

ЦИФРОВАЯ УРБАНИСТИКА

УДК 621.311:504.062:004.94

Научная статья

Артем Геннадьевич Щербаков✉

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400002, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: artem.shcherbakov01@gmail.com

Данила Сергеевич Парыгин

канд. техн. наук, доцент, зав. каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: dparugin@gmail.com

Артём Дмитриевич Чикин

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400002, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: artyom.chikin@gmail.com

Ярослав Анатольевич Трудов

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400002, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: TrudovYaroslav@yandex.ru

Александр Юрьевич Зуев

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400002, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: Zuev34W@yandex.ru

МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Статья посвящена описанию метода интеллектуальной поддержки принятия градостроительных решений в условиях широкого внедрения технологий информационного моделирования и усиления требований к междисциплинарной согласованности проектных решений. Показано, что прохождение процедур согласования и экспертизы требует не только актуальной цифровой модели, но и систематизации знаний о градостроительных решениях, нормативных требованиях, условиях эксплуатации и иных параметрах, влияющих на обоснование проектных вариантов. На основе анализа процесса градостроительного проектирования и нормативно-справочной информации разработана онтологическая модель, предназначенная для структурирования требований, унификации терминологии и сопоставления нормативов с параметрами проекта. Предложен метод анализа, объединяющий данные информационной, геометрической и онтологической моделей и обеспечивающий проверку соответствия цифровой модели действующим нормам и стандартам. Метод инвариантен к конкретной проектной задаче и допускает вариативное применение в зависимости от полноты онтологической модели и набора правил для выбранного класса объектов и условий проектирования. Результаты проверки формируют перечень несоответствий с привязкой к конкретным требованиям и элементам модели, что повышает прослеживаемость контроля, упрощает согласование и поддерживает принятие градостроительных решений на ранних стадиях проектирования.

Ключевые слова: онтологии, онтологический инжиниринг, градостроительство, системы поддержки принятия решений.

Для цитирования: Щербаков А. Г., Парыгин Д. С., Чикин А. Д., Трудов Я. А., Зуев А. Ю. Метод интеллектуальной поддержки принятия градостроительных решений с использованием онтологического моделирования // Социология города. 2026. № 1. С. 110—125. DOI: 10.35211/19943520_2026_1_110

Введение

Современные требования к качеству городской среды, включая критерии комфортности, безопасности, доступности и устойчивости инфраструктуры, задают необходимость пересмотра подходов к градостроительной политике и обновления инструментов планирования и проектирования (Оглоблин, 2021). В этих условиях на первый план выходит внедрение технологий, обеспечивающих более обоснованное принятие решений на всех стадиях жизненного цикла градостроительных проектов — от формирования исходных данных и концепции развития территории до проектирования и экспертизы. Все перечисленные решения принимаются в рамках действующих регламентов нормативно-правового регулирования и должны быть согласованы с установленными требованиями к параметрам застройки, озеленению, транспортной доступности, обеспеченности объектами обслуживания и условиям безопасной эксплуатации (Зуев, Садовникова, Парыгин, 2025).

Качество городской среды напрямую зависит от обоснованности принимаемых проектных решений. Ошибки на стадиях планирования и проектирования приводят к снижению качества жизни и безопасности горожан, к неэф-

фективному использованию земельных ресурсов, а также к увеличению затрат на строительство, эксплуатацию и последующую модернизацию инфраструктуры. Кроме того, несогласованность решений между разделами проекта часто проявляется уже на поздних этапах, когда исправления требуют существенной переработки проектных материалов и повторного прохождения процедур согласования (Щербаков, Садовников, Парыгин и др., 2025).

Существующие подходы к поддержке принятия решений (ППР) в градостроительном проектировании, как правило, не обеспечивают учет всего спектра факторов, влияющих на качество городской среды, и не дают целостного механизма для работы с их взаимосвязями (Geertman, Stillwell, 2012). Несмотря на развитие инженерии знаний и методов ППР, комплексный подход, который одновременно использует технологии информационного моделирования и формализованный анализ знаний в виде единой интегрированной системы, остается недостаточно реализованным (Tékouabou, 2022). На практике данные и знания распределены по различным источникам и форматам: часть фиксируется в текстовой проектной документации и нормативно-справочных материалах, часть — в цифровых моделях и специализированных программных средствах, часть — в экспертных процедурах и локальных регламентах организаций. В результате усложняется сопоставление требований, затрудняется контроль согласованности решений, возрастает риск пропуска противоречий и ошибок.

