тайловой 3D-модели на платформе Geoscan Sputnik

Дешифрирование и идентификация объектов реальности выполняются с применением комплекса государственных федеральных, региональных (субъектовых), местных (муниципальных) и негосударственных геоинформационных систем и ресурсов, структура которого представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Информационные ресурсы, используемые при дешифрировании и идентификации объектов реальности

№ п/п	Информационные системы и ресурсы	Используемые сведения
1	Муниципальные информационные системы и ресурсы	
1.1	Дежурный адресный план	Контуры объектов капитального строительства – объектов адресации, тип и этажность зданий
1.2	Дежурный топографический план	Цифровая картографическая основа Наземные и подземные инженерные коммуникации
1.3	Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности	Существующие и проектируемые объекты реальности
2	Государственные (федеральные и региональные) информационные системы и ресурсы	
2.1	Федеральный фонд пространственных данных	Цифровая картографическая основа
2.2	Региональный фонд пространственных данных	
2.3	Единый государственный реестр недвижимости	Объекты капитального строительства, стоящие на кадастровом учете
2.4	Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности	Аналогично муниципальным ИСОГД
3	Негосударственные информационные системы и ресурсы	
3.1	Open Street Map	Объекты реальности (объекты капитального строительства, улично-дорожная сеть, железные дороги и иные объекты транспортной инфраструктуры, водные объекты, объекты растительности и др.)
3.2	Яндекс / 2ГИС / Google	

3.2.2 Идентификация, классификация и моделирование объектов

Классификация объектов выполняется на основе сопоставления и совместного анализа материалов ДЗЗ и комплекса исходных документов, материалов и сведений в соответствии с принятой или утвержденной нормативными актами моделью данных, примером которой выступают LandXML, InfraGML, CityGML,

IndoorGML, IFC и др. [106, 103]. Учитывая, что в настоящее время в России отсутствует утвержденная модель данных, в рамках данного исследования предлагается использовать следующую классификацию объектов реальности:

- природные объекты (наземные и подземные водоемы, леса, прочие территории, покрытые древесной и (или) кустарниковой растительностью, отдельно стоящие деревья);
- объекты транспортной инфраструктуры (дороги, улицы, проезды, парковки, тротуары);
- объекты строительства, в том числе объекты капитального строительства (здания, сооружения, помещения), а также объекты некапитального строительства, элементы благоустройства и малые архитектурные формы (киоски, павильоны, скамейки, детские площадки и т. д.);
- объекты инженерно-коммунальной инфраструктуры, в том числе объекты сетей электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения, водоотведения, ливневой канализации и др.;

Классификация и идентификация объектов, как правило, выполняется визуально-аналитическим способом на основе комплексного анализа материалов ДЗЗ и комплекса исходных материалов и сведений. При этом в настоящее время активно развиваются алгоритмы и технологии автоматизированного определения объектов и их пространственных параметров на основе анализа трехмерных облаков точек, полученных по результатам лазерного сканирования и (или) аэрофото съемки. Так, инструменты автоматизированного распознавания объектов реальности, в том числе деревьев, дорожных знаков, столбов уличного освещения и др., входят в набор инструментов по работе с облаками точек платформы Autodesk InfraWorks [100] (рисунок 3.4, *а*), а на Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019» был представлен доклад ООО «Союз градостроителей и землеустроителей» по опыту применения интеллектуальных технологий в области градостроительства (рисунок 3.4, *б*).




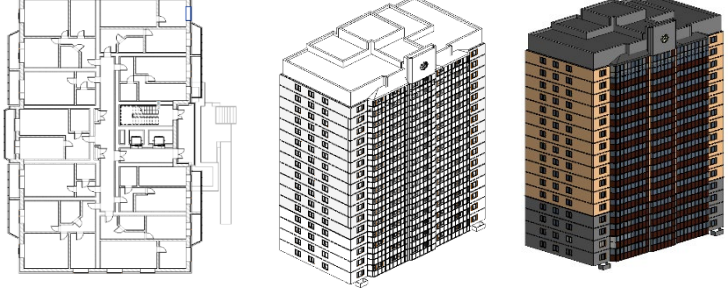
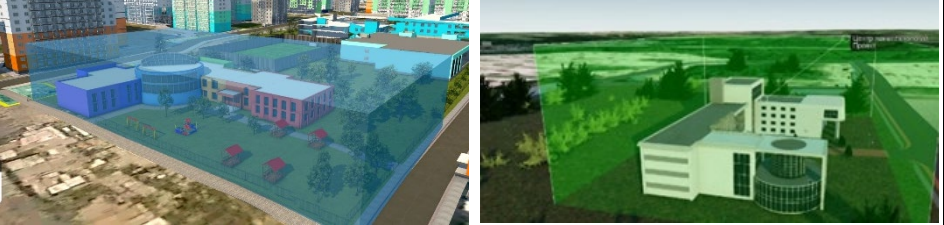


Рисунок 3.4 – Автоматизированные классификация, оконтуривание и аппроксимация (выравнивание) объектов на основе облаков точек


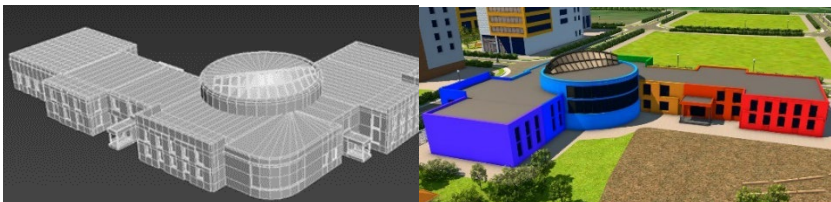



Моделирование классифицированных объектов ситуации выполняется с использованием доступных программных инструментов трехмерного цифрового моделирования (Maya, SketchUp и др.), CAD-систем (Autodesk Civil 3D, Bentley Microstation и др.) либо с использованием инструментов BIM-моделирования (Autodesk Revit, Bentley OpenBuildings и др.). С позиции управления земельно-имущественным комплексом города, подготовленные 3D-модели, прежде всего, должны передавать пространственное положение с заданной точностью (0,10 м), геометрию с заданной детализацией (0,05 м), топологию и визуальный (архитектурный) образ соответствующих объектов, не перегружая при этом программную платформу лишним количеством контуров и элементов [50]. В связи с этим, при моделировании для часто повторяющихся объектов (деревья, столбы, дорожные знаки, остановочные павильоны, скамейки, зоны отдыха, детские площадки и другие малые архитектурные формы) могут использоваться библиотеки типовых (эталонных) моделей, например библиотека SketchUp, а модели зданий могут быть представлены их упрощенными BIM-моделями, содержащими только их архитектурную составляющую, с обеспечением доступа к полным моделям по внешней ссылке. В целях оптимизации объема информационной модели территории, модели панельных многоквартирных жилых домов, состоящих из типовых секций, могут быть представлены их упрощенными моделями. В отдельных случаях возможно применение трехмерных информационных контейнеров, оконтуривающих плоскостями элементы визуализации.

В таблице 3.3 представлены виды информационных 3D-моделей.

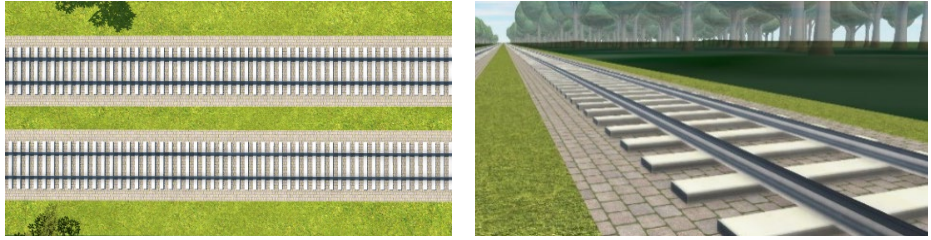



Таблица 3.3 – Виды информационных 3D-моделей объектов реальности

№ п/п	Типология моделируемых объектов	Примеры моделей
1	Природные объекты	
1.1	Модели водных объектов	
1.2	Модели объектов древесной растительности	
1.3	Модели территорий, покрытых древесной растительностью	
2	Объекты строительства	
2.1	BIM-модели зданий	
2.2	Информационные контейнеры	

Продолжение таблицы 3.3

№ п/п	Типология моделируемых объектов	Примеры моделей
2.3	2.5D-модели	
2.4	Концептуальные модели проектируемых объектов	
3	Типовые модели объектов благоустройства и малых архитектурных форм (МАФ)	
3.1	Модель лавочки	
3.2	Модель остановочного павильона	
3.3	Модель беседки	

Окончание таблицы 3.3

№ п/п	Типология моделируемых объектов	Примеры моделей
4	Модели объектов транспортной инфраструктуры	
4.1	Модель трамвайной линии	
4.2	Модель многоуровневой транспортной развязки	
4.3	Модель перекрестка	
5	Модель объектов инженерно-коммунальной инфраструктуры	
5.1	Наземные и подземные инженерные коммуникации	

Актуальность пространственной объектной модели обеспечивается действием системы мониторинга, основанной на комплексном анализе материалов ДЗЗ (преимущественно космических снимков) и информации в государственных и муниципальных информационных ресурсах посредством отслеживания событий, выступающих «маркерами изменений» (возведение/демонтаж объектов, выдача разрешений на строительство или на ввод объектов в эксплуатацию, постановка объектов на кадастровый учет, снятие с кадастрового учета демонтированных объектов и т. д.). Алгоритмы обновления пространственной объектной модели предусматривают выполнение аэрофотосъемки локальных (измененных) участков городской территории с использованием БПЛА и сети пунктов планово-высотного обоснования [74, 37] и (или) моделирование вновь созданных или измененных объектов с последующим их встраиванием в пространственную объектную модель, как это показано на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Обновление пространственной объектной модели инструментами BIM-моделирования

Одним из подходов к решению задачи по актуализации и обновлению пространственной модели территории выступают механизмы частно-государственного партнерства с профессиональными сообществами архитекторов, проектировщиков, градостроителей, кадастровых инженеров через предоставление им специального доступа и инструментов актуализации модели, что позволяет существенно снизить бюджетные затраты и улучшить условия профессиональной деятельности [12].

Модель технологической схемы создания, дежурства и актуализации пространственной объектной модели территории представлена на рисунке 3.6.

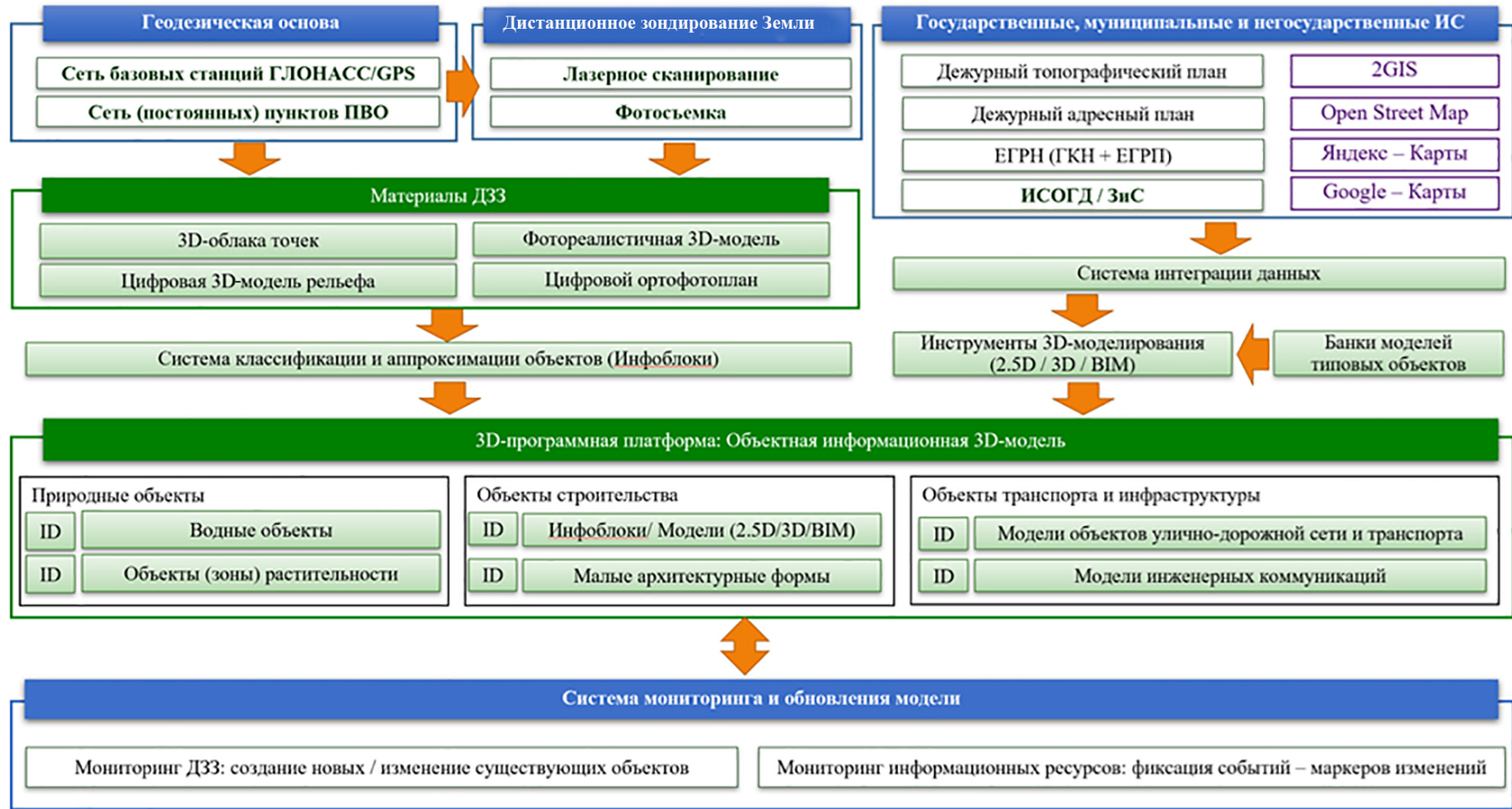


Рисунок 3.6 – Технологическая схема создания, мониторинга и актуализации пространственных объектных моделей

3.3 Создание информационной модели территории

3.3.1 Понятие и структура информационной модели территории

Информационная модель территории представляет собой результат интеграции пространственной объектной модели с информацией из государственных федеральных, региональных, муниципальных, а также негосударственных информационных систем и ресурсов, а также с данными, получаемыми с систем мониторинга и наблюдения. В результате обеспечивается связь между информационными моделями объектов реальности и соответствующими им семантическими данными из любых внешних источников, а пространственная объектная модель дополняется слоями информационных объектов, структура которых приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Структура информационных слоев в составе информационной модели территории

№ п/п	Информационный слой / состав слоя	Представление объектов в составе слоя			
		2D	3D		
1	Административные границы	Проекция контуров на ЦМР			
1.1	Границы субъектов РФ				
1.2	Границы муниципальных образований				
1.3	Границы населенных пунктов				
2	Объекты прав, ограничений и обременений прав на недвижимое имущество	Проекция контуров на ЦМР			
2.1	Земельные участки				
2.2	Части земельных участков				
2.3	Здания и сооружения				
2.4	Помещения / парковочные места			Не предусмотрено	3D-модель
2.5	Зоны публичных и частных сервитутов			Проекция контуров на ЦМР	3D-модель
2.6	Земельные отводы (образуемые и предоставляемые земельные участки)				Проекция контуров на ЦМР
2.7	Территории с разрешением на использование без предоставления				
3	Объекты правового режима территорий	Проекция контуров на ЦМР			
3.1	Границы зон категорий земель				
3.2	Охранные и защитные зоны согласно ЕГРН			Проекция контуров на ЦМР	3D-модель

Окончание таблицы 3.4

№ п/п	Информационный слой / состав слоя	Представление объектов в составе слоя	
		2D	3D
3.3	Зоны с особыми условиями использования территорий	Проекция контуров на ЦМР	
4	Объекты градостроительного режима территорий		
4.1	Функциональные зоны в составе генерального плана	Проекция контуров на ЦМР	
4.2	Территориальные зоны в составе ПЗЗ		
4.3	Линии градостроительного регулирования (красные линии и линии отступа от красных линий)		
4.4	Объекты и зоны размещения федерального, регионального и местного значения	Проекция контуров на ЦМР	3D-модель
4.5	Охранные и защитные зоны в составе ПЗЗ	Проекция контуров на ЦМР	
4.6	Зоны публичных и частных сервитутов		
4.7	Зарезервированные земельные участки		
5	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера		
5.1	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера	Проекция контуров на ЦМР	3D-модель
5.2	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера		3D-модель
6	Отображение событий «Больших данных»		
6.1	Хронотоп с заданным размером ячейки [92]	Не предусмотрено	3D-модель
7	Организации (субъекты предпринимательской деятельности и другие)		
7.1	Организации всех видов деятельности	Точечные 2D-объекты	Точечные 3D-объекты

Полный перечень внешних семантических данных и информационных слоев в информационной модели не должен быть ограничен и определяется только доступными источниками информации, что позволяет решить задачу отсутствия или недостатка необходимых сведений [10].

3.3.2 Моделирование объектов прав, ограничений и обременений прав на недвижимое имущество

Приоритетными компонентами информационных моделей городских территорий для данного исследования выступают трехмерные модели объектов, которыми оперируют земельно-информационные системы: объекты прав, ограничений

и обременений прав на недвижимое имущество, а также объекты правового режима и градостроительного регулирования, в том числе:

– трехмерные информационные модели объектов недвижимого имущества (земельные участки, здания, помещения, наземные и подземные сооружения, объекты незавершенного строительства), модели частей объектов недвижимого имущества, ограниченные в использовании и (или) обремененные правами третьих лиц;

– трехмерные информационные модели зон публичных и частных сервитутов, охранных и защитных зон, иных зон с особым режимом использования территорий;

– трехмерные информационные модели территориальных зон в составе правил землепользования и застройки, а также иных элементов градостроительного регулирования (красных линий и линий отступа от красных линий).

Выбор подхода к моделированию трехмерных объектов прав, ограничений и обременений прав зависит от национальной концепции недвижимости, представленной в составе гражданского, земельного, лесного, водного и иного законодательства.

Исследование применимости различных зарубежных подходов к моделированию объектов недвижимого имущества в российских условиях выполнялось Черновым А. В. под руководством д.т.н. профессора Лисицкого Д. В. В рамках выполненного сравнительного анализа различных видов 3D-моделей объектов недвижимости, представленных в работе Thompson R., Oosterom P., Karki S., Cowie B. «A Taxonomy of Spatial Units in a Mixed 2D and 3D Cadastral Database» [104], ими были сделаны выводы, что наиболее оптимальным вариантом для российских условий выступает «общая трехмерная модель», которая предусматривает моделирование объекта прав с помощью совокупности горизонтальных, вертикальных и наклонных граней, проходящих через все конструктивные элементы объекта с многоуровневой конфигурацией горизонтальных и вертикальных граней. Описание объекта недвижимости обеспечивается посредством координирования характерных точек всех конструктивных элементов объекта в пространственной прямоугольной системе координат XYZ, где измерения в плане и по высоте являются равноточными [95]. На наш взгляд,

данный подход в полной мере может применяться как в отношении зданий и сооружений, выступающих объектами недвижимости (рисунок 3.7, *а*), так и в отношении помещений (рисунок 3.7, *б*).