Отдельную сложность представляют обязательные процедуры экспертизы проектов. Они включают трудоемкую проверку проектной документации и цифровых материалов на соответствие нормативным документам и стандартам, требуют высокой квалификации экспертов и значительных временных затрат. На стадии экспертизы часто выявляются несоответствия, противоречия и ошибки, которые вынуждают выполнять существенную корректировку проектной документации, повторять согласования и, в ряде случаев, пересматривать исходные проектные решения. Это приводит к прямым потерям времени и финансовых ресурсов, а также повышает неопределенность сроков реализации градостроительных проектов.

Дополнительным фактором стало усиление требований к цифровизации строительства и внедрению цифрового моделирования. Эти требования объективно поднимают задачу интеграции разнородных данных, формируемых на разных стадиях проектирования, проверки и согласования решений. Возникает необходимость обеспечить сопоставимость информации между разделами проекта, связать геометрические и атрибутивные данные цифровой модели с положениями нормативно-технической базы, а также обеспечить прослеживаемость того, каким образом конкретные требования учитываются в проектных решениях. Без такой интеграции цифровые модели остаются разрозненными представлениями, а контроль соответствия нормам продолжает зависеть от ручной обработки и индивидуального опыта специалистов.

Решаемая в работе задача связана с разработкой методов извлечения, структурирования и формализации знаний, которые позволяют упростить подготовку и проверку проектной документации, повысить согласованность проектных решений и создать основу для интеграции данных в контуре цифрового строительства. Предполагается, что формализованные знания и правила могут поддерживать как процедуры внутреннего контроля качества про-

ектных решений, так и этапы внешней экспертизы, снижая трудоемкость проверок и сокращая количество итераций переработки проекта.

1. Анализ современных подходов к генеративному дизайну

Градостроительное проектирование сталкивается с высокой сложностью: необходимо учитывать множество факторов и балансировать интересы различных участников. Современные системы ППР призваны помочь градостроителям справиться с этой сложностью, предоставляя инструменты для анализа данных, формализации экспертных знаний и генерации проектных решений. Ниже рассматриваются три методологических подхода к ППР, основанные на правилах, знаниях и данных, а также цифровые инструменты (BIM, ГИС, DSS), используемые в градостроительстве. Отдельное внимание уделено интеграции ППР с онтологиями и искусственным интеллектом (ИИ) для формализации знаний, автоматизации анализа и проектирования.

1.1. Rule-based системы ППР опираются на заданный набор правил в виде логических выражений «если — то», определяющих, какие действия или выводы следует делать при выполнении определенных условий. Такие системы фактически программируют экспертные знания в виде правил, которые проверяются на каждом новом входном условии. В градостроительстве rule-based-подход широко применяется для задач, связанных с нормативами и регламентами: зонирование территорий, управление транспортными потоками, контроль экологических норм, планирование мер реагирования на ЧС и разработка стратегий развития — все эти направления могут поддерживаться системами на базе явных правил (Зуев, Калягина, Парыгин и др., 2025). Например, rule-based-система в территориальном планировании способна автоматически определять допустимые виды землепользования на участке, анализируя зону, ограничения по экологии и предпочтения сообщества. В транспортном планировании подобные системы на основе правил могут оптимизировать работу светофоров, выбирать оптимальные маршруты и управлять парковочным пространством (Tong, Li, 2024).

Основным преимуществом rule-based-систем является прозрачность и интерпретируемость: каждое решение обосновано конкретным правилом, поэтому заинтересованные стороны могут проследить логику и убедиться в ее корректности. Такая прозрачность повышает доверие к рекомендациям системы и облегчает согласование решений между участниками. Кроме того, rule-based-модели относительно легко адаптировать под новые требования добавлением или изменением правил, что позволяет учитывать изменяющиеся условия или обновленные градостроительные нормы. В то же время ограничения данного подхода включают высокую трудоемкость создания и поддержки базы правил и трудности масштабирования. По мере усложнения городской системы учет всех нюансов правилами может стать слишком громоздким. При слишком динамичных или комплексных задачах, например моделирование долгосрочной эволюции города, правилоориентированная система может оказаться недостаточно гибкой. Тем не менее во многих прикладных задачах градостроительства, таких как регулирование застройки, проверка соответствия проектных решений нормам и т. д., rule-based-ППР остаются эффективным и надежным инструментом поддержки обоснованных решений (Lee, Yeo, Lim et al., 2025).

1.2. Knowledge-based-системы используют формализованные знания предметной области для ППР. В отличие от узкого набора жестких правил эти системы оперируют более широкой базой знаний, включающей факты, логические связи, типовые решения и эвристики из области градостроительства. К классическим knowledge-based относятся экспертные системы, системы на основе прецедентов, а в современных реализациях — онтологические модели и семантические сети знаний. Принцип работы таких систем — вывод новых знаний на основе заложенных фактов и правил логики с использованием механизмов вывода продукционных правил или логических выводов по онтологиям (Demoly, Kim, Horváth, 2019).