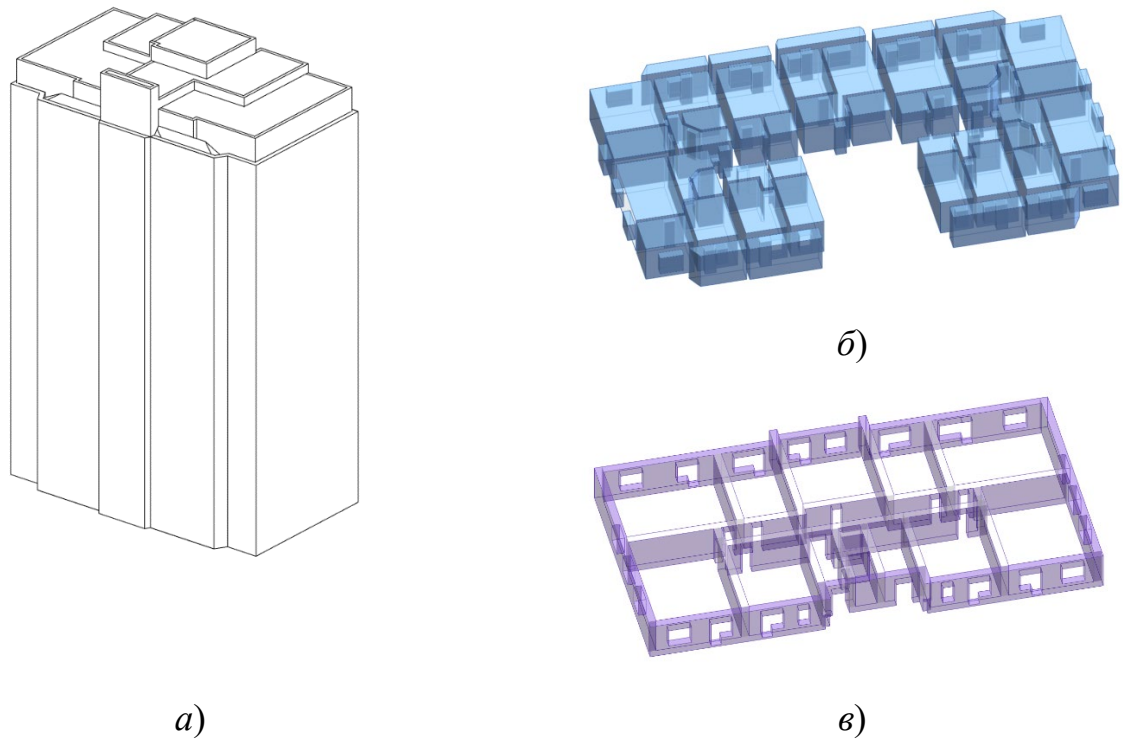
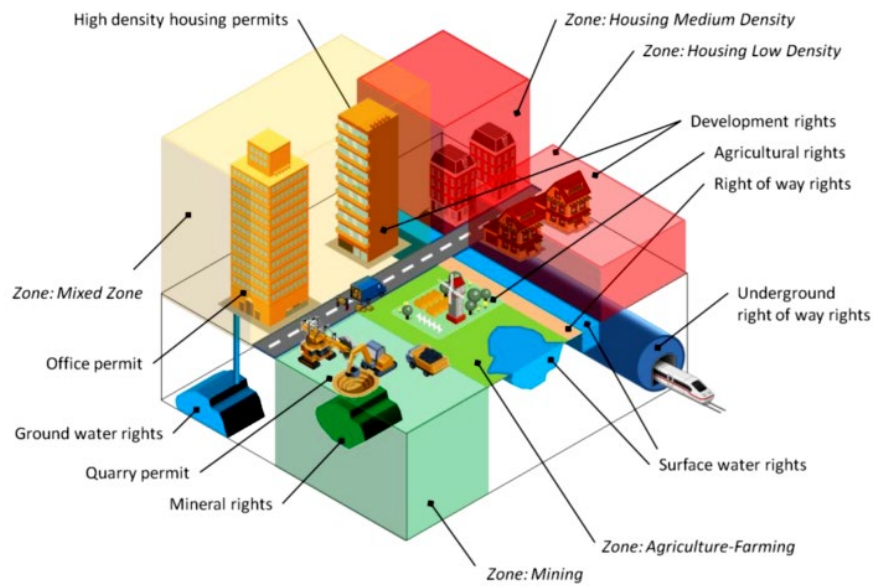


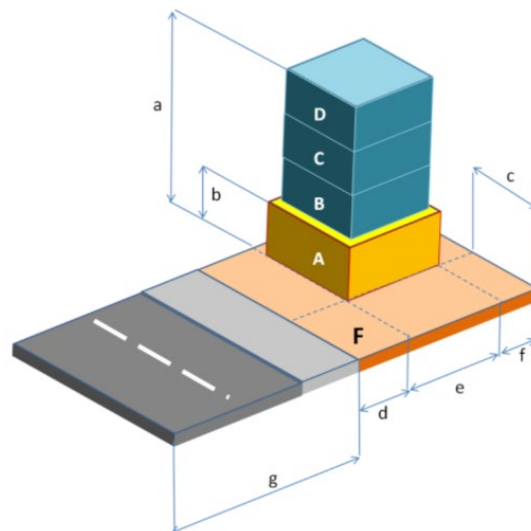
Рисунок 3.7 – 3D-модели здания (*а*), помещений (*б*) и общего имущества (*в*) в многоквартирном жилом доме как объектов недвижимого имущества

Исследование подходов к моделированию элементов градостроительного регулирования в составе правил землепользования и застройки на примере г. Джакарта (Республика Индонезия) представлено в работе группы нидерландских исследователей Agung Indrajit, Hendrik Ploeger, Bastiaan Van Loenen and Peter Van Oosterom «Designing Open Spatial Information Infrastructure to Support 3D Urban Planning in Jakarta Smart City» [104]. Представленные в их исследовании модели элементов градостроительного регулирования, в том числе различные виды территориальных зон, публичные и частные наземные и подземные сервитуты (рисунок 3.8, *а*), а также минимальные отступы от границ земельных участков в целях определения мест допустимого размещения зданий, строений, сооружений, за пределами которых запрещено строительство зданий, строений, сооружений, предельное

количество этажей или предельная высота зданий, строений, сооружений, максимальный процент застройки в границах земельного участка, определяемый как отношение суммарной площади земельного участка, которая может быть застроена, ко всей площади земельного участка (рисунок 3.8, б), на наш взгляд, в полной мере могут быть применены и в условиях российского градостроительного законодательства.



a)



б)

Рисунок 3.8 – Моделирование элементов градостроительного регулирования

3.3.3 Интеграция информационных систем и ресурсов

Интеграция информационных моделей объектов реальности с соответствующими им сведениями в составе государственных федеральных, региональных, муниципальных, а также негосударственных информационных систем и ресурсов согласно положениям ГОСТ 52571–2006 «Географические информационные системы. Совместимость пространственных данных. Общие требования» [23] должно выполняться на основе координатного описания объектов, их классификации, пространственных отношений, адресных данных и уникальных идентификаторов объектов в информационных системах (кадастровые номера и др.).

Как показывают результаты научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ по решению задач в области повышения эффективности управления земельно-имущественным комплексом города с применением технологий информационного моделирования городских территорий (Муниципальный контракт на выполнение работ по инвентаризации земель г. Новосибирска), наиболее удобным и универсальным параметром для интеграции пространственных данных выступает соответствующее установленным требованиям адресное описание объектов, где каждому адресному объекту должны быть поставлены в соответствие его координатные данные и идентификаторы (п. 4.1.5 ГОСТ 52571–2006). Таким образом, ключевым условием и способом интеграции данных на базе информационной модели территории выступает дежурный адресный план города, отображающий местоположение (контура и (или) 3D-модели) объектов адресации в координатном пространстве, содержащий сведения об их адресном описании, согласно установленной структуре, а также идентификаторы объектов, присвоенные в государственных и муниципальных информационных системах.

Вместе с тем, как показывает практика, имеет место системное несоблюдение требований ГОСТ 52571–2006. Так, Федеральная информационная адресная система не содержит сведений о пространственном местоположении объектов адресации и их идентификаторах, кроме того, идентификаторы, структура и значение адресного описания объектов в различных информационных системах зачастую не

совпадают либо не соответствуют установленным требованиям. Помимо этого, имеют массовый характер и различия в позиционировании объектов в разных информационных ресурсах, прежде всего, в справочно-навигационных (Яндекс, 2ГИС и др.), как это представлено на рисунке 3.9.

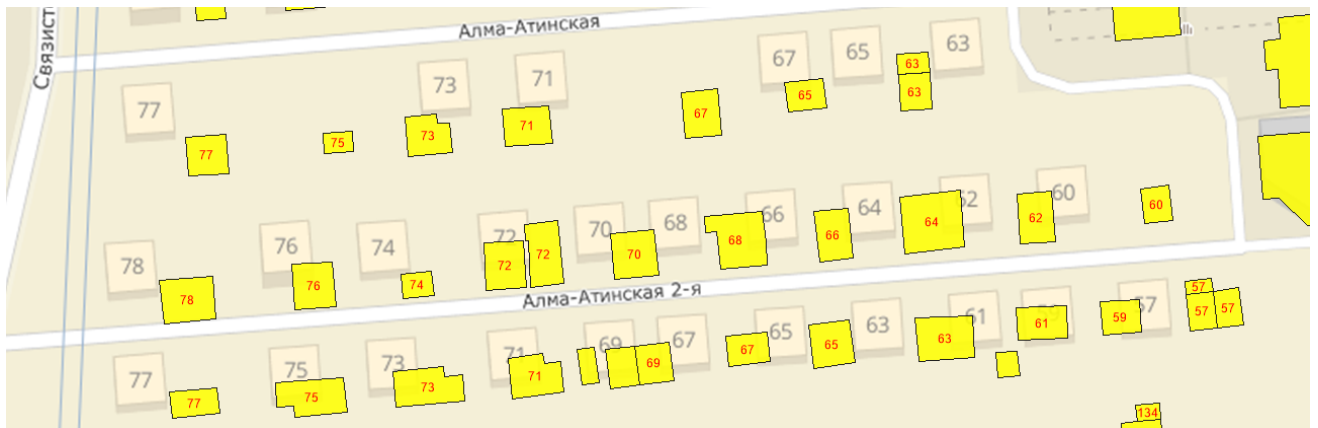


Рисунок 3.9 – Расхождения в сведениях о наличии и местоположении объектов на фрагменте дежурного адресного плана г. Новосибирска и в справочно-навигационной системе 2ГИС

Наличие данных расхождений исключает возможность автоматизированной интеграции и взаимной верификации данных, полученных из различных информационных ресурсов и систем мониторинга. В целях решения обозначенной проблемы был разработан и апробирован специальный алгоритм верификации и нормализации пространственного и адресного описания объектов недвижимости в различных информационных системах (ЕГРН, Налог-3, Яндекс, 2ГИС и др.), технологическая схема реализации которого представлена на рисунке 3.10. Алгоритм предполагает поэтапную обработку адресов и позиционирования объектов: на первом этапе выполняется обработка и нормализация структуры адресов объектов адресации в информационных системах, на втором этапе – контроль корректности пространственного местоположения объектов на дежурном адресном плане и во внешних навигационно-справочных системах через сопоставление центроидов (адресных точек) и контуров, а на третьем этапе – структуризация адресов с целью их приведения к структуре ФИАС и получения соответствующих кодов.

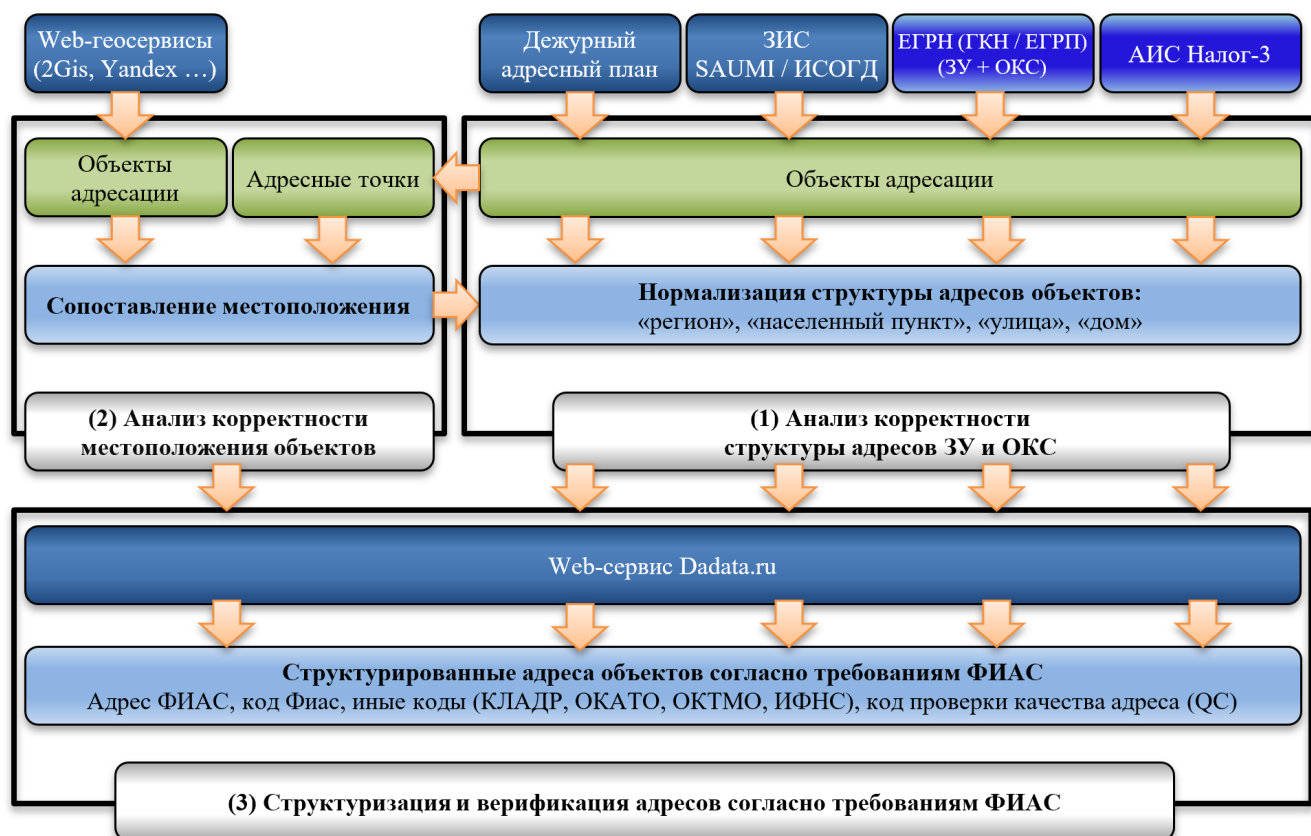


Рисунок 3.10 – Схема алгоритма верификации и нормализации адресного описания объектов в информационных ресурсах

Реализация алгоритма позволяет обеспечить интеграцию, верификацию и обновление данных информационной модели территории, получаемых из внешних информационных ресурсов, независимо от их принадлежности. Данный алгоритм также может быть использован при создании и ведении дежурного адресного плана города.

3.3.4 Данные, получаемые на основе математических моделей и расчетов

Отдельные виды данных, отсутствующие в доступных для информационного взаимодействия государственных федеральных, региональных, муниципальных информационных системах, ресурсах и реестрах либо не обладающие необходимой степенью актуальности и (или) достоверности, могут быть заменены (дополнены) статистическими и (или) расчетными модельными данными. К таким данным, в частности, относятся сведения о численности проживающего населения – базо-

вый (ключевой) показатель в составе информационной модели территории, необходимый для выполнения большинства расчетов анализа современного состояния и развития территории, в том числе расчетных показателей минимально допустимого уровня обеспеченности территории объектами коммунальной, транспортной, социальной инфраструктур и расчетных показателей максимально допустимого уровня территориальной доступности указанных объектов.

В настоящий момент в России фактически отсутствуют государственные и муниципальные информационные ресурсы, осуществляющие регистрацию (фиксирующие) граждан по месту их фактического проживания. Действующие государственные информационные ресурсы, в частности Базовый государственный информационный ресурс регистрационного учета граждан Российской Федерации по месту пребывания и по месту жительства в пределах Российской Федерации МВД России и списки избирателей, участников референдумов, составляемые избирательными комиссиями, не обладают необходимой актуальностью и достоверностью, поскольку, как правило, фиксируют граждан по месту их официальной регистрации, а не по месту фактического проживания. В связи с этим для расчета числа жителей в жилом доме или в границах определенной территории, как правило, применяются расчетные модели, примеры которых представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчетные модели численности населения

№ п/п	Расчетные модели определения численности жителей в границах определенной территории
1	На основе данных о среднем размере частного домохозяйства: $S = S_{\text{чд}_x} \cdot N_{\text{чд}_x},$ где S – численность населения, чел.; $S_{\text{чд}_x}$ – размер частного домохозяйства по статистическим данным переписи населения на заданной территории; $N_{\text{чд}_x}$ – число частных домохозяйств (квартир, индивидуальных жилых домов) на территории
2	По индексу потребления: $S = V \div N,$ где S – численность населения, чел.; V – объем фактического потребления ресурсов (горячая/холодная вода, электроэнергия или др.); N – статистическая норма потребления одним человеком

Окончание таблицы 3.5

№ п/п	Расчетные модели определения численности жителей в границах определенной территории
3	<p>На основе данных о текущей численности населения, уровне рождаемости, уровне смертности, механической динамики (миграции) населения [3]:</p> $P_{y,t+1,s} = P_{y,t,s} - D_{y,t,s} + U_{y,t,s} - V_{y,t,s}, \quad \text{при } y < t,$ <p>где $P_{y,t+1,s}$, $P_{y,t,s}$ – численность родившихся в году y, живущих на данной территории в начале года t, $t+1$, соответственно, s – признак пола: $s = 1$ соответствует мужчинам, $s = 2$ – женщинам; $B_{t,s}$ – число родившихся в году t, $D_{y,t,s}$ – число умерших в году t из числа родившихся в году y, $U_{y,t,s}$ и $V_{y,t,s}$ – численность прибывших на данную территорию и соответственно выбывших из данной территории в году t из числа родившихся в году y. Число родившихся в году y, доживших до начала года t, равно числу лиц в возрасте a на начало года t (Pa, t, s), где $a = t - y - 1$</p>
4	<p>На основе данных, получаемых от операторов подвижной радиотелефонной (сотовой связи) связи [71]:</p> $S = S_{аб} \div D_{опер},$ <p>где S – численность населения, чел.;</p> <p>$S_{аб}$ – число абонентов оператора сотовой связи, зарегистрированных в сети на данной территории;</p> <p>$D_{опер}$ – доля оператора на рынке сотовой связи в сегменте В₂С (Business to customers)</p>

Аналогичными методами могут строиться и иные модели, необходимые для получения показателей, используемых в системе городского управления, например: суммарное количество легковых автомобилей на основе статистических показателей автомобилизации (количество автомобилей на 1 000 жителей) в различных городах: в Новосибирске – 278, в Казани – 305, в Красноярске – 296, а в Москве – 293 [96, 85], расчетные объемы потребления коммунальных ресурсов (холодной и горячей воды, электроэнергии, газа), объемы твердых бытовых отходов, необходимое количество мест в детских садах, школах, необходимое количество участковых врачей и койко-мест в учреждениях здравоохранения и т. д.

3.3.5 Негосударственные информационные ресурсы и краудсорсинговые платформы

Стремительно усиливающееся значение коммерческих и иных негосударственных геоинформационных ресурсов выступает сегодня одним из основных трендов в области развития геоиндустрии. За последние 15 лет коммерческие и некоммерче-

ские негосударственные сервисы, интегрирующие данные дистанционного зондирования Земли (космические снимки), цифровые векторные карты, ГНСС-технологии, «Большие данные», справочники и базы данных, торговые и сервисные площадки, такие как «Google Maps», «Яндекс Карты», «2ГИС», «Bing Maps», «Open Street Map» фактически прекратили монополию государственных структур в области подготовки, хранения, обновления и предоставления пространственных данных, заняв безусловное лидирующее положение на рынке. Именно негосударственные сервисы являются сегодня основным источником актуальных пространственных данных для современной «Цифровой экономики».

Интеграция информационной модели территории города с негосударственными информационными системами и сервисами обеспечивает органы городского управления ценным, а зачастую и единственным доступным источником пространственных данных, в том числе: систематически обновляемых материалов ДЗЗ (космических снимков), сведений о загруженности улично-дорожной сети, а также справочных сведений о наличии, местоположении и направлениях деятельности субъектов предпринимательства, обеспечивая органы управления актуальными сведениями о фактическом состоянии и использовании земельных ресурсов и недвижимого имущества (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Сведения из негосударственных геоинформационных ресурсов в составе информационной модели территории

3.3.6 Инструменты краудсорсинга

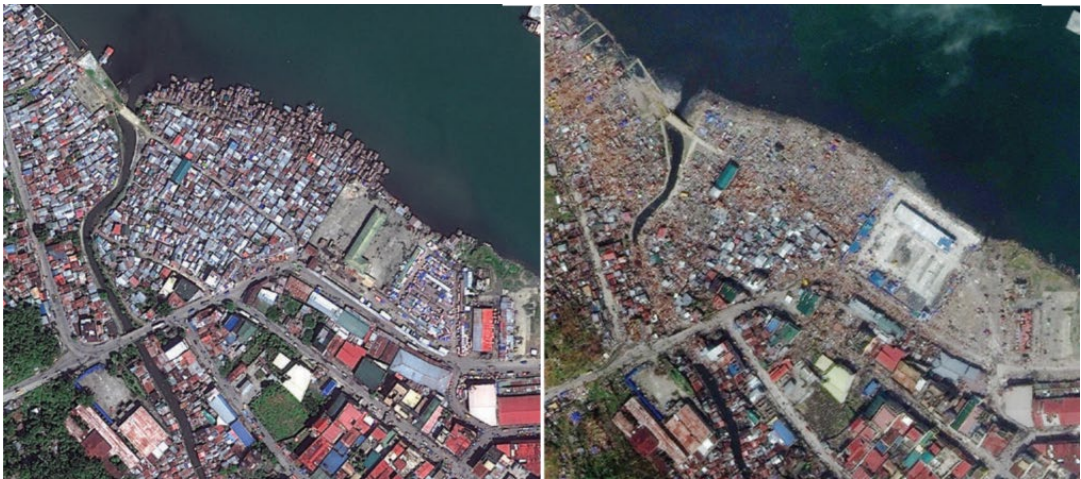
Как отмечает компания DigitalGlobe в статье «Геопространственная разведка в интересах людей» [18], несмотря на постоянно увеличивающуюся производительность программных комплексов для анализа изображений, пока ничто не может заменить интуицию и восприятие человеческого мозга. Однако анализ человеком информации, получаемой в результате глобальной съемки, – это непростая задача: большая часть ценной информации никогда не будет использована просто потому, что физически невозможно просмотреть каждый пиксель. Быстро вручную извлечь надежную информацию из триллионов пикселей стало возможным посредством предоставления данных для анализа большому числу людей, объединенных в сообщество.

Технологии краудсорсинга предусматривают «привлечение к решению тех или иных проблем инновационной производственной деятельности широкого круга лиц для использования их творческих способностей, знаний и опыта по типу субподрядной работы на добровольных началах с применением информационных технологий» [42]. Совместные усилия быстрее приводят к цели.

Компания DigitalGlobe выступает одним из лидеров решений в области применения инструментов краудсорсинга для решения задач в области управления, представляя свои кейсы, в том числе обнаружение повреждений зданий после катастрофы в интересах оценки страхования и перестрахования, обнаружение транспортных колонн и человеческой активности в интересах обороны и национальной безопасности; изыскания в интересах нефтяной и газовой, геологоразведки, картографирование и мониторинг объектов инфраструктуры (рисунок 3.12).

В России имеется собственный опыт применения краудсорсинговых технологий для решения задач в области городского управления, в частности это проекты Общероссийского народного фронта (ОНФ) по поиску дефектов дорожного покрытия, в том числе на участках дорог, находящихся на гарантийном сроке после ремонта, и незаконных свалок твердых бытовых отходов (рисунок 3.13).

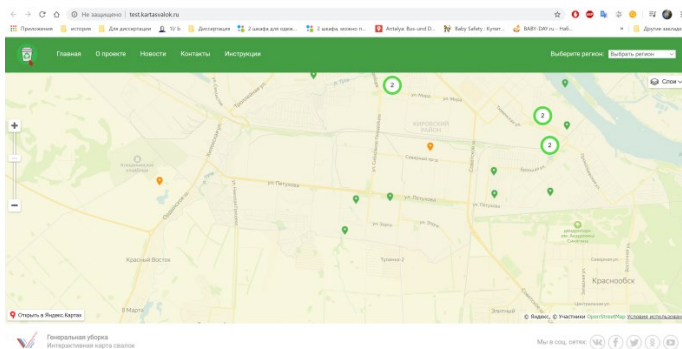
Более широкое применение технологий позволяет осуществлять мониторинг соблюдения требований земельного законодательства, в частности выявление случаев нецелевого использования земельных участков, самозахвата земель государственной собственности и иных нарушений.



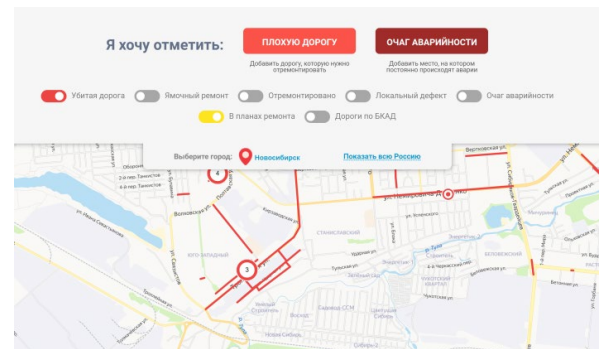
а)

б)

Рисунок 3.12 – Мониторинг повреждений объектов недвижимости после тайфуна



а)



б)

Рисунок 3.13 – Инструменты краудсорсинга на платформах ОНФ:

а) интерактивная карта свалок; б) карта «убитых» дорог

3.4 Создание интеллектуальной информационной модели территории

Интеллектуальная информационная модель обеспечивает возможность использования инструментов анализа данных, моделирования и предиктивного прогнозирования состояния и развития различных процессов и явлений в городской среде. Такие инструменты могут быть как внутренними и выступать на базе пространственной 3D-платформы, так и внешними, взаимодействие с которыми осуществляется через операционную систему «умного города».

Современное научное представление о регионе основывается на его восприятии как сложной территориальной системы, где каждый компонент тесно связан

с другими. Не подлежит сомнению то, что в числе объективных факторов, определяющих эффективность системы регионального пространственного и экономического развития и управления, на первом месте стоит качество информационного обеспечения. В условиях реализации программ устойчивого пространственного и экономического развития страны важное значение приобретает интеграция различных информационных ресурсов, мониторинг их состояния, наличие возможности выполнения автоматизированного анализа и прогнозирования развития всевозможных процессов [35].

В качестве решения обозначенной проблемы предложено использовать интеллектуальные информационные модели территорий. На основе выдвинутого предложения разработана и успешно апробирована (жилой массив «Восточный», г. Новосибирск, площадь 16 км²) методика усовершенствованной интеллектуальной информационной модели территории, а также взаимодействие созданной модели с внешними пользователями (рисунок 3.14).

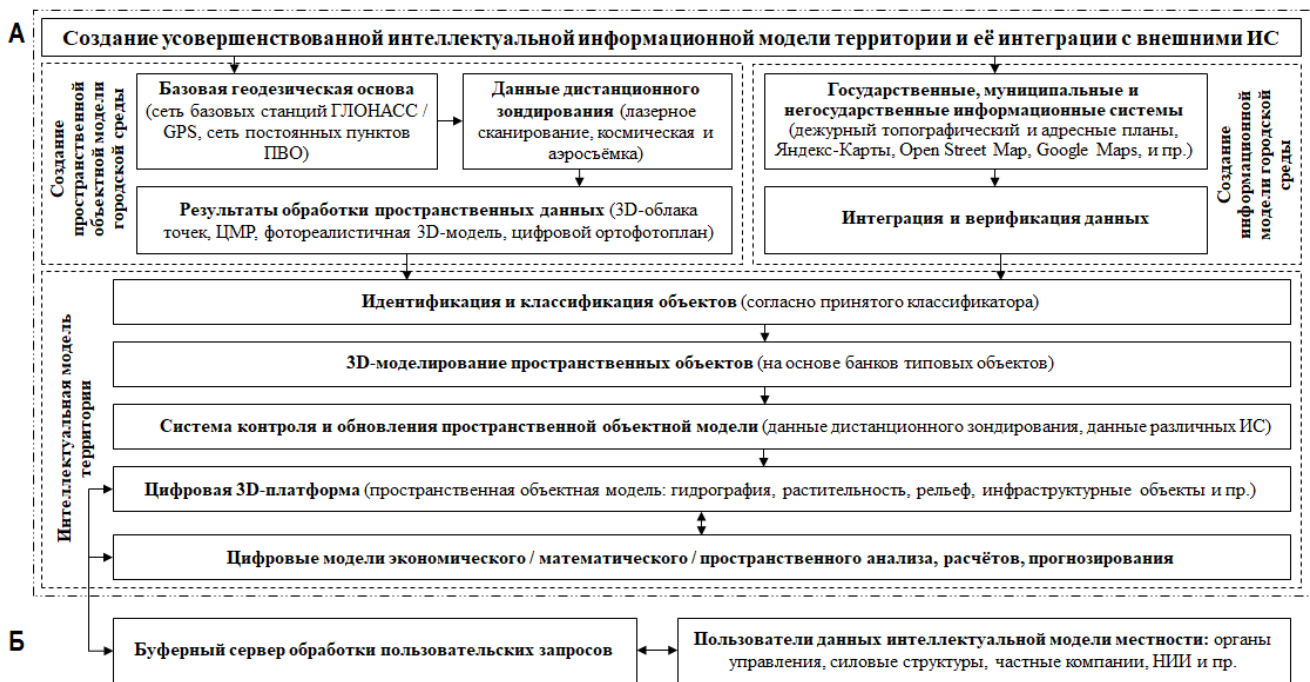


Рисунок 3.14 – Методика создания усовершенствованной интеллектуальной информационной модели территории – А; организация обмена данными между интеллектуальной моделью территории и пользователями – Б

Интеллектуальную информационную метрическую модель изучаемой территории, разработанную согласно предложенной в статье [35] методике, на момент времени t_1 можно представить с помощью элементов математической логики:

$$SIM_{t1} = MM_{sim}^{t1} \cap IS_{sim}^{t1}, \quad (3.1)$$

где MM_{sim}^{t1} – объектовая метрическая модель изучаемой территории; IS_{sim}^{t1} – информационная система, описывающая объекты (и их отношения),

$$MM_{sim}^{t1} \subset MM_n^{*t1}; \quad (3.2)$$

$$MM_n^{*t1} = \{mm_i \in MM_n^{t1} \mid mm_i \equiv E_{xyz}\}; \quad (3.3)$$

$$MM_n^{t1} = \{mm_1, mm_2, \dots, mm_n\}^{t1}, \quad (3.4)$$

здесь mm_i – метрические объектные модели, полученные различными геодезическими методами на момент времени $t1$ и удовлетворяющие требованиям к точности определения координат объектов E_{xyz} в создаваемой метрической модели территории MM_{sim}^{t1} .

В формулах (3.6), (3.7) is_j – государственные, муниципальные и негосударственные информационные системы, актуальные на момент времени $t1$ и удовлетворяющие требованиям к описанию семантической и атрибутивной частей σ_{sim} в создаваемой информационной системе IS_{sim}^{t1}

$$IS_{sim}^{t1} \subset IS_k^{*t1}; \quad (3.5)$$

$$IS_k^{*t1} = \{is_j \in IS_k^{t1} \mid is_j \propto \sigma_{sim}\}; \quad (3.6)$$

$$IS_k^{t1} = \{is_1, is_2, \dots, is_k\}^{t1}. \quad (3.7)$$

Согласно (3.1) любую традиционную информационную метрическую модель изучаемой территории на момент времени $t1$ можно представить следующим образом:

$$IM_{t1} = MM_{sim}^{t1} \cup IS_{sim}^{t1}. \quad (3.8)$$

Ее основное отличие от интеллектуальной информационной метрической модели SIM (Smart information model) продемонстрировано на рисунок 3.15.

Обновление моделей SIM_{t1} (1) и IM_{t1} (3.8) на момент времени $t2$ описывается следующими выражениями:

$$SIM_{t2} = SIM_{t1} \cup \{MM_{sim}^{t2} \cap IS_{sim}^{t2}\}; \quad (3.9)$$

$$IM_{t2} = IM_{t1} \cup \{MM_{sim}^{t2} \cup IS_{sim}^{t2}\}. \quad (3.10)$$

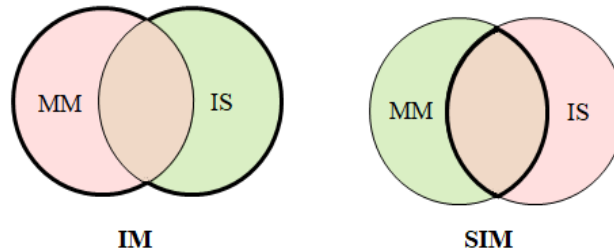


Рисунок 3.15. Отличие информационной метрической модели (IM) территории от интеллектуальной информационной метрической модели (SIM) территории

К сожалению, многие из существующих информационных моделей регионального пространственного развития не отвечают ни требованиям времени, ни запросам общества и нуждаются в совершенствовании.

Примерами области задач для интеллектуальной модели выступают прогнозные расчеты повышения нагрузки на инженерные коммуникации, улично-дорожную сеть, общественный транспорт, парковочные пространства, объекты социального обеспечения (детские сады, школы, больницы) в случае строительства и ввода в эксплуатацию объектов жилого, общественного или коммерческого назначения, геомаркетинговые модели и т. д. В роли внешних систем анализа и моделирования могут использоваться «отраслевые» программные продукты, такие как PTV VISION (моделирование транспортных систем), ZULU (моделирование инженерно-коммунальных систем), GeoIntellect (геомаркетинговые исследования и моделирование) и другие, взаимодействие которых с информационной моделью территории осуществляется через операционную систему «умного города».

Примером технологии создания и применения интеллектуальных информационных моделей выступает разработанная в СГУГиТ полезная модель информационно-аналитической системы «ГИС ЧС», предназначенной для комплексной информационной поддержки территориальных органов МЧС, исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, иных специальных служб и ведомств при планировании и проведении мероприятий по предотвращению и борьбе с последствиями чрезвычайных ситуаций, связанных с половодьями и паводками [75].

Система «ГИС ЧС» построена на принципах интеллектуальной информационной системы, в архитектуре которой реализована интеграция разнородных информационных ресурсов федеральных и региональных органов государственной власти, органов местного самоуправления и иных заинтересованных учреждений и ведомств, представлены системы мониторинга (материалы ДЗЗ, данные с гидропостов и гидротехнических сооружений), а также системы анализа, моделирования и принятия решений (рисунок 3.16).

В результате система обеспечивает формирование информационной модели городской территории, моделирование зон затопления при различных уровнях воды на гидропостах и (или) сценариях развития гидрологической ситуации, автоматизированное адресное определение объектов жилого фонда, потенциально опасных и иных значимых объектов, жителей, попадающих в зоны затопления с двумерной и (или) трехмерной визуализацией результатов и последующей подготовкой вариантов решений по эвакуации, оперативному информированию населения и органов власти (см. рисунок 3.16).

Моделирование зон затопления выполняется на основе цифровой модели рельефа пойменной части русел рек, батиметрии русел, комплекса гидрологических и гидроморфологических данных, в том числе данных об уровне воды на гидропостах и данных по объемам сброса воды гидроузлами, поступающими в режиме реального времени. При моделировании могут применяться как «встроенные» инструменты системы «ГИСЧС» (например, статическое моделирование в системе Geoscan ГИС Спутник), так и внешние системы моделирования (система динамического моделирования «MikeFlood») (рисунок 3.17).

Адресное определение значимых объектов и жителей, попадающих в зону затопления при фактическом и (или) прогнозном сценарии развития паводковой ситуации, выполняется на основе сопоставления моделей зон затопления и сведений о пространственном положении и адресах объектов. Данный инструмент, в частности, позволяет обеспечить оперативную передачу данных в системы оперативного оповещения об угрозе чрезвычайной ситуации, маршрутах и пунктах эвакуации (рисунок 3.18).