В градостроительной практике knowledge-based-системы находят применение там, где важно аккумулировать опыт и знания экспертов и сделать их доступными для проектировщиков. К примеру, ранние системы типа ADAPT (1987) (Davis, Grant, 1987) могли генерировать предложения по зонированию, опираясь на знание базы градостроительных правил и прецедентов. Современные исследования предлагают интегрировать базы знаний с нейросетевыми алгоритмами для расширения возможностей ППР.

В последние годы для формализации градостроительных знаний активно применяются онтологии — формальные модели предметной области, описывающие основные сущности (например, здания, дороги, зоны, ограничения) и отношения между ними. Онтологический подход позволяет задать общую терминологию и семантику для всех участников проекта и программных инструментов. Например, разработана онтология, включающая понятия градостроительного проекта и их связи, на ее основе исследователи создали прототип системы, которая с помощью логического вывода автоматически проверяет согласованность проектных решений с исходными требованиями. Инференционный механизм, работающий по онтологии, выявляет несоответствия между заданной программой и частными решениями от разных специалистов, указывая на конфликтные места. Тем самым knowledge-based-система на онтологиях способна выполнять роль «интеллектуального надзорного эксперта», формализуя накопленные правила и автоматически проверяя проекты на соблюдение этих правил (Abedini, Agram, Khalili et al., 2022).

1.3. Современные цифровые инструменты. BIM/ТИМ (информационное моделирование зданий/технология информационного моделирования) — это технология и процесс создания цифровой информационной модели объекта строительства. BIM-модель представляет собой детализированное трехмерное описание здания или сооружения, объединяющее геометрию, пространственные отношения, а также атрибуты и свойства всех элементов конструкции. Фактически BIM служит единой средой данных о проектируемом объекте, которая доступна всем участникам на протяжении жизненного цикла — от ранних концепций до эксплуатации. Такая модель включает информацию о геометрии здания, взаимном расположении помещений и конструкций, географическом положении, количестве и характеристиках строительных элементов. Важно, что BIM-модель является не просто 3D-графикой, а «интеллектуальной» информационной моделью, насыщенной данными, которые можно использовать для расчетов и принятия решений (например, площади и объемы, материалы, стоимость, энергоэффективность и др.).

В градостроительных проектах BIM применяется для решения широкого спектра задач, прежде всего связанных с проектированием зданий и инфраструктуры. Ключевые возможности BIM:

- концептуальное и архитектурно-планировочное решение зданий — создание точных моделей, позволяющих оценить визуальное и пространственное влияние новых объектов на окружающую застройку;
- анализ и симуляция — на BIM-моделях проводят расчеты энергоэффективности, инсоляции, акустики, анализа видимости, что помогает обоснованно интегрировать здание в городскую среду;
- выявление коллизий — BIM-инструменты автоматически проверяют стыковку элементов разных инженерных разделов (архитектура, конструктив, сети) и обнаруживают конфликтующие решения (коллизии), что особенно ценно в сложных городских объектах;
- генерация документации и смет — из модели автоматически извлекаются чертежи, спецификации, объемы работ, что ускоряет подготовку согласований и прозрачность экономических расчетов.

Согласование между участниками проекта — одно из ключевых преимуществ BIM. Все специалисты работают в контексте общей модели, что обеспечивает единое информационное пространство. Изменения, внесенные одним проектировщиком, становятся видны другим практически в реальном времени, предотвращая расхождения и ошибки. Такая совместная работа на базе BIM повышает консистентность проектных данных: все заинтересованные стороны имеют доступ к актуальной версии проекта, что облегчает коммуникацию и координацию. Например, архитектор изменил конфигурацию здания — инженер по электроснабжению сразу видит это в модели и может скорректировать свой раздел. Внедрение BIM во многих случаях сопровождается регламентом общей среды данных (CDE — Common Data Environment), определяющим права доступа, версии и утверждение изменений, что формализует процессы взаимодействия. В результате BIM снижает количество ошибок на стройке, ускоряет принятие решений и делает проектирование более прозрачным для заказчика и надзорных органов (Pelden, Vanhashemi, Mohandes et al., 2025).

1.4. Интеграция ППР с онтологиями и искусственным интеллектом.

Современная тенденция в развитии систем ППР — все более глубокое объединение технологий ИИ и семантических моделей для повышения интеллектуальности инструментов градостроительства (Зеленский, Парыгин, Савина и др., 2020).

Онтологии позволяют явно представить знания о городской среде и проектировании в форме, понятной как людям, так и компьютерам. Создание общегородских онтологий способствует объединению разрозненных данных и инструментов. Один из таких подходов предложен исследователями из ORNL: они применили большую языковую модель для автоматического построения онтологий по текстам научных статей и технических руководств. Полученные таким образом онтологии используются для создания графов знаний, которые интерпретируют данные различных городских моделей и симуляций (Turayachi, Xu, Omitaomu et al., 2024).