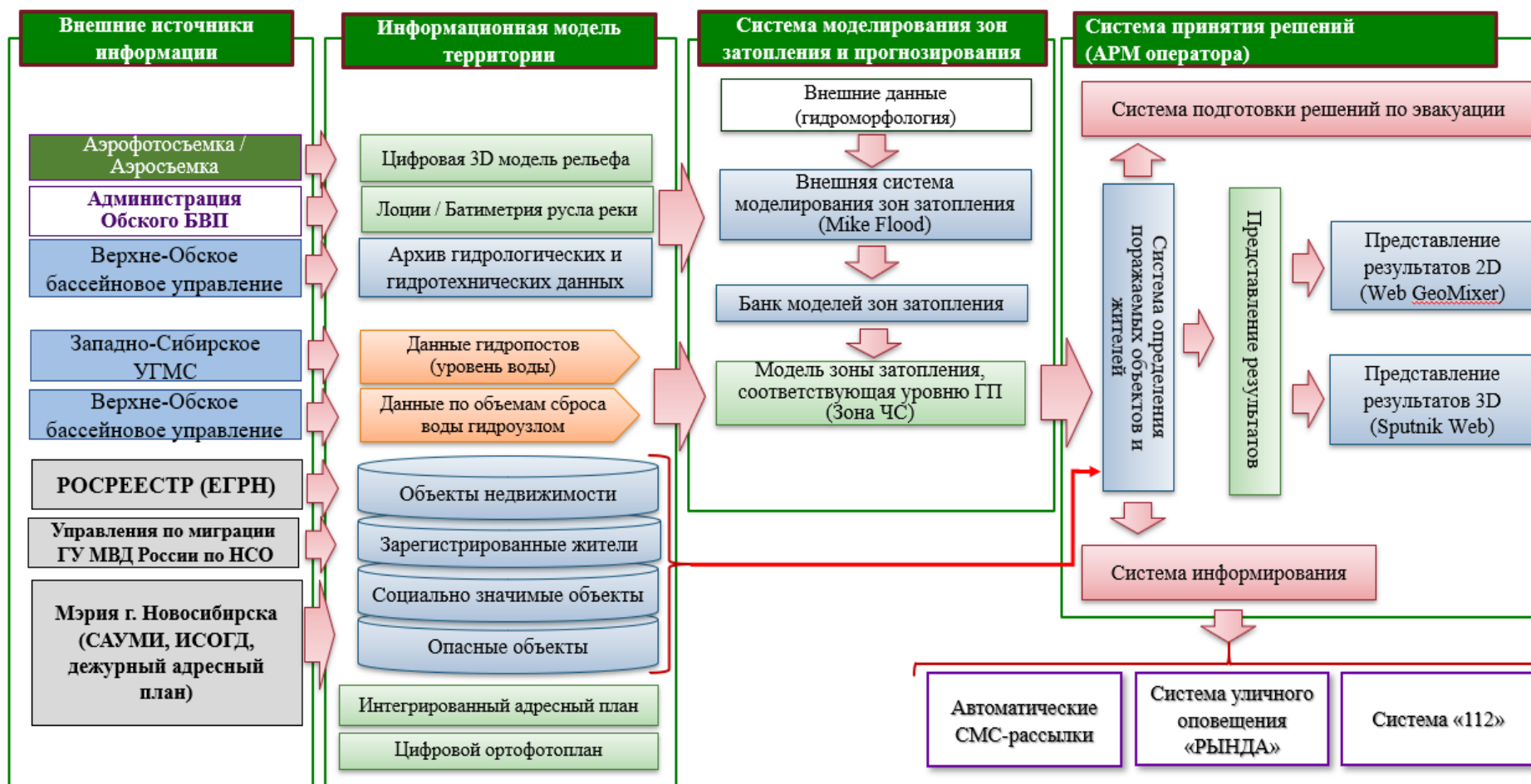
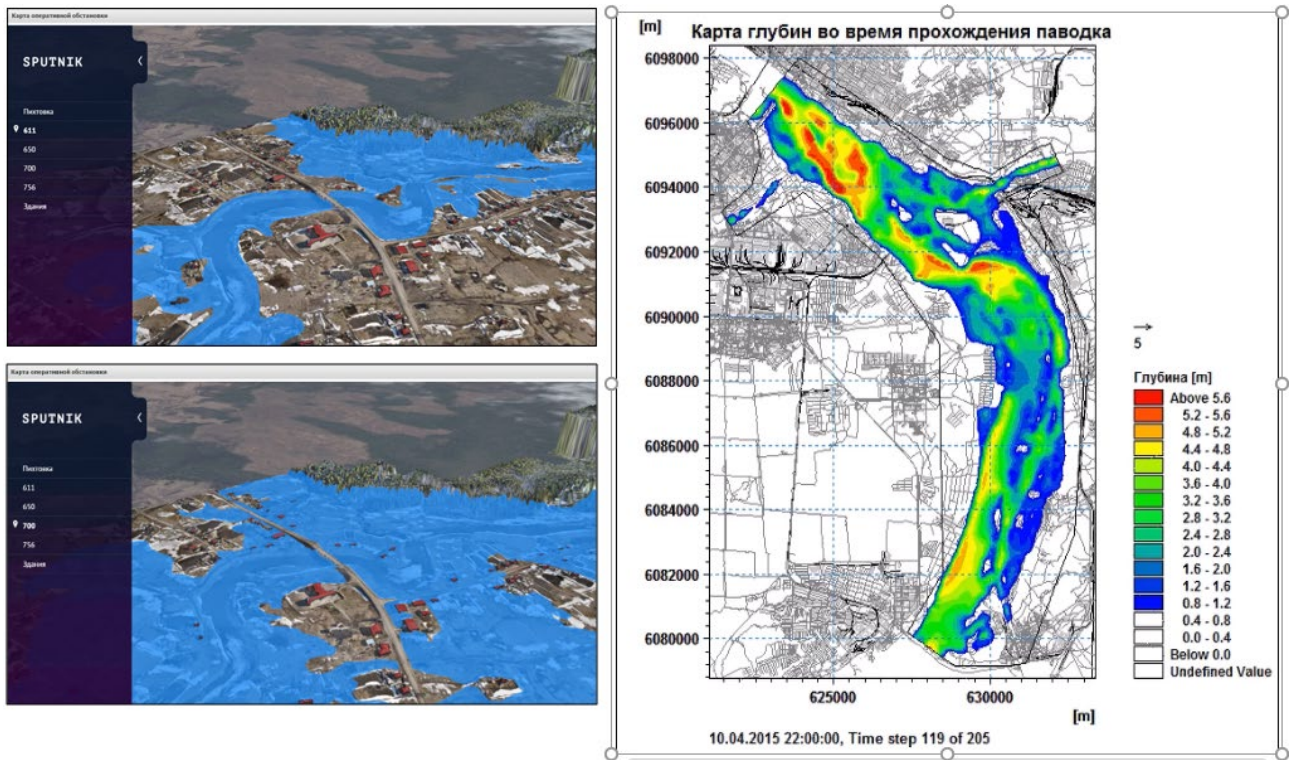


Рисунок 3.16 – Укрупненная архитектура системы «ГИС ЧС.РФ»



a)

б)

Рисунок 3.17 – Трехмерное статичное и двухмерное динамическое отображение зон затопления на примере с. Пихтовка Колыванского района Новосибирской области и части поймы реки Оби в черте г. Новосибирска

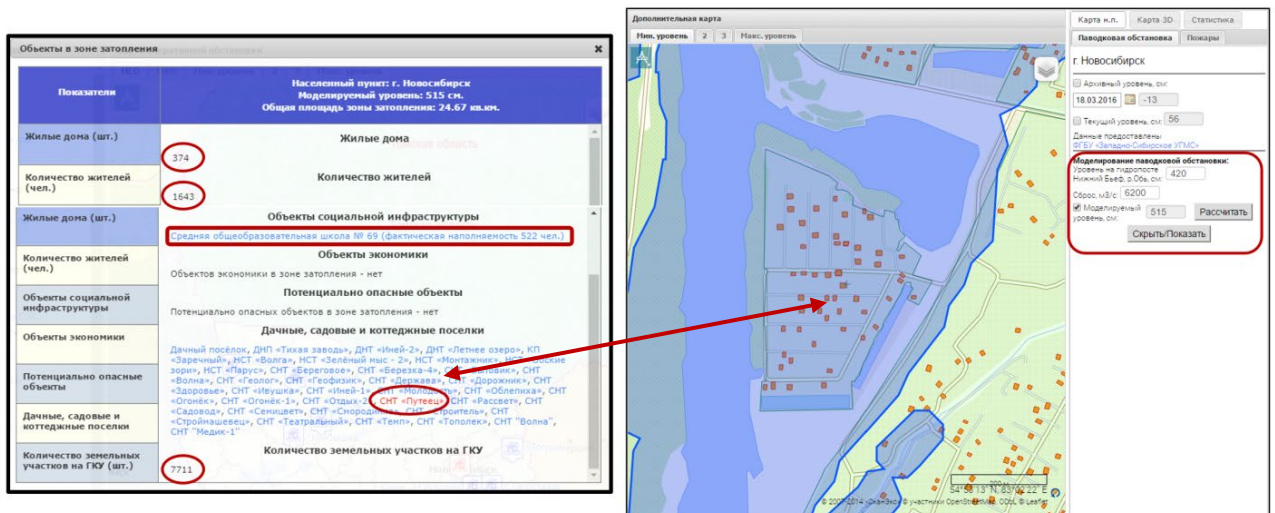


Рисунок 3.18 – Моделирование паводковой обстановки и адресное определение объектов и числа жителей, попадающих в зону затопления

Система «ГИС ЧС» выступает примером реализации земельно-информационных систем специального назначения, соответствующих критериям «интеллектуальности»: интеграция, мониторинг и управление – и может выступать в роли активного компонента информационной среды «умного города», предоставляя данные и программные сервисы для решения различных задач по предотвращению и противодействию чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера.

4 ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

4.1 Общие сведения о проекте

4.1.1 Описание проекта

Опыт практического применения усовершенствованной модели земельно-информационной системы муниципального образования реализован на примере проекта «Жилмассив Восточный» города Новосибирска. Проект «Информационная модель жилмассива "Восточный"» разработан в рамках научно-исследовательской и опытно-экспериментальной деятельности на базе Центра геоинформационных компетенций и BIM-технологий Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

Целью проекта являлась апробация разработанной методики создания информационных моделей городских территорий для решения задач городского управления в соответствии со стандартом «Умный город». В рамках реализации проекта были решены следующие задачи:

1 Выполнена апробация методики создания и актуализации (дежурства) пространственных объектных моделей территории на основе методов фотограмметрии, цифрового трехмерного информационного и концептуального моделирования.

2 Отработана технология создания информационной модели территории посредством интеграции пространственной объектной модели территории с муниципальными, государственными региональными и федеральными, а также с негосударственными информационными системами и ресурсами.

3 Выполнена апробация применения различных программных инструментов анализа и интеллектуального прогнозного моделирования в целях информационной поддержки подготовки и принятия управленческих решений.

4.1.2 Описание территории объекта работ

Объектом моделирования по предложению мэрии г. Новосибирска была выбрана территория жилого массива «Восточный» с прилегающей территорией Плющихинского жилмассива и жилого комплекса «Лазурный» (далее – жилмассив «Восточный»), расположенный на северо-востоке г. Новосибирска. Площадь моделируемой территории составляет 3,1 кв. км, из которых 2 кв. км – это территория, застроенная многоквартирными жилыми домами смешанной этажности (от 7 этажей и выше). Активная застройка жилого массива ведется с 2005 г. и продолжается вплоть до настоящего момента. Всего за 15 лет построено 190 отдельно стоящих жилых домов, в которых проживает более 56 тыс. жителей. Согласно проекту планировки территории микрорайона в Октябрьском районе, к 2030 г. население исследуемой территории приблизится к 86 тыс. человек.

Жители микрорайона, согласно их отзывам, размещенным в сети интернет, сталкиваются с проблемами низкой пропускной способности улично-дорожной сети, недостаточной обеспеченности объектами социального назначения, в том числе детскими дошкольными и школьными образовательными учреждениями, поликлиниками, а также недостаточного озеленения территории и отсутствия зон организованного отдыха. Разработанная информационная модель должна выступать инструментом решения обозначенных градостроительных проблем.

4.1.3 Выбор 3D-пространственной платформы

В качестве платформы для информационной модели использован программный продукт Autodesk InfraWorks 360, позиционируемый разработчиком как специализированное решение для концептуального проектирования, быстрого 3D-моделирования существующей инфраструктуры на основе данных различных САПР и ГИС, растровых материалов, а также данных из открытых источников, оперативной разработки, анализа и визуализации нескольких вариантов проектов инфраструктурных объектов (дорог, мостов, инженерных коммуникаций, площадных объектов, участков застройки и т. д.).

Вместе с тем функционал системы Autodesk InfraWorks 360 включает, в частности, возможность работы со всеми видами пространственных 2D- и 3D-данных, использование внешних баз данных и информационных ресурсов, систему пространственного анализа, наличие облачных сервисов, возможность использования внешних программных продуктов (систем анализа и моделирования), что позволяет рассматривать данный программный продукт как полноценный прототип пространственной платформы для систем «умного города», ограниченный исключительно площадью территории (до 250 кв. км при использовании OSM для построения базовой модели) и вычислительными возможностями аппаратных средств. Данное обстоятельство послужило основанием для выбора данного программного продукта в качестве платформы для реализации проекта.

4.2 Разработка информационной модели жилмассива «Восточный»

4.2.1 Используемые исходные информационные ресурсы и системы

В качестве исходных данных использовались документы, материалы и сведения, представленные в муниципальных, государственных региональных и федеральных, а также негосударственных фондах, информационных ресурсах, системах и реестрах, в том числе представленные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные информационные системы и ресурсы, использованные при формировании информационной модели территории

№ п/п	Держатель информации / наименование информационного ресурса	Состав сведений	Представление данных
1	Муниципальные информационные ресурсы		
1.1	МБУ города Новосибирска «Геофонд»		
1.1.1	Муниципальный фонд пространственных данных («Геофонд»)	Дежурный топографический план масштаба 1 : 500	Растровые таблицы в формате ГИС MapInfo
1.1.2		Дежурный адресный план (контур и адресация объектов строительства)	Векторные таблицы в формате ГИС MapInfo

Продолжение таблицы 4.1

№ п/п	Держатель информации / наименование информационного ресурса	Состав сведений	Представление данных
1.2	Департамент архитектуры и градостроительства мэрии г. Новосибирска		
1.2.1	Муниципальная информационная система обеспечения градостроительной деятельности	Правила землепользования и застройки (территориальные зоны, градостроительные регламенты, зоны с особым режимом использования территорий)	Векторные таблицы в формате ГИС MapInfo
1.2.2		Проекты планировки территории (зоны размещения объектов федерального, регионального и местного значения, границы, красные линии)	
1.2.3		Проекты межевания территории (проектные границы земельных участков, зоны действия сервитутов)	
1.3	Департамент земельных и имущественных отношений мэрии г. Новосибирска		
1.3.1	Муниципальная земельно-информационная система SAUMI	Сведения о земельных отводах (земельных участках в стадии процедуры предоставления)	Векторные таблицы в формате ГИС MapInfo
1.4	МКУ «Центр управления городским автоэлектротранспортом»		
	Интернет-сервис «Транспорт на карте» наземного пассажирского транспорта города Новосибирска	Маршруты и графики движения наземного пассажирского транспорта https://map.nskgortrans.ru/	Файлы в формате «Json»
2	Государственные региональные информационные системы и ресурсы		
2.1	Министерство цифрового развития и связи Новосибирской области		
2.1.1	Региональная геоинформационная система Новосибирской области (РГИС НСО)	Базовые пространственные данные (объекты адресации)	Программный интерфейс API
3	Государственные федеральные информационные системы и ресурсы		
3.1	Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии России (Росреестр)		
3.1.1	АИС «Единый государственный реестр недвижимости»	Кадастровое деление, реестровые сведения о земельных участках, объектах капитального строительства, зоны с особым режимом использования земель	Кадастровые планы территории кадастровых кварталов в формате XML
3.1.2	Публичная кадастровая карта		Программный интерфейс API

Продолжение таблицы 4.1

№ п/п	Держатель информации / наименование информационного ресурса	Состав сведений	Представление данных
3.2	Федеральная налоговая служба России (ФНС)		
3.2.1	Федеральная информационная адресная система	Сведения об адресной системе	Семантические данные в табличной форме
3.2.2	АИС Федеральной налоговой службы «Налог 3»	Сведения об объектах налогообложения по налогам на недвижимое имущество	Семантические данные в табличной форме
4	Негосударственные (коммерческие и некоммерческие) информационные ресурсы		
4.1	Open Street Map (OSM)	Улично-дорожная сеть, древесно-кустарниковая растительность, остановки общественного транспорта и др.	Цифровая картографическая основа материалы
4.2	«Дубль ГИС» (2GIS)	Справочник учреждений и организаций (объекты торговли, общественного питания, автосервисы и др.)	Справочные данные по организациям и предприятиям
5	Перспективные муниципальные, государственные и негосударственные информационные ресурсы		
5.1	Автоматизированная информационная система «Государственный лесной реестр»	Сведения об объектах лесного фонда (лесах и лесных ресурсах, использовании, защите, охране и воспроизводству лесов)	Прямое информационное взаимодействие с информационными ресурсами действующим законодательством не предусмотрено
5.2	Автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр»	Сведения об объектах водного фонда	
5.3	АИС «Единый государственный реестр объектов культурного наследия»	Сведения об объектах культурного наследия, охранных и защитных зонах объектов	
5.4	Базовый государственный информационный ресурс регистрационного учета граждан РФ по месту пребывания и по месту жительства в пределах Российской Федерации МВД России	Сведения о физических лицах – гражданах РФ	
5.5	Сервис «Яндекс-пробки»	Актуальные, статистические и прогнозные данные о загруженности улично-дорожной сети	
			В настоящий момент получение данных сервиса в текстовом или числовом виде через API не допускается

Окончание таблицы 4.1

№ п/п	Держатель информации / наименование информационного ресурса	Состав сведений	Представление данных
5.6	ГИС «Каскад» НЦУКС МЧС России	Сведения о существующих и потенциальных зонах чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	Прямое информационное взаимодействие с информационными ресурсами действующим законодательством не предусмотрено

4.2.2 Выполнение аэрофотосъемки территории

Аэрофотосъемка территории выполнена Центром беспилотных авиасистем СГУГиТ («Центр БАС»). Основная аэрофотосъемка выполнялась беспилотным летательным аппаратом самолетного типа Supercam S350, дополнительная съемка отдельных участков территории и перспективная съемка текстур были выполнены аппаратом мультироторного типа Phantom Professional 4 (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Беспилотный летательный аппарат Supercam S350 (а), аэрофотогеодезическое оборудование на борту Supercam S350 (б), БПЛА Phantom Professional 4 (в)

Метрическая точность полученных материалов аэрофотосъемки обеспечивалась координированием центров аэрофотоснимков с использованием двухчастотного ГНСС (ГЛОНАСС/GPS) приемника JAVAD TRIUMPH геодезического класса,

размещенного на борту БПЛА Supercam S350, с одновременной работой наземной базовой станции ГНСС, а также сетью из 10 пунктов планово-высотного обоснования.

В результате фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки с применением программных продуктов Agisoft Photoscan и Racurs Photomod были получены: цифровая модель рельефа с погрешностью 10–15 см, цифровой ортофотоплан с разрешением 5 см на пиксел и погрешностью в плане 10 см, а также трехмерная тайловая фотореалистичная модель территории (рисунок 4.2).

Параметры аэрофотосъемки:

Время: 1 день (6 мая 2017 г.)

Площадь: 18 кв. км.

Перепад высот: 100 м.

Высота полета: 250 м.

Разрешение: 5 см.

Количество пунктов ПВО: 10

Масштаб ортофотоплана: 1:500

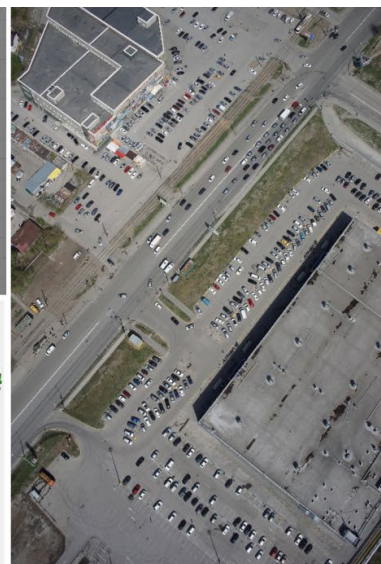
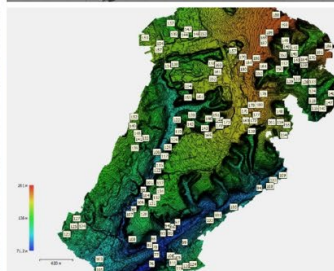


Рисунок 4.2 – Основные параметры и результаты аэрофотосъемки

4.2.3 Построение пространственной объектной модели

Построение пространственной объектной модели происходило в два этапа. На первом этапе выполнялись классификация и идентификация наземных и подземных объектов ситуации, а на втором этапе – их цифровое трехмерное моделирование.

В рамках реализации проекта выполнена классификация следующих объектов ситуации:

- природные объекты (водные объекты, объекты растительности и территории, покрытые древесной и кустарниковой растительностью);
- объекты транспортной инфраструктуры (улицы, дороги, перекрестки, внутриквартальные проезды, остановки общественного транспорта, наземные и подземные автомобильные парковки и др.);
- объекты капитального строительства (здания), с выделением объектов жилого фонда и объектов общественного назначения (школы, детские сады, объекты торговли, объекты здравоохранения и др.), объекты благоустройства (детские и спортивные площадки, малые архитектурные формы);
- наземные и подземные инженерные коммуникации (теплотрассы, водопровод).

Классификация выполнялась на основе сопоставления материалов аэрофото съемки и комплекса исходных документов, материалов и сведений, представленных в составе исходных информационных ресурсов и систем.

Природные объекты реальности (водоемы и объекты растительности) классифицировались на основе сведений дежурного топографического плана и сервиса Open Street Map, моделировались встроенными инструментами платформы Autodesk InfraWorks.

Трехмерное цифровое моделирование классифицированных объектов ситуации осуществлялось с использованием программных инструментов BIM-моделирования и цифрового трехмерного моделирования Bentley Systems (Microstation) и Autodesk (Revit, Maya, Civil 3D). В качестве источника моделей для малых архитектурных форм (детские площадки, зоны отдыха и др.) использовалась библиотека моделей SketchUp. В качестве источника информации о типологии (серии) и прочих параметрах многоквартирных жилых домов были использованы муниципальный дежурный адресный план и веб-сервис «Открытые данные о многоквартирных домах «Правдом» (<https://prawdom.ru/>), осуществляющий сбор данных о жилых домах на основе открытых источников информации: справочники, каталог типовых проектов, адресный реестр, а также данных от застройщиков и управляющих компаний.

В целях оптимизации (уменьшения) общего объема информации в составе информационной модели территории, модели панельных многоквартирных жилых домов, состоящих из типовых секций, представлены их упрощенными BIM-моделями (только архитектурная составляющая), подготовленными в программном продукте Autodesk Revit [87]. Доступ пользователей к полным BIM-моделям зданий, содержащим, в том числе данные о внутридомовых коммуникациях и другую информацию, может быть обеспечен по ссылке с открытием в окне внешней программы. Для построения таких BIM-моделей использовались планы первого и (или) типового этажа многоквартирного жилого дома, размещенные на сайте застройщика (ГК «ДИСКУС») в сети Интернет, данные веб-сервиса «Открытые данные о многоквартирных домах «Правдом» для воссоздания их конфигурации, а также ортофотоплан и трехмерная фотореалистичная тайловая модель – для определения пространственных размеров зданий. Пример исходных данных для построения BIM-модели здания и результат BIM-моделирования представлены на рисунке 4.3.

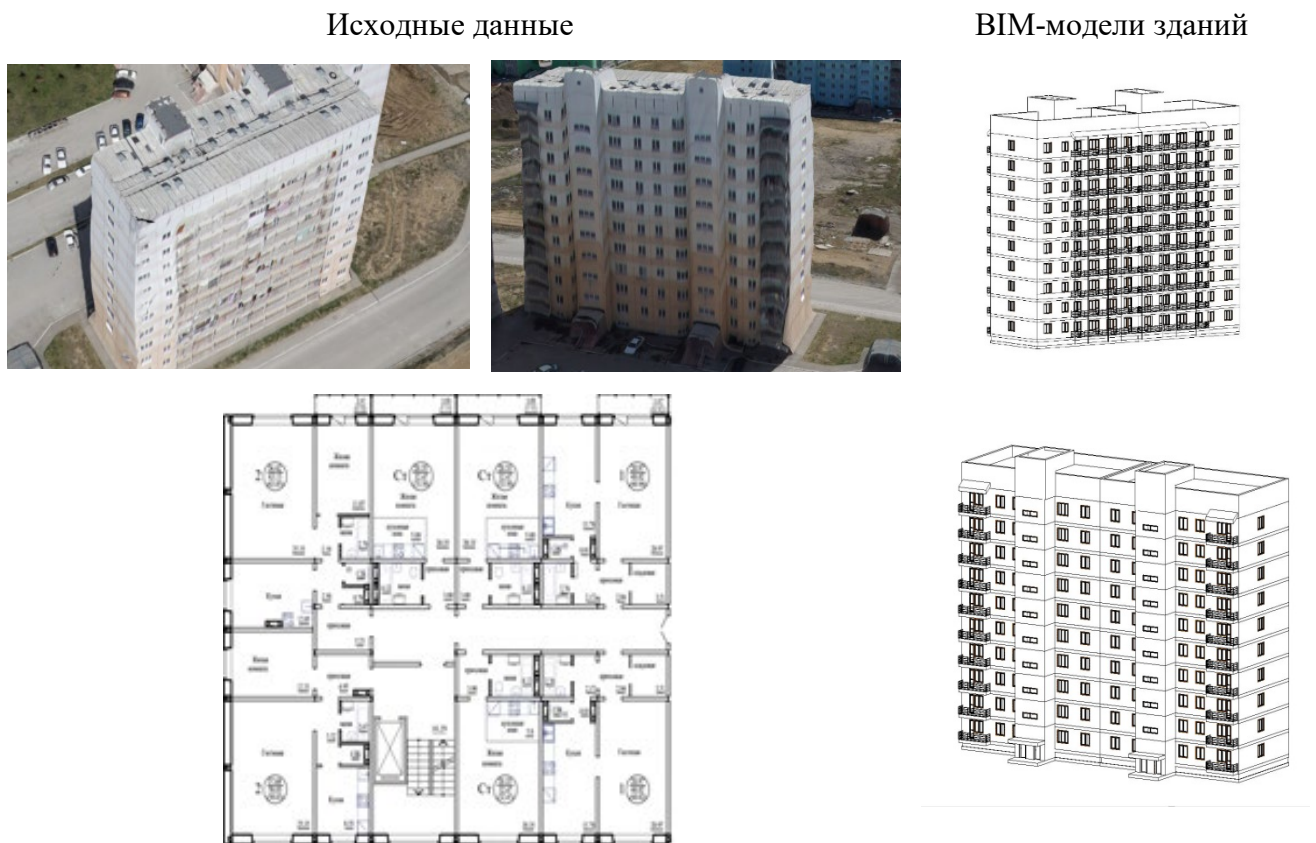


Рисунок 4.3 – Исходные данные и BIM-модели жилых зданий

Всего на территории микрорайона классифицировано 8 типовых секций, из которых смоделировано 19 типовых зданий, и которые, в свою очередь, представили 126 многоквартирных жилых домов. Дополнительно на территории жилмассива «Восточный» классифицированы и смоделированы 3 кирпичных типовых многоквартирных жилых дома (всего 8 домов) и 3 уникальных.

В целях снижения технических требований к аппаратному обеспечению, многоквартирные жилые дома года постройки ранее 2005 г., индивидуальные жилые дома, нежилые строения (гаражи, котельные, распределительные подстанции, склады, трансформаторные подстанции, центральные тепловые пункты), представлены их 2.5D-моделями – трехмерными объектами, сгенерированными 3D-пространственной платформой Autodesk InfraWorks путем выдавливания векторных объектов, спроецированных на цифровую модель рельефа, на заданную высоту. Модели запланированных к строительству зданий представлены их упрощенными концептуальными моделями (в данном случае для отображения развития территории – перспективного строительства детского сада). Примеры 2.5D-моделей представлены на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – 2.5D модели, сгенерированные 3D-пространственной платформой Autodesk InfraWorks 360

Моделирование объектов улично-дорожной сети осуществлялось встроенными инструментами Autodesk InfraWorks 360 на основе данных, полученных в результате аэрофотосъемки, дежурного топографического плана, а также данных из открытых источников, в том числе панорамных фотографий улиц, представленных в сервисах «Google Maps» и «Яндекс.Карты» (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5. – Модель перекрестка

Моделирование наземных и подземных инженерно-коммунальных сетей выполнялось инструментами Autodesk Civil 3D, в первую очередь, на основе материалов аэрофотосъемки в отношении наземных коммуникаций и материалов дежурного топографического плана, содержащего сведения о местоположении и глубине залегания (отметках) подземных инженерных коммуникаций (рисунок 4.6).

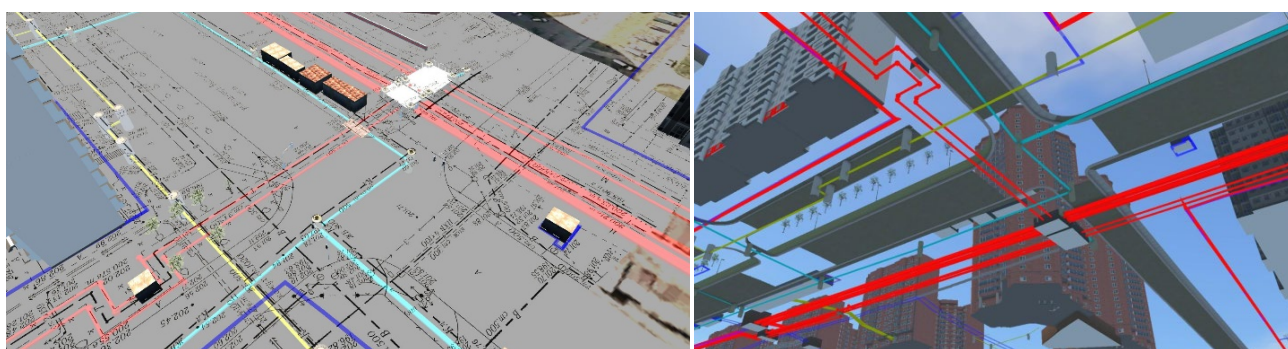
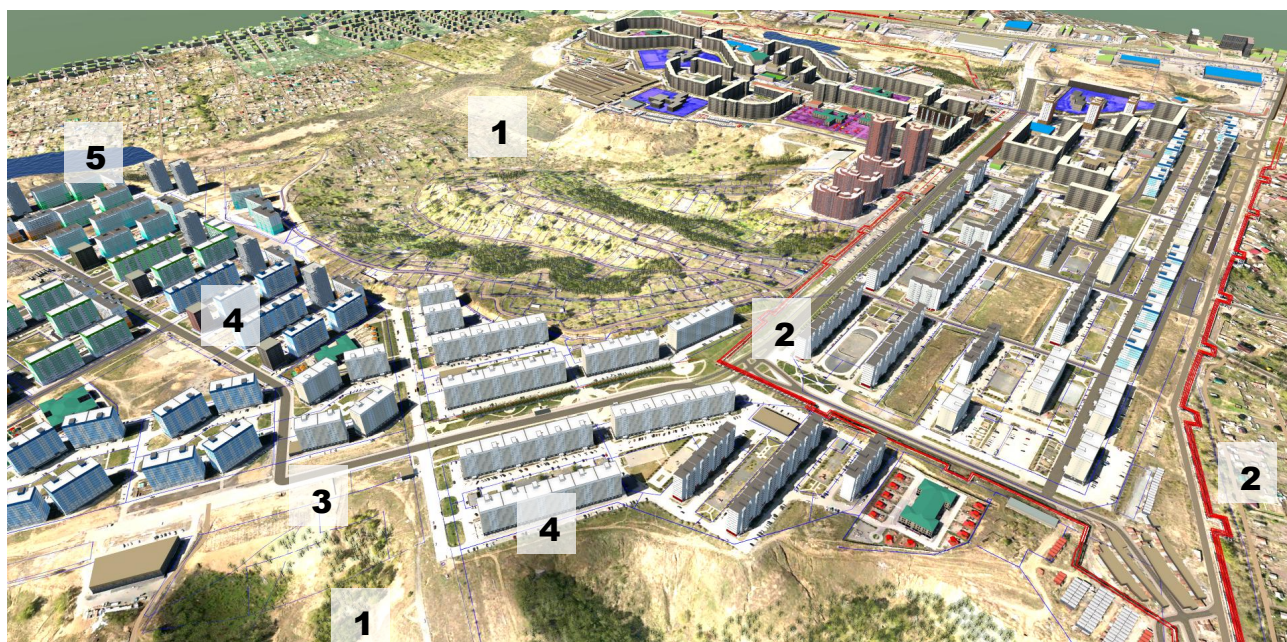


Рисунок 4.6 – Моделирование инженерных коммуникаций

Результаты классификации и моделирования объектов ситуации в составе пространственной объектной модели территории представлены на рисунке 4.7.



1 – ортофотоплан, спроецированный на цифровую модель рельефа; 2 – модели инженерных коммуникаций; 3 – модель объектов улично-дорожной сети; 4 – BIM-модели зданий; 5 – модель водного объекта

Рисунок 4.7 – Пространственная объектная модель территории жилмассива «Восточный»

4.2.4 Построение информационной модели территории

Формирование информационной модели территории осуществлялось посредством интеграции пространственной объектной модели с государственными федеральными, региональными, муниципальными и негосударственными информационными системами и ресурсами (АИС «ЕГРН», ИСОГД и др.), в результате чего пространственная модель дополняется информационными слоями, а объекты пространственной объектной модели интегрируются с данными, получаемыми из внешних источников информации.

Полученная структура информационной модели территории микрорайона представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Структура информационной модели территории жилмассива «Восточный»

№ п/п	Слой	Источник информации	Способ отображения объектов слоя	Состав семантической информации
1	Базовая пространственная основа			
1.1	Цифровая модель рельефа	Аэрофотосъемка Геофонд г. Новосибирска	GeoTiff	–
1.2	Цифровой ортофото-план		Проекция растровых изображений на ЦМР	–
1.3	Дежурный топографический план М 1 : 500		Проекция векторных объектов на ЦМР	–
1.4	Дежурный адресный план (контура объектов адресации)			Адрес объекта адресации
2	Природные объекты			
2.1	Поверхностные водные объекты	Базовая пространственная основа	3D-модель поверхностных водных объектов	Наименование, высота уреза воды (при наличии)
2.2	Территории зеленого фонда (лесопарки, зеленые зоны, озелененные зоны и территории)	Базовая пространственная основа / ИСОГД	3D-модель древесной и кустарниковой растительности	Вид и режим охраны
3	Транспортный каркас			
	Улично-дорожная сеть	Существующие:		
		Базовая пространственная основа	3D-модели дорог, улиц, перекрестков, велосипедных и пешеходных дорожек	Наименование, класс дороги, количество сторон и полос движения, разметка, ширина проезда, материал покрытия, наличие ливневой канализации
		Проектные:		
		ИСОГД	3D-модели проектных дорог, улиц, перекрестков	Наименование (при наличии)
	Технические средства по организации дорожного движения	Yandex панорамы / Google панорамы	3D-модели светофоров и дорожных знаков	Тип
	Внутриквартальные проезды	Базовая пространственная основа	3D-модели проездов	Ширина проезда, материал покрытия

Продолжение таблицы 4.2

№ п/п	Слой	Источник информации	Способ отображения объектов слоя	Состав семантической информации
	Объекты пассажирского транспорта	Базовая пространственная основа / OpenStreetMap	3D-модели остановок	Название остановки / Маршруты общественного транспорта
	Объекты хранения автомобильного транспорта	Аэрофотосъемка / OpenStreetMap / 2ГИС	3D-модели парковок	Количество парковочных мест
4	Инженерно-коммунальная инфраструктура территории			
4.1	Объекты и сети теплоснабжения	Дежурный топографический план	3D-модели объектов и сетей	Тип сети
4.2	Объекты и сети водоснабжения			Материал труб
4.3	Объекты и сети водоотведения			Диаметр труб
4.4	Ливневая канализация			Отметки залегания
4.5	Объекты и линии электропередачи			Тип колодцев
4.6	Охранные и защитные зоны инженерно-коммунальных сетей	ЕГРН / Проекты планировки	Проекция зоны на ЦМР	Отметки колодцев
				Диаметры колодцев
				Тип (мощность)
4.6	Охранные и защитные зоны инженерно-коммунальных сетей	ЕГРН / Проекты планировки	Проекция зоны на ЦМР	Вид зоны / Статус / Документ-основание / Нормативный размер / Зонообразующий объект
5	Объекты строительства			
5.1	Многоквартирные жилые дома	Базовая пространственная основа / OpenStreetMap / 2ГИС / Проекты планировки / Панорамы улиц	ВИМ-модели / 3D-модель / Контейнер	Адрес, Назначение, Сведения ЕГРН, Количество подъездов, Количество квартир, Расчетная численность жителей, организации в здании
5.2	Иные объекты капитального строительства	Базовая пространственная основа / ИСОГД / OpenStreetMap / 2ГИС / Проекты планировки / Панорамы улиц		Адрес, Назначение, Сведения ЕГРН, Характеристика (вид), назначение, материал стен, этажность, организации в здании
5.3	Проектируемые объекты капитального строительства	Документы о выдаче разрешений на строительство / Проектная документация	ВИМ-модели / 3D-модель	Назначение

Продолжение таблицы 4.2

№ п/п	Слой	Источник информации	Способ отображения объектов слоя	Состав семантической информации
5.4	Объекты некапитального строительства	Базовая пространственная основа / OpenStreetMap / 2ГИС / Социальные сети / Панорамы улиц	3D - модель	Тип, организации
5.5	Малые архитектурные формы	Базовая пространственная основа / OpenStreetMap / Панорамы / Социальные сети	3D модели	Тип (назначение)
6	Объекты прав, ограничений и обременений прав			
6.1	Земельные участки (части земельных участков)	ЕГРН	Проекции 2D-векторных моделей на ЦМР	Сведения ЕГРН
6.2	Контур объектов капитального строительства			
6.3	Зоны с особым режимом использования территорий			
7	Градостроительный режим территории			
7.1	Правила землепользования и застройки (территориальные зоны)	ИСОГД	Проекции 2D-векторных моделей на ЦМР	Код зоны, градостроительный регламент
7.2	Зоны размещения объектов капитального строительства федерального, регионального и местного значения			Тип (назначение) объекта
7.3	Элементы планировочной структуры (проектируемые)			—
7.4	Красные линии и линии отступа от красных линий			Реквизиты устанавливающего документа
7.5	Зоны с особым режимом использования территорий	ИСОГД / ЕГРН		Тип зоны, зонообразующий объект, правовой режим

Окончание таблицы 4.2

№ п/п	Слой	Источник информации	Способ отображения объектов слоя	Состав семантической информации
7.6	Публичные и частные сервитуты	ИСОГД / ЕГРН		Тип сервитута, правовой режим, Реквизиты устанавливающего документа
8	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера			
8.1	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера	ИСОГД	Проекция 2D-векторной модели на ЦМР	Тип
8.2	Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера			Тип

Результаты построения информационной модели территории с отображением сведений ЕГРН и территориальных зон в составе правил землепользования и застройки представлены на рисунке 4.8.

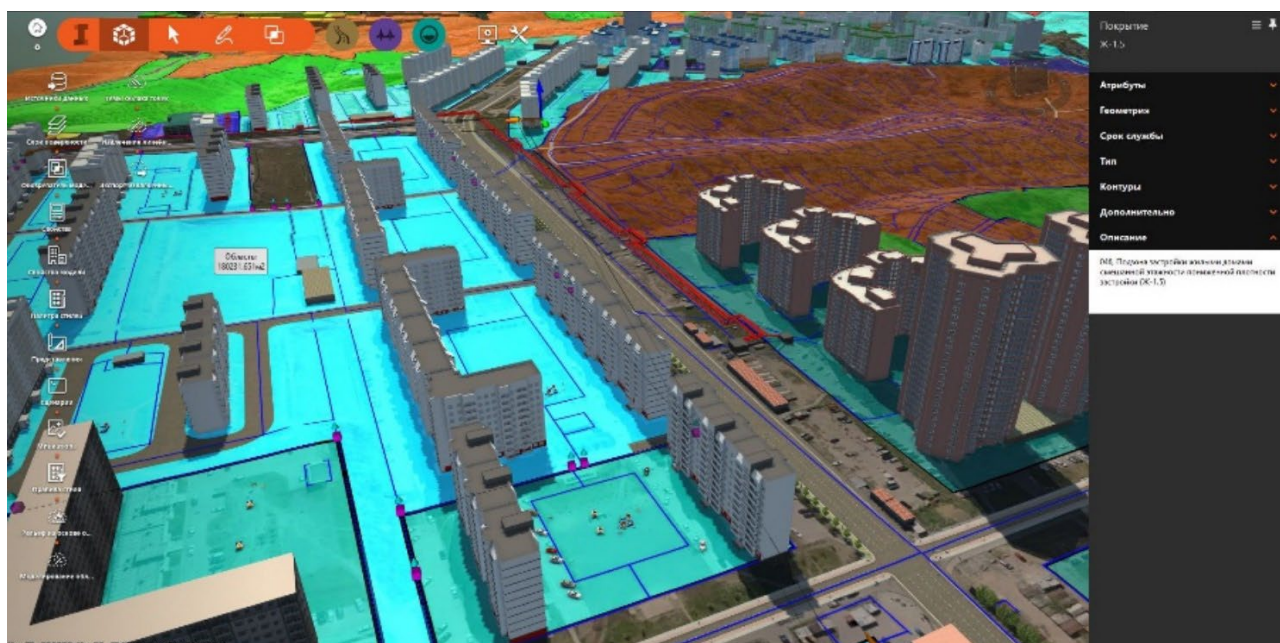


Рисунок 4.8 – Пример отображения информационной модели территории и информации в ее составе

4.2.5 Расчетные и модельные данные в составе информационной модели

Расчетные модельные данные в составе информационной модели территории представлены данными о численности жителей в разрезе многоквартирных жилых домов. Расчет выполнен ввиду отсутствия иных достоверных доступных источников сведений о количестве зарегистрированных и (или) фактически проживающих граждан на данной территории.

В качестве исходных данных использованы сведения о количестве квартир в каждом многоквартирном жилом доме или секции (по данным сервиса 2ГИС) и статистические данные о размере частных домохозяйств согласно сведениям переписи населения по состоянию на 2010 г. [32] по формуле

$$S = S_{\text{чд}_x} \cdot N_{\text{чд}_x},$$

где S – численность жителей в многоквартирном доме, чел.;

$S_{\text{чд}_x}$ – размер частного домохозяйства по статистическим данным переписи населения (2,5 чел.);

$N_{\text{чд}_x}$ – число квартир в многоквартирном жилом доме.

Полученные сведения, внесенные в состав информационной модели территории, могут быть использованы для получения производных статистических данных, в том числе для определения общего количества личных автотранспортных средств (на основе статистических показателей о количестве автомобилей на 1 000 жителей в городе), необходимого количества мест в дошкольных и школьных образовательных учреждениях (согласно установленным нормам), необходимого количества участковых врачей и койко-мест в учреждениях здравоохранения и т. д.

4.3 Исследование вопросов применения информационных моделей городов для управления земельно-имущественным комплексом города

4.3.1 Общее информационное обеспечение

В первом разделе данного исследования были обозначены проблемы применяемых сегодня подходов к информационному обеспечению органов городского управления, когда создаются и используются слабо интегрированные между собой, а также с внешними ресурсами ведомственные информационные системы, для которых характерны нацеленность на решение узкоспециализированных ведомственных задач, дублирование информации и отсутствие необходимых данных, слабые инструменты анализа, прогнозирования и моделирования, что не позволяет учитывать взаимосвязь компонентов городской среды и реализовывать системный подход в городском управлении.

Информационные модели территории, интегрирующие на основе единого геоинформационного пространства всевозможные государственные, муниципальные и негосударственные информационные ресурсы, системы мониторинга и наблюдения, способны предоставлять полный комплекс данных обо всех интересующих органы управления аспектах пространственного, экологического, социального, инфраструктурного, экономического, информационного и ментального состояния городской среды и происходящих внутри нее процессах, дополненный современными инструментами сбора, обработки, представления и анализа данных.

В рамках данного исследования выполнен анализ применения компонентов информационной модели территории для решения задач муниципальных органов власти в области городского управления, которые были разделены на шесть групп: «Управление муниципальным бюджетом», «Управление земельно-имущественным комплексом», «Управление развитием территории (градостроительство)», «Управление городской инфраструктурой и ЖКХ», «Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры», «Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории». Результаты анализа, представленные в таблице 4.3,

показали, что для каждой обозначенной группы задач, каждый компонент в составе информационной модели выполняет одну или одновременно несколько ролей, в том числе:

- источника информации об области управления и (или) об отдельных элементах (компонентах) в ее составе, как, например, сведения о земельных участках и иных объектах недвижимого имущества для решения задач управления земельно-имущественным комплексом муниципального образования;

- источника информации о факторах, влияющих на состояние и развитие области управления, а также процессов внутри нее, например, модель улично-дорожной (транспортной) инфраструктуры для управления развитием территории;

- инструмента управления, как, например, устанавливаемые зоны с особым режимом использования территорий (охранные и защитные зоны) выступают инструментом обеспечения экологической и техносферной безопасности территории;

- целевого показателя результатов управления, как, например, численность зарегистрированных и действующих организаций и предприятий является показателем качества управления в области развития социальной сферы, экономики и культуры.

Таким образом, информационные модели территории устраняют обозначенные проблемы информационного обеспечения, формируя целостный образ города и обеспечивая возможность учета системной природы города при управлении. Рассмотрим это на примере решения задач в области управления земельно-имущественным комплексом.

Таблица 4.3 – Анализ применения компонентов информационной модели территории в городском управлении

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления						
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории	
1	Элементы визуализации городской среды							
1.1	Цифровая 3D модель рельефа	Инструмент управления (контроль и управление расходами и реализацией инвестиционных и инфраструктурных проектов)	Информационная основа об объекте управления (базовая геопространственная основа)					
1.2	Цифровой ортофотоплан							
1.3	Дежурный топографический план							
1.4	Дежурный адресный план							
1.5	3D-фотореалистичная модель городской территории							
1.6	3D-облака точек							
2	Информационные модели объектов реальности							
2.1	Информационные модели природных объектов (водные объекты и объекты растительности)	Фактор управления (управление источниками доходов и (или) статьями расходов)	Информационная основа об объекте управления (являются объектами недвижимого имущества в распоряжении)	Фактор управления (формируют природный каркас территории)	Фактор управления (выступают источниками ограничений при проектировании)	Фактор управления (являются объектами рекреационного назначения / выступают площадками для)	Информация об объекте управления (являются охраняемыми природными объектами)	

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
		муниципального бюджета)	органов местного самоуправления)		и строительстве объектов)	создания и развития бизнесов)	
2.2	Информационные модели объектов улично-дорожной сети (транспортной инфраструктуры)	Фактор управления (возможность оптимизации и контроля за расходами из муниципального бюджета на под-	Информация об объекте управления (являются имущественным комплексом в муниципальной собственности)	Фактор управления / Инструмент управления / Целевой показатель результатов управления	Информационная основа об объекте управления	Инструмент управления (решение задач по обеспечению транспортной доступности объектов)	Информация об объекте управления (выступают объектами (территориями) повышенной потенциальной опасности)
2.3	Информационные модели наземных и подземных инженерно-коммунальных сетей	держание, ремонт, реконструкцию и развитие)				Инструмент управления (решение задач по подключению объектов к инженерно-коммунальным сетям)	Информация об объекте управления (являются потенциально опасными и охраняемыми объектами)

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
2.4	Информационные модели объектов благоустройства (МАФы, растительные компоненты и др.)	Фактор управления (контроль и управление расходами на создание, реконструкцию, содержание, а также доходами от налогообложения или распоряжения (продажи, передачи в аренду / концессию и др.))	Актуальная информационная основа об объекте управления (являются имуществом муниципального образования)	Актуальная информационная основа об объекте управления	Актуальная информационная основа об объекте управления (информационное обеспечение строительства, ремонта и реконструкции объектов инфраструктуры / Точки подключения объектов инфраструктуры/ Определение нагрузки на объекты инфраструктуры)	Фактор управления (места концентрации людей (потребителей услуг и товаров))	Фактор управления (места концентрации / эвакуации людей)
2.5	Информационные модели зданий и сооружений	Фактор управления (контроль и управление расходами на создание, реконструкцию, содержание, а также доходами от налогообложения или распоряжения (продажи, передачи в аренду / концессию и др.))	Актуальная информационная основа об объекте управления	Фактор управления (пространственная основа для размещения объектов федерального, регионального и местного значения)	Актуальная информационная основа об объекте управления (информационное обеспечение строительства, ремонта и реконструкции объектов инфраструктуры / Точки подключения объектов инфраструктуры/ Определение нагрузки на объекты инфраструктуры)	Фактор управления (места концентрации людей (потребителей услуг и товаров))	Фактор управления (места концентрации / эвакуации людей)
2.6	Информационные модели помещений			Фактор управления (Пространственная основа для размещения организаций и предприятий)			

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
3	Информационные слои						
3.1	Административные границы (субъектов РФ, муниципальных образований)	Разграничение полномочий (зон ответственности) между органами местного самоуправления, устранение ошибок и разрешение споров о местоположении границ муниципальных образований [11, 39]					
3.2	Границы населенных пунктов	Отграничение земель населенных пунктов от земель иных категорий (разграничение правового режима территории)					
3.3	Объекты прав на землю (земельные участки и части земельных участков)	Фактор управления (сведения о налогооблагаемой базе по земельному налогу (планирование доходов от налогообложения и передачи в аренду))	Актуальная информационная основа об объекте управления	Фактор управления (пространственный базис для развития территории)	Фактор управления (пространственный базис для размещения объектов инфраструктуры)	Фактор управления (пространственный базис для размещения организаций и предприятий) / Целевой показатель результатов управления (повышение стоимости (капитализации) земельных ресурсов)	Актуальная информационная основа об объекте управления

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					Обеспечение экологической и техно-сферной безопасности территории
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	
3.4	«Объекты ограничений и обременений прав»	Фактор управления (снижают стоимость объектов недвижимости (налогооблагаемой базы))	Актуальная информация об объекте управления (определяют правовой режим земель)	Фактор управления (ограничения режима использования земель и объектов недвижимого имущества)		Механизм обеспечения безопасной эксплуатации, охраны и защиты объектов	
				Инструмент управления (обеспечение охраны и защиты инфраструктурных и иных значимых объектов)			
3.5	Особые зоны и территории (экономические, природные, туристические и др.)	Фактор управления (образуют особый административный, правовой, экономический и (или) налоговый режим территории)				Могут быть связаны с объектами охраны и (или) потенциальной опасности	
3.6	Функциональные зоны	Фактор управления (функциональное назначение территорий – разграничение земель различных категорий)					

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
3.7	Объекты федерального, регионального и местного значения (объекты и (или) зоны размещения объектов)	Фактор управления (контроль и управление расходами на создание, реконструкцию и эксплуатацию)	Информация об объекте управления (являются объектами недвижимого имущества)	Информация об объекте управления (выступают объектами планирования) / Целевой показатель результатов управления (развития территории)	Фактор управления (подлежат подключению к объектам инфраструктуры)	Информация об объекте управления (являются объектами социального, экономического, культурного назначения)	Являются объектами охраны и (или) потенциальной опасности
3.8	Территориальные зоны + Градостроительные регламенты	Инструмент управления (повышение / понижение стоимости объектов недвижимости)	Инструмент управления (определение режима использования земель и объектов строительства)	Инструмент управления (управление использованием и развитием территорий)	Фактор управления (сведения о градостроительном режиме территории для размещения, реконструкции, модернизации и эксплуатации существующих, а также строительства новых объектов соответствующего назначения)	Инструмент управления рисками	
3.9	Красные линии	Фактор управления (Разграничение территорий общего пользования и границ частных земельных участков / Выделение элементов планировки территории)					

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
3.10	Охранные и защитные зоны	Фактор управления (фактор снижения стоимости объектов недвижимости)	Фактор управления (Информация об ограничениях на использование земель и недвижимого имущества)				Инструмент управления (установление режима использования территории)
3.11	Зоны рисков чрезвычайных ситуаций						
3.12	Зоны публичных и частных сервитутов	Фактор управления (контроль и уменьшение расходов на выкуп объектов недвижимого имущества)	Инструмент управления (обеспечение строительства объектов инфраструктуры без выкупа земельных участков)	Инструмент управления (потенциально – основной способ формирования прав на землю для размещения объектов инфраструктуры)			Инструмент управления (правовой механизм размещения и обеспечения эксплуатации объектов)
4	Динамические, аналитические, имитационные и модельные данные						
4.1	Жители (население)	Фактор управления (сведения о плательщиках налогов и иных платежей в бюджет	Ключевой фактор управления (определение спроса) / Целевой показатель результатов системы управления (показатели обеспеченности и удовлетворенность населения и субъектов предпринимательства)				Выступают субъектами рисков

Продолжение таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техносферной безопасности территории
		/ получателях бюджетных средств)					
4.2	Организации, предприятия и субъекты предпринимательства						Являются объектами охраны и (или) потенциальной опасности
4.3	События в социальных сетях	Фактор управления (экономия расходов бюджетных средств на общественные опросы и исследования)	Фактор управления / Целевой показатель результатов управления (Оценка привлекательности территорий и объектов для жителей)				Информация об объекте управления (оперативное получение информации о происшествиях)

Окончание таблицы 4.3

№ п/п	Структура информационной модели территории	Группы функций (полномочий) органов местного самоуправления					
		Управление муниципальным бюджетом	Управление земельно-имущественным комплексом	Управление развитием территории (градостроительство)	Управление инфраструктурой и ЖКХ	Управление развитием социальной сферы, экономики и культуры	Обеспечение экологической и техно-сферной безопасности территории
4.4	Общественный транспорт (муниципальный и частный)	Фактор управления (контроль расходов на содержание и развитие общественного транспорта)	Информация об объекте управления (муниципальный общественный транспорт является частью имущественного комплекса муниципального образования)	Фактор управления / Целевой показатель качества управления (обеспеченность населения, территорий и объектов общественным транспортом)			Информация об объекте управления (объект охраны и фактор потенциальной опасности)
4.5	Маршруты маятниковой миграции жителей (населения)		Фактор управления (информация о концентрации потребителей товаров и услуг, нагрузка на объекты инфраструктуры)				

4.3.2 Подбор, проектирование и образование земельных участков

Первичное образование земельных участков из земель государственной неразграниченной собственности в целях их последующего предоставления отнесено согласно положениям Земельного кодекса РФ, к исключительным функциям органов местного самоуправления. Разработку документов по образованию земельных участков – «схем расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории» могут выполнять любые лица, в том числе сотрудники различных органов власти, кадастровые инженеры, организации или физические лица, но полномочия по утверждению таких схем являются прерогативой органов местного самоуправления.

Требования к подготовке схем расположения земельных участков утверждены Приказом Минэкономразвития России от 27.11.2014 № 762 [69]. Данные требования определяют, что схемы разрабатываются с учетом градостроительной и землеустроительной документации, положений об особо охраняемых природных территориях и о зонах с особыми условиями использования территории, красных линий, границ земельных участков и местоположений зданий, сооружений. На практике же при разработке схем расположения земельных участков ограничиваются сведениями ЕГРН о местоположении границ земельных участков, контуров объектов капитального строительства, охранных и защитных зон, а также территориальных зон в составе правил землепользования и застройки [77].

Применение информационных моделей территории обеспечивает возможность более комплексного и всестороннего подхода к вопросу проектирования земельных участков, в том числе с учетом рельефа местности и иных физико-географических условий территорий, наличия и возможности подключения объектов транспортной и инженерно-коммунальной инфраструктур, наличия территорий рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, с учетом анализа показателей обеспеченности населения объектами рекреационного назначения, наличия социального спроса на определенные виды деятель-

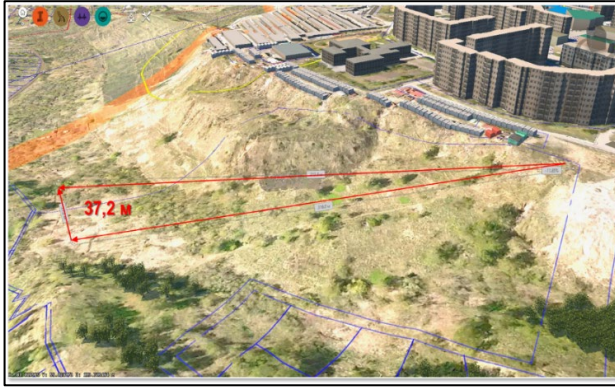
ности (сервисы) и предложений со стороны действующих организаций и предприятий.

Так, при построении и исследовании информационной модели жилмассива «Восточный» были выявлены ряд сформированных и поставленных на кадастровый учет земельных участков, чье пространственное местоположение в силу рельефа местности или наличия иных объектов капитального строительства делает их непригодными для эксплуатации в соответствии с установленным для них разрешенным видом использования (рисунок 4.9).

Очевидно, что применение информационной модели территории при проектировании и образовании земельных участков, обязательными компонентами которой выступают цифровая модель рельефа и информационные модели зданий, позволяет исключить появление обозначенных ошибок.

Технологии определения наилучших видов использования объектов недвижимого имущества на основе данных, присутствующих в составе информационной модели территории, предлагаются компанией Geointellect (г. Москва) через программное обеспечение «Geointellect.Платформа» [76]. Технология компании позволяет, используя инструменты геопространственного анализа и моделирования, в том числе построение зон обслуживания (рисунок 4.10, *а*), определение количества проживающего населения (рисунок 4.10, *б*), расчет доходов населения, плотности транзитных пешеходных и транспортных потоков (количество пешеходов/автомобилей в час), величина среднего чека, наличие конкурентов и других данных), выполнять прогнозный расчет ежедневного товарооборота для тех или иных видов деятельности (рисунок 4.10, *в*), что позволяет выбирать наилучший с коммерческой точки зрения вид использования для заданного объекта недвижимого имущества либо наилучшую локацию для заданного вида бизнеса.

Важно отметить, что представленная технология компании Geointellect нашла свое применение при анализе размещения не только коммерческих объектов, но и объектов социального назначения, в частности объектов здравоохранения.



а)

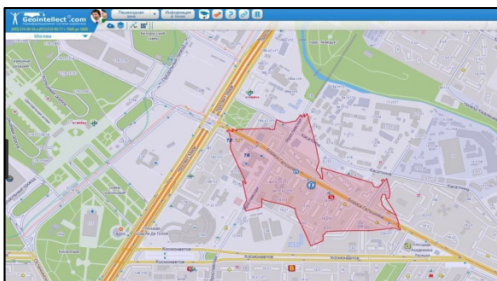


б)

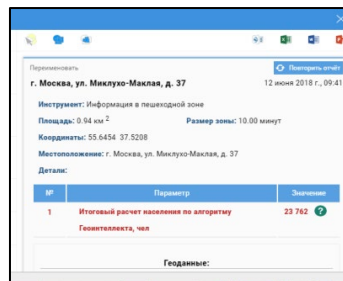


в)

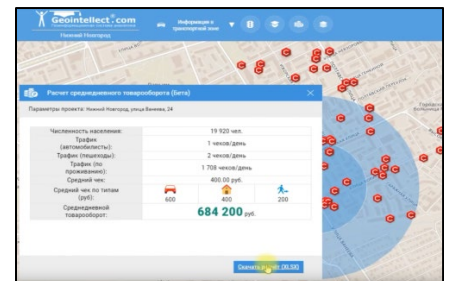
Рисунок 4.9 – Земельные участки, образованные с нарушением функциональных требований: а, б) ввиду непригодности рельефа; в) ввиду наличия объекта капитального строительства – гипермаркета «Лента»



а)



б)



в)

Рисунок 4.10 – Параметры подбора наилучшего вида использования недвижимого имущества с применением аналитических инструментов компании GeoIntellect

Размещение зеркальных копий информационной модели территории в сети интернет и (или) обеспечение разграниченного (возможно, и оплачиваемого) доступа к нему для представителей различных профессиональных сообществ, в том числе землеустроителей, кадастровых инженеров, специалистов на рынке недвижимости и градостроителей, позволяет органу городского управления реализовать систему краудсорсинга в рамках подготовки схем расположения земельных участков, снизив соответствующую нагрузку с сотрудников органов власти без какой-либо потери в качестве.

Примером реализации такого подхода выступает сервис «Онлайн-кадастр.рф», который обеспечивает возможность заказа схем расположения земельных участков на кадастровом плане территории. Граждане или юридические лица, заинтересованные в ускоренном получении документов, необходимых для приобретения прав на землю, имеют возможность удаленно заказать и получить услугу на всей территории Российской Федерации (рисунок 4.11).

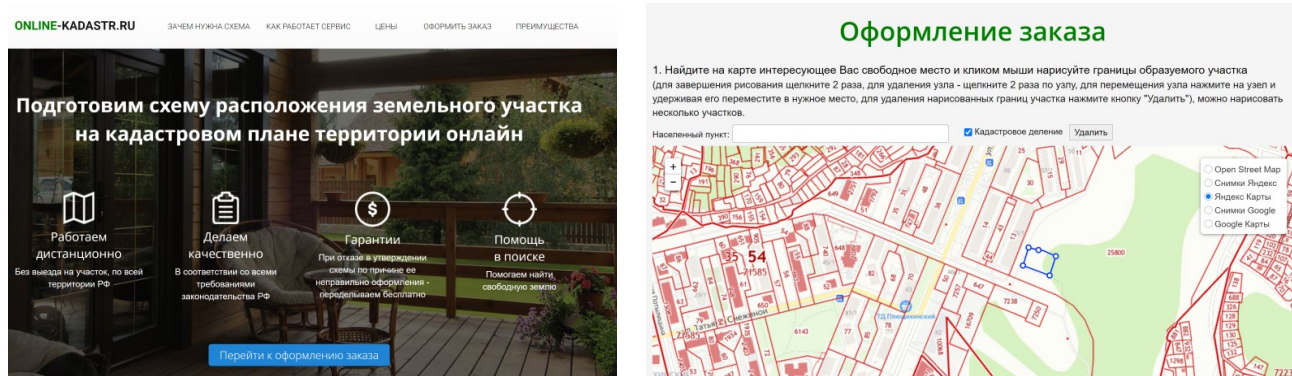


Рисунок 4.11 – Сервис онлайн-заказа и изготовления схем расположения земельных участков «online-kadastr.ru»

В данном случае специалисты-исполнители самостоятельно собирают необходимые сведения ЕГРН и ПЗЗ, используя открытые информационные ресурсы (сайты органов местного самоуправления и т. д.) [4]. Размещение готовой информации позволяет исключить необходимость сбора данных, а значит, повысить оперативность и качество услуг.

4.3.3 Применение информационной модели для муниципального контроля за состоянием и использованием земель

Эффективное управление земельно-имущественным комплексом города требует наличия действенной системы контроля за состоянием и использованием городских земель. Информационной основой такой системы контроля выступают мероприятия по инвентаризации земель, обеспечивающие сбор и подготовку сведений о фактическом режиме использования земель (земельных участков).

Информационная модель территории позволяет перестроить действующие подходы к организации и проведению инвентаризации в виде спорадических мероприятий, реализуемых в рамках отдельных проектов и (или) контрактов, в систематическое наблюдение и постоянный контроль за состоянием и использованием земель. Опыт СГУГиТ, полученный в рамках муниципального контракта на выполнение работ по инвентаризации земель, заключенного с Департаментом земельных и имущественных отношений мэрии г. Новосибирска, где применяются аналогичные подходы к формированию информационной модели территории, показал высокую эффективность данной технологии для выявления фактов нарушения земельного законодательства, в том числе в части самовольного захвата земель (земельных участков) государственной и (или) муниципальной собственности (использование без оформления правоустанавливающих документов), нецелевого использования земельных участков (использования земельных участков не по целевому назначению и (или) не в соответствии с разрешенным использованием), выявление неиспользуемых земельных участков, а также земель (земельных участков), не находящихся в государственной, муниципальной или в частной собственности, которые могут быть дополнительно вовлечены в оборот (свободных земель и земельных участков), в том числе возможность автоматизации мероприятий по контролю.

Так, наличие актуальных материалов ДЗЗ (ортофотопланов) и сведений ЕГРН в составе информационной модели территории позволяет эффективно выяв-

лять факты нарушений земельного законодательства в виде самовольного захвата земель (рисунок 4.12, *а*), самовольного строительства на землях государственной собственности (рисунок 4.12, *б*) и нецелевого использования земельных участков (рисунок 4.12, *в*).

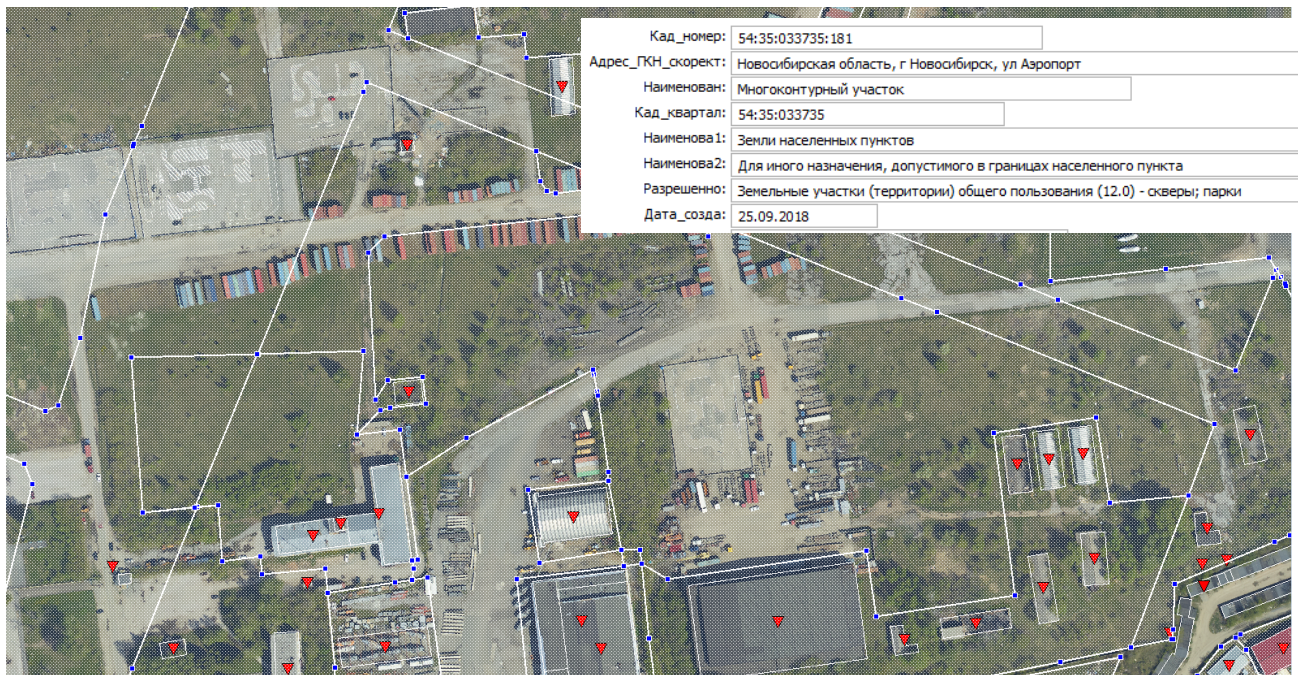
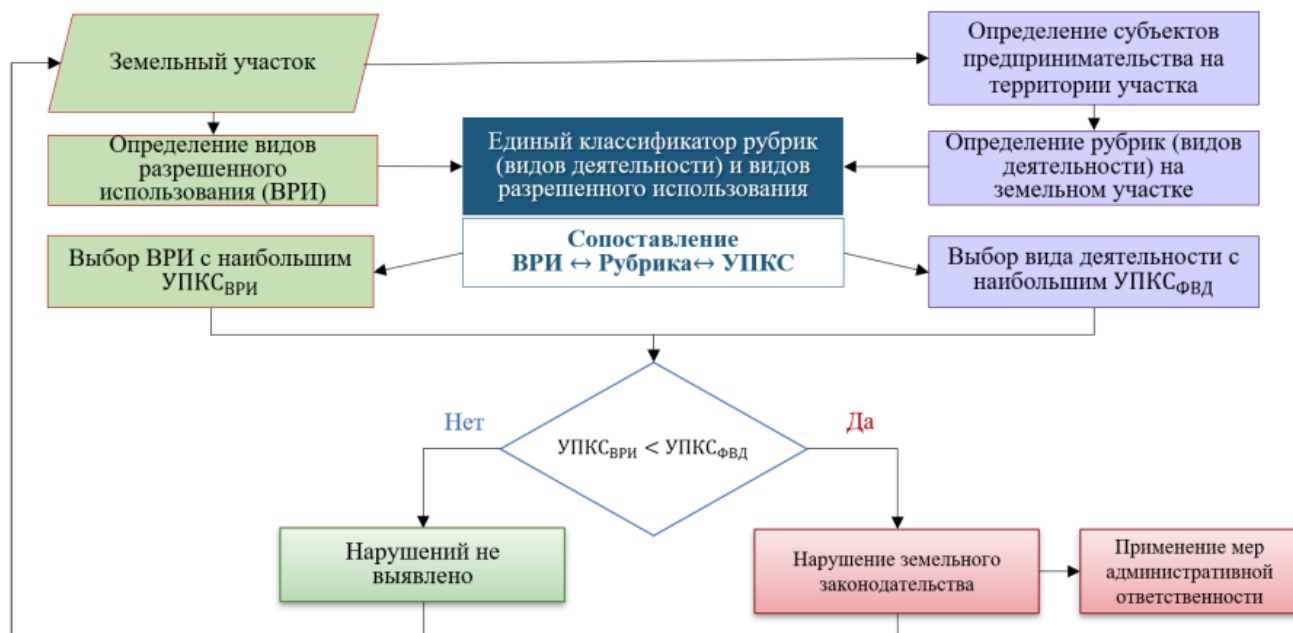
*а)**б)**в)*

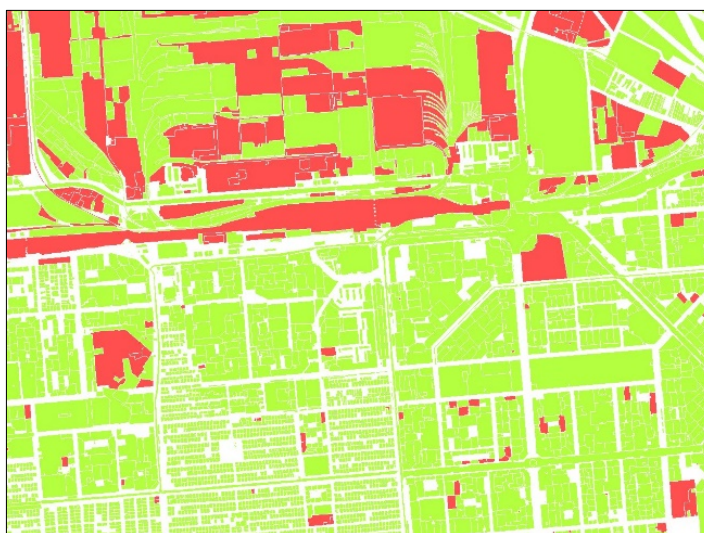
Рисунок 4.12 – Результаты выявления нарушений земельного законодательства

Помимо этого, применение технологии верификация дежурного адресного плана и интеграция информационной модели территории с негосударственными справочно-навигационными информационными системами (Яндекс, 2ГИС и др.) позволяет использовать автоматизированный алгоритм мониторинга и выявления

фактов нецелевого использования земельных участков, логическая схема и результаты реализации которого представлены на рисунке 4.13.



а)



б)

Рисунок 4.13 – Алгоритм (а) и пример результатов (б) автоматизированного выявления нецелевого использования земельных участков

Представленный алгоритм позволяет, в частности, выявлять только те случаи, когда кадастровая стоимость земельных участков, согласно их фактическому

виду использования (например, «гостиница»), существенно превышает кадастровую стоимость, согласно их разрешенному виду использования (например, «индивидуальное жилищное строительство»), что, помимо формального нарушения земельного законодательства, приводит также к недополучению налоговых и арендных платежей в муниципальный бюджет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований достигнута основная цель работы – разработана усовершенствованная модель земельно-информационной системы муниципального образования, являющаяся компонентом среды «умного города» и соответствующая критериям интеллектуальных информационных систем.

Основные научные и практические результаты диссертационного исследования, заключаются в следующем.

1 Выполнен анализ современного состояния информационного обеспечения деятельности органов местного самоуправления в области управления муниципальным имуществом, на основании которого определены основные направления и тенденции развития геоинформационных систем в формате внедрения стандарта «Умный город».

2 Разработана система принципов функционирования земельно-информационной системы в соответствии с критериями интеллектуальной информационной системы, на основе которой сделан вывод, что ключевой задачей земельно-информационной системы в среде «умного города» является повышение эффективности принимаемых управленческих решений за счет информационного взаимодействия с внешними информационными системами любого уровня и любой принадлежности.

3 Разработана информационная модель территории, структура ее данных, система их актуализации и схема ее интеграции с внешними государственными, муниципальными и негосударственными информационными ресурсами, а также с системами мониторинга посредством взаимодействия 3D-платформы с программной платформой и телекоммуникационной средой «умного города». Предложенная информационная модель обеспечивает связь между объектами модели и семантическими данными из внешних источников и ее наполнение векторными слоями: земельные участки, охранные и защитные зоны, зоны сервитутов, территориальные зоны, административные границы и т. д.

4 Выполнена апробация разработанных методик и технологических решений на примере жилмассива «Восточный» г. Новосибирска. На основе результатов аэрофотосъемки с применением БПЛА создана информационная метрическая модель жилмассива «Восточный», которая включает в себя: 3D-модель рельефа; ортофотоплан; BIM-модели зданий; улично-дорожную сеть; кадастр (ЕГРН); санитарно-защитные зоны; охранные зоны; зонирование (ПЗЗ); коммуникации; элементы благоустройства и озеленения.

5 Разработанная информационная модель позволяет оперативно получать необходимую информацию об объектах инфраструктуры территории, вести мониторинг путем встраивания BIM-моделей объектов капитального строительства на основе проектной документации, выполнять трехмерный пространственный анализ и оперативное управление развитием инфраструктуры территории на основе геоаналитики.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке новых и модернизации действующих земельно-информационных систем муниципальных образований и территорий, где происходит внедрение стандарта «Умный город». Внедрение результатов исследований позволит значительно сократить расходы финансовых средств, повысить оперативность и эффективность принятия решений по управлению земельно-имущественным комплексом территорий.

Перспективы дальнейших исследований должны быть направлены на разработку архитектуры национальных цифровых платформ для обработки и интеграции больших данных на едином геопространстве территорий для решения широкого круга задач эффективного управления и развития муниципальных образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Аврунев, Е. И. Использование активных базовых станций при выполнении кадастровых работ в отношении объектов недвижимости / Е. И. Аврунев. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24. – № 1. – С. 135–145. – doi: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-135-145.

2 Аврунев, Е. И. Принципы формирования единого геопространства территорий / Е. И. Аврунев, А. П. Карпик, В. А. Мелкий. – Текст : непосредственный // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIII Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. – 2019. – С. 428–429.

3 Андреев, Е. М. Демографическая история России: 1927–1959 / Е. М. Андреев, Л. Е. Дарский, Т. Л. Харькова. – М. : Информатика, 1998. – 187 с. ; 25 ил. – URL: http://www.demoscope.ru/weekly/knigi/andr_dars_khar/adk.html. – Текст : электронный.

4 Арефьева, Е. А. Использование нейронных сетей для оценки рыночной стоимости недвижимости / Е. А. Арефьева, Д. С. Костяев. – Текст : электронный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – № 10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-rynochnoy-stoimosti-nedvizhimosti> (дата обращения: 31.05.2020).

5 Ахметов, А. ТИМ в инфраструктурных проектах и градостроительной деятельности / А. Ахметов. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=_q36a6Q6O5A. – Текст : электронный.

6 Базовые и дополнительные требования к умным городам (стандарт «Умный город») / Минстрой России. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/74f/Standart.pdf>. – Текст : электронный.

7 Байков, К. С. Модель информационного обеспечения комплексных кадастровых работ / К. С. Байков, Д. Н. Ветошкин, Н. О. Митрофанова. – Текст : непо-

средственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 161–165.

8 Варламов, А. А. Информационное обеспечение управления земельными ресурсами / А. А. Варламов, С. А. Гальченко, Д. В. Антропов. – Текст : непосредственный // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2018. – № 11 (206). – С. 13–17.

9 Варламов, А. А. Проблемы актуализации адресной информации в государственном кадастре недвижимости / А. А. Варламов, Т. В. Обычная. – Текст : непосредственный // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2015. – № 8 (167). – С. 99–108.

10 Варламов, А. А. Проблемы развития современных российских кадастровых систем в сфере недвижимости / А. А. Варламов, С. А. Гальченко, Д. В. Антропов. – Текст : непосредственный // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2017. – № 6 (189). – С. 42–52.

11 Ветошкин, Д. Н. Алгоритм устранения кадастровых ошибок при описании границ муниципальных образований / Д. Н. Ветошкин, К. А. Карпик, О. П. Архипенко. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 157–161.

12 Ветошкин, Д. Н. Повышение качества и доступности государственных услуг в сфере ведения кадастра недвижимости путем организации государственно-частного партнерства / Д. Н. Ветошкин. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 66–74.

13 Ветошкин, Д. Н. Реализация принципа «Единого окна» в системе государственного кадастрового учета и государственной регистрации прав на недвижимое имущество на примере Новосибирской области / Д. Н. Ветошкин, Н. С. Ивчатова, И. В. Пархоменко. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 40–48.

14 Ветошкин, Д. Н. Совершенствование механизмов информационного взаимодействия при администрировании налогов на недвижимое имущество / Д. Н. Ве-

тошкин, Е. С. Стегниенко, А. В. Чернов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Вып. 4 (24). – С. 219–231. – doi: 10.33764/2411-1759-2019-24-4-219-231.

15 Власть // Большая советская энциклопедия. – URL: <https://bse.slovaronline.com/7039-VLAST>. – Текст : электронный.

16 Волков, С. А. Цифровой двойник города: основа для эффективного управления современным городом / С. А. Волков. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=X2DJORhpi_Q. – Текст : электронный.

17 Волков, С. Н. Цифровое землеустройство – проблемы и перспективы / С. Н. Волков, Д. А. Шаповалов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 3 : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 2. – С. 26–35.

18 Геопространственная разведка в интересах людей. – URL: https://sovzond.ru/upload/iblock/3a6/3_2014_16-20.pdf. – Текст : электронный.

19 Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, К. С. Байков, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22. – № 4. – С. 53–67.

20 Герасимов, С. А. Моделирование нейронных сетей для оценки стоимости аренды объекта офисной недвижимости с наименьшей ошибкой / С. А. Герасимов. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-stoimosti-arendy-obekta-ofisnoy-nedvizhimosti-s-naimenshey-oshibkoy> (дата обращения: 31.05.2020). – Текст : электронный.

21 Гоков, Д. Г. Умный город и регион: пути реализации в России / Д. Г. Гоков. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=DIjPHTNZheo&list=PLKyC4z-BsMNaxNVyB_LQ7U8F2eP_YnQH1&index=4&t=0s. – Текст : электронный.

22 Городское планирование для руководителей городов. Программа ООН по населенным пунктам : справочник. – 2-е издание, 2013. – URL: <http://unhabitat.ru/assets/files/publication/Hab2015.pdf>. – Текст : электронный.

23 ГОСТ Р 52571–2006. Географические информационные системы. Совместимость пространственных данных. Общие требования. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200046856>. – Текст : электронный.

24 ГОСТ Р 57269–2016. Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200141748>. – Текст : электронный.

25 Градостроительный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 24.04.2020). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

26 Гутнов, А. Э. «Мир архитектуры (Лицо города) / А. Э. Гутнов, В. Л. Глазычев. – Москва : Молодая гвардия. – 1990. – Текст : непосредственный.

27 Европейская хартия местного самоуправления, Страсбург, 15 октября 1985 г. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

28 Журкин, И. Г. Цифровое моделирование измерительных трехмерных видеосцен / И. Г. Журкин, Т. А. Хлебникова. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 246 с. – Текст : непосредственный.

29 Земельный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 02.08.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

30 Интеграция BIM и ГИС / Autodesk. – URL: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim/explore-civil-infrastructure/bim-gis-ebook>. – Текст : электронный.

31 Информационная революция // Большая российская энциклопедия. – URL: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/2015889. – Текст : электронный.

32 Итоги Всероссийской переписи населения 2010 г. Частные домохозяйства по размеру домохозяйства по субъектам Российской Федерации. – URL:

https://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/Documents/Vol6/pub-06-02.pdf. – Текст : электронный.

33 Карпик, А. П. Анализ современного состояния государственного кадастра недвижимости в России / А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, О. П. Архипенко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. сб. молодых ученых СГГА (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 3–11.

34 Карпик, А. П. Интеграция информационных систем государственного кадастра недвижимости, муниципальных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и информационных ресурсов федеральной налоговой службы в целях повышения собираемости земельных платежей / А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, С. Р. Горобцов. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 142–149.

35 Карпик, А. П. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития / А. П. Карпик, И. А. Мусихин, Д. Н. Ветошкин. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 155–163. – doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-155-163.

36 Карпик, А. П. Применение сведений государственного кадастра недвижимости для решения задач территориального планирования / А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, О. П. Архипенко. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 6. – С. 112–117.

37 Карпик, А. П. Проектирование опорной межевой сети для осуществления кадастровой деятельности в территориальном образовании / А. П. Карпик, Е. И. Аврунев, Е. С. Моргоева. – Текст : непосредственный // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения : материалы Второй национальной научно-практической конференции с Международным участием в рамках 23-й Международной конференции и выставки «Нефть и газ Сахалина 2019». – С. 44–50.

38 Карпик, А. П. Совершенствование модели ведения государственного кадастра недвижимости в России / А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, О. П. Архипенко. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 53–59.

39 Карпик, А. П. Современная модель согласования и разрешения споров о местоположении границ муниципальных образований / А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 115–121.

40 Каульбас, А. А. Счетная палата отметила недостаточную эффективность государственных мер по защите лесов / А. А. Каульбас. – URL: <http://www.ach.gov.ru/news/schetnaya-palata-otmetila-nedostatochnuyu-effektivnost-gosudarstvennyh-mer-po-zashite-lesov-35682>. – Текст : электронный.

41 Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

42 Краудсорсинг : Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Краудсорсинг>. – Текст : электронный.

43 Ламерт, Д. А. Постановка на государственный кадастровый учет земельных участков лесного фонда / Д. А. Ламерт, Д. Н. Ветошкин. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 3, ч. 2. – С. 239–242.

44 Ларссон, Герхард. Регистрация прав на землю и кадастровые системы Вспомогательные средства для земельной информации и управления земельными ресурсами / Герхард Ларссон. – Великий Новгород, 2002. – 199 с. – Текст : электронный.

45 Лебедев, П. П. Картографическая составляющая системы мониторинга городских земель / П. П. Лебедев, А. П. Сизов. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 150–154.

46 Лебедев, П. П. Территориальный аспект ограничений прав на землю и его картографирование / П. П. Лебедев, А. П. Сизов. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 1. – С. 106–111.

47 Лисицкий, Д. В. Картография в эпоху информатизации: новые задачи и возможности / Д. В. Лисицкий. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2016. – № 4. – С. 22–28.

48 Лисицкий, Д. В. Концепция создания и функционирования геоинформационного пространства / Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 2. С. 72–75.

49 Лисицкий, Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности / Д. В. Лисицкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2013. – № 2 (22). – С. 8–16.

50 Лисицкий, Д. В. Пространственная локализация и правила цифрового описания объектов в трехмерном картографировании / Д. В. Лисицкий, Ань Тай Н. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 190–193.

51 Лисицкий, Д. В. Специфика картографического обеспечения населения посредством мобильных устройств / Д. В. Лисицкий, О. В. Акименко. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : 6-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – С. 48–51.

52 Лисицкий, Д. В. Теоретические основы трехмерного кадастра / Д. В. Лисицкий, А. В. Чернов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23. – № 2. – С. 153–170.

53 Маркова, В. Д. Цифровая экономика / В. Д. Маркова. – М., 2018. – 185 с. – Текст : непосредственный.

54 Мурунов, С. Как устроен постсоветский город / С. Мурунов. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=wJtHN1XYZyY>. – Текст : электронный.

55 Нейронные сети // Большая российская энциклопедия. – URL: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4114009. – Текст : электронный.

56 Новиков, А. Альтернативные метрики городского развития: Большие данные для больших городов / А. Новиков. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=cpaEyUsYFPA&t=4704s> (дата обращения: 02.06.2020). – Текст : электронный.

57 О геодезии, картографии и пространственных данных : федер. закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

58 О кадастровой деятельности : федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ (ред. от 02.08.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

59 О порядке ведения государственного водного реестра : постановление Правительства РФ от 28.04.2007 № 253. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

60 О федеральной информационной адресной системе и о внесении изменений в Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» : федер. закон от 28.12.2013 № 443-ФЗ (ред. от 02.08.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

61 Об информации, информационных технологиях и о защите информации : федер. закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

62 Об обеспечении доступа к общедоступной информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления в информационно-телекоммуникационной сети Интернет в форме открытых данных : постановление Пра-

вительства Российской Федерации от 10.07.2013 № 583. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс». – Текст : электронный.

63 Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации : федер. закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 24.04.2020). – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс». – Текст : электронный.

64 Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг : федер. закон от 27.07.2010 № 210-ФЗ (ред. от 27.12.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс». – Текст : электронный.

65 Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды : распоряжение Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

66 Об утверждении Основных положений государственной политики в области развития местного самоуправления в Российской Федерации : указ Президента РФ от 15.10.1999 № 1370. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс». – Текст : электронный.

67 Об утверждении Положения о составе и порядке ведения государственного охотхозяйственного реестра, порядке сбора и хранения содержащейся в нем документированной информации и предоставления ее заинтересованным лицам : приказ Минприроды России от 06.09.2010 № 345 (ред. от 17.06.2014). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

68 Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства : постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1431. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

69 Об утверждении требований к подготовке схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории и формату схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории при подготовке схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории в форме электронного документа, формы схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории, подготовка которой осуществляется в форме документа на бумажном носителе : приказ Минэкономразвития России от 27.11.2014 № 762. – URL: <http://old.economy.gov.ru/minec/activity/sections/landRelations/registration/201510160987>. – Текст : электронный.

70 Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения : Приказ Минэкономразвития России от 01.03.2016 № 90 (ред. от 09.08.2018). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Текст : электронный.

71 Описание объекта закупки «Оказание услуг по наполнению базовой инфраструктуры пространственных данных региональной геоинформационной системы Новосибирской области данными о миграции населения». – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/common-info.html?regNumber=0851200000619007494>. – Текст : электронный.

72 Опритова, О. А. Разработка требований к сбору и обработке данных аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов для моделирования геопространства : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Опритова Ольга Анатольевна. – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – 21 с. – Текст : непосредственный.

73 Отчет «Умный город». Ключевые направления, лучшие зарубежные и российские практики, рынок умных городов. – М. : ФРИИ и НИИТС, 2017. – 56 с. – Текст : непосредственный.

74 Оценка точности 3D-моделей, построенных с использованием беспилотных авиационных систем / Е. И. Аврунев, Х. К. Ямбаев, О. А. Оприцова, А. В. Чернов, Д. В. Гоголев. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23. – № 3. – С. 211–228.

75 Пат. на изобретение RU 2633642. Способ получения, обработки, отображения и интерпретации геопространственных данных для геодезического мониторинга операционной обстановки паводковой ситуации с применением технологии дистанционного зондирования / Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Арбузов С. А., Корсун В. Н. – № 2016122767 ; заявл. 08.06.2016 ; опубл. 16.10.2017. – Текст : непосредственный.

76 Платформа «Geointellect». – URL: <https://geointellect.ru/>. – Текст : электронный.

77 Подготовка схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории физическими лицами и сотрудниками органов государственной власти : руководство пользователя. – URL: https://lk.rosreestr.ru/files/Rukovodstvo_SRZU_FL_UL_OGV.pdf. – Текст : электронный.

78 Попов, И. Цифровой двойник города: что это и зачем он нужен Москве / И. Попов. – URL: <https://vc.ru/mgts/62336-cifrovoy-dvoynik-goroda-chto-eto-i-zachem-on-nuzhen-moskve>. – Текст : электронный.

79 Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р). – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. – Текст : электронный.

80 Прохоров, Александр. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. / Александр Прохоров, Михаил Лысачев. – Текст : Непосредственный // Издание первое, исправленное и дополненное. – М. : ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с., ил. –

81 Руководство пользователя автоматизированной информационной пространственной системы «Geocad System Enterprise Edition». – URL: <http://www.geocad.ru/upload/iblock/df2/dokumentatsiya-polzovatelya-i-administratora.pdf>. – Текст : электронный.

82 Рябова, В. АИС «Государственный лесной реестр» фактически не используется – Счетная палата / В. Рябова. – Текст : электронный. – URL: <http://d-russia.ru/ais-gosudarstvennyj-lesnoj-reestr-rub-fakticheski-ne-ispolzuetiya-schyotnaya-palata.html>.

83 Система региональных плоских прямоугольных координат Новосибирской области / А. П. Карпик, К. Ф. Афонин, Н. А. Телеганов, П. К. Шитиков, Д. Н. Ветошкин, С. В. Кужелев, В. А. Тимонов. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск : СГГА, 2008. Т. 1, ч. 1. – С. 20–31.

84 Системная инженерия для «чайников», ограниченная серия от IBM // Indianapolis, Indiana. – John Wiley & Sons, Inc., 2014. – 56 с. – Текст : непосредственный.

85 Статистика: в Москве уровень автомобилизации ниже, чем в Самаре. – URL: <https://news.drom.ru/72828.html>. – Текст : электронный.

86 Струков, Д. Р. Место для открытия клиники: принцип работы геомаркетинга / Д. Р. Струков. – URL: <https://www.dirklinik.ru/article/176-geomarketing-kak-podobrat-mesto-dlya-meditsinskoj-kliniki>. – Текст : электронный.

87 Талапов, В. В. Использование информационной модели объекта недвижимости для решения кадастровых задач / В. В. Талапов, Е. А. Таныгина. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2018. – Том 1. – С. 85–87.

88 Талапов, В. Информационная модель – основа «Умного города» / В. Талапов. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19940. – Текст : электронный.

89 Устав города Новосибирска, принят решением городского Совета Новосибирска от 27.06.2007 № 616. – URL: <https://novo-sibirsk.ru/about/charter/>. – Текст : электронный.

90 Фонд «Институт экономики города» Умный город – умное ЖКХ: обзор тенденций цифровизации городского хозяйства. – URL: http://www.urbanecomomics.ru/sites/default/files/umnyy_gorod_avgust_2019_2_0.pdf. – Текст : электронный.

91 Функциональное описание программного комплекса «SAUMI-WEB», версия № 4, Компания «Бюджетные и Финансовые Технологии». – URL: http://bftcom.com/saumi-web/assets/%D0%A4%D0%9E_SAUMI-WEB.pdf. – Текст : электронный.

92 Хронотоп // Википедия – свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF>. – Текст : непосредственный.

93 Цветков, В. Я. Информационное обеспечение кадастра / В. Я. Цветков // Науки о Земле. – 2018. – № 1. – С. 54–60. – Текст : непосредственный.

94 Центральный банк РФ. Аналитический обзор по теме «март-контракты». – URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/47862/SmartKontrakt_18-10.pdf. – Текст : непосредственный.

95 Чернов, А. В. Исследование вариантов построения 3D-модели объектов недвижимости для целей кадастра / А. В. Чернов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 192–210.

96 Число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения / Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b11_14p/isswww.exe/stg/d01/05-17.htm. – Текст : электронный.

97 Что такое большие данные?. – URL: <https://aws.amazon.com/ru/big-data/what-is-big-data/>. – Текст : электронный.

98 Шибаков, В. Г. Город как сложная эколого-социально-экономическая система / В. Г. Шибаков, Л. В. Котляр, И. А. Шибакова. – Текст : электронный // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 5. – С. 71–72. – URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5679>.

99 Aish, R. Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD / R. Aish // CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering related to Building, 7–9 July, 1986. – Текст : непосредственный.

100 Autodesk ReCap Advanced Point Cloud Processing Features in Infraworks 360. – URL: www.youtube.com/watch?v=n9fKQRjQVAQ. – Текст : электронный.

101 Autodesk White Paper Building Information Modeling. – URL: http://www.laserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf. – Текст : электронный.

102 Bernard Marr Big Data: 20 Mind-Boggling Facts Everyone Must Read. – URL: <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/big-data-20-mind-boggling-facts-everyone-must-read>. – Текст : электронный.

103 Candidate OpenGIS® CityGML Implementation Specification / Open Geospatial Consortium Inc. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/74f/Standart.pdf>. – Текст : электронный.

104 Designing Open Spatial Information Infrastructure to Support 3D Urban Planning in Jakarta Smart City / Agung Indrajit, Hendrik Ploeger, Bastiaan Van Loenen, Peter Van Oosterom. – URL: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2018_18.pdf. – Текст : электронный

105 Enemark, Stig. Land administration, planning and human rights / Stig Enemark, Line Hvingel, Daniel Galland. – URL: <https://doi.org/10.1177/1473095213517882>. – Текст : электронный

106 FIG publication Best Practices 3D Cadastres. – URL: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/FIG_3DCad.pdf. – Текст : электронный.

107 Giovani, M. Á. A «Contribution to Urban Transport System Analyses and Planning in Developing Countries» / M. A. Giovani. – URL: <https://www.researchgate.net/publica->

tion/221908822_A_Contribution_to_Urban_Transport_System_Analyses_and_Planning_in_Developing_Countries. – Текст : электронный.

108 Habidatum International, Inc. Chronotope Marketplace Metrics. – URL: <https://data.chronotope.io/metrics>. – Текст : электронный.

109 IBM Institute for Business Value A vision of smarter cities. – URL: https://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV_Smarter_Cities_-_Final.pdf. – Текст : электронный.

110 ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities Smart sustainable cities: An analysis of definitions. – URL: https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx. – Текст : электронный.

111 Mattsson, Hans. Land rights in a perspective of change / Hans Mattsson. – URL: <https://gst.dk/media/2916021/propertyformationinthenordiccountries.pdf>. – Текст : электронный.

112 Oracle What Is Big Data?. – URL: <https://www.oracle.com/ru/big-data/what-is-big-data.html>. – Текст : электронный.

113 Pushing the limits of construction monitoring with the Crane Camera. – URL: https://downloads.ctfassets.net/go54bjdzbrgi/3UwGM6xxy83UUhr6QAMNfM/8c62a0218821fb0c821b3c135c48a475/Ebook_-_Crane_Camera.pdf. – Текст : электронный.

114 Ruffle, S. Architectural design exposed: from computer-aided-drawing to computer-aided-design / S. Ruffle – Environments and Planning B: Planning and Design. — 1986 March 7. — P. 385–389. – Текст : непосредственный.

115 Simpson, S. R. Land Law and Registration / S. R. Simpson. – Текст : непосредственный // Cambridge University Press. – 1976. – 785 p.

116 Statista DIGITAL ECONOMY COMPASS 2019. – URL: <https://cdn.statcdn.com/download/pdf/DigitalEconomyCompass2019.pdf> (дата обращения: 02.06.2019). – Текст : электронный.

117 Szabo, Nick. A Formal Language for Analyzing Contracts / Nick Szabo. – URL: <https://nakamotoinstitute.org/contract-language/>. – Текст : электронный.

118 The Smartest Cities In The World In 2018. – URL: <https://www.forbes.com/sites/iese/2018/07/13/the-smartest-cities-in-the-world-in-2018/#1ef2306b2efc>. – Текст : электронный.

119 Volker, Buscher. Services Smart cities. Digital technologies make smart cities more liveable, sustainable and prosperous / Buscher Volker. – URL: <https://www.arup.com/expertise/services/planning/smart-cities>. – Текст : электронный.

120 Williamson, Ian Phillip. Land Administration for Sustainable Development / Ian Phillip Williamson, Stig Enemark, Jude Wallace, Abbas Rajabifard. – URL: https://www.researchgate.net/publication/242494736_Land_Administration_for_Sustainable_Development. – Текст : электронный.