Отдельного упоминания заслуживает сфера ХАИ (Explainable AI) в градостроительстве. Поскольку решения по городу должны быть прозрачны и обоснованы перед обществом, интеграция ИИ требует механизмов объяснения. Онтологии и правилоориентированные компоненты позволяют добиваться точности прогнозов и понятности выводов. Предложенная гибридная система может использовать нейросеть для предсказания заторов на дорогах, а затем объяснять прогноз, ссылаясь на определенные правила. Исследования подтверждают, что внедрение ХАИ повышает доверие стейкхолдеров к умным системам в городе, что крайне важно для их принятия (Tong, Li, 2024).

В работе (Caglioni, Rabino, 2007) рассматриваются подходы к формальному представлению знаний и применению построенных моделей при анализе городских систем. Показаны примеры использования онтологических моделей для ППР как в задачах оперативного управления городскими системами, так и в городском планировании.

Авторами (Barton, Yu, 2010) представлен подход к интеграции данных и извлечению знаний, направленный на построение онтологии в области городского планирования. Полученные модели используются для поддержки решений при оценке эффективности использования территорий, анализе рынка недвижимости и планировании жилой застройки.

В источнике (Berta, Caneparo, Montuori, Rolfo, 2016) представлен подход к разработке настраиваемого цифрового инструмента, предназначенного для поддержки проектировщика на ранних стадиях городского проектирования. Инструмент обеспечивает генерацию в реальном времени набора проектных сценариев на основе значительного числа исходных ограничений и требований. Отдельный акцент сделан на формализации знаний, рассматриваемой как базовый механизм моделирования городского пространства.

Еще одним примером служит платформа Spacemaker¹, которая позиционируется как ИИ-инструмент для ранних стадий градостроительного проектирования. Spacemaker позволяет создать и оценить десятки вариантов размещения зданий на участке с учетом таких данных, как рельеф, роза ветров, инсоляция, шум, доступность дорог и т. д. ИИ в этой системе генерирует возможные конфигурации застройки, сразу рассчитывает показатели качества и предоставляет архитектору готовый рейтинг решений. Проектировщик может либо выбрать оптимальный вариант, либо отредактировать параметры и запустить генерацию снова. Таким образом, рутинный труд поиска балансировок частично автоматизируется, а специалисты могут сосредоточиться на творческих и ценностных аспектах.

1.5. Вывод по существующим подходам. Таким образом, анализ современных подходов к поддержке принятия градостроительных решений показывает, что при наличии развитых цифровых инструментов и прогресса в методах анализа данных сохраняется ключевая методическая проблема: нормативно-правовые требования, экспертные процедуры и междисциплинарные зависимости остаются слабо формализованными и недостаточно связаны с параметрами цифровых моделей. Это приводит к высокой доле ручных про-

¹ Spacemaker Proposes AI-Powered Generative Design to Create More Sustainable Spaces and Cities. URL: <https://www.archdaily.com/952850/spacemaker-proposes-ai-powered-generative-design-to-create-more-sustainable-spaces-and-cities#:~:text=A%20lesson%20in%20the%20power,-from%20the%20start%2C%20it%20allows> (дата обращения: 12.02.2026).

верок, позднему выявлению противоречий и росту временных и финансовых затрат на итерации переработки проекта. В этих условиях актуальным становится подход, ориентированный на семантическую интеграцию проектных данных и нормативных требований, обеспечивающий воспроизводимую проверку соответствия и поддержку согласования решений на разных стадиях проектирования и экспертизы. Потенциальные преимущества применения онтологий в городском проектировании проявляются на различных стадиях жизненного цикла градостроительного объекта, при этом результативность принимаемых решений определяется полнотой и актуальностью используемой базы знаний (Боргест, 2021). Далее представлен метод, основанный на формализации знаний в онтологической модели и на интеграции информационной, геометрической и семантической составляющих цифрового представления объекта, что позволяет выполнить автоматизированный анализ соответствия проектных решений действующим нормам и стандартам.

2. Представление метода интеллектуальной поддержки принятия градостроительных решений

Процесс градостроительного проектирования в современных условиях включает разработку, согласование и утверждение цифровой модели объекта, а также подготовку градостроительной и проектной документации. Эта документация формируется в рамках нормативно-правового поля и опирается на действующие нормы и правила, в которых закреплены знания о допустимых способах организации строительства при соблюдении установленных требований (Щербаков, Садовников, Парыгин и др., 2025). Тем самым цифровая модель и комплект документов выступают как взаимосвязанные представления проектного решения, подлежащие проверке на соответствие регламентам и стандартам.

Автоматизация выявления нормативных нарушений на стадии проектирования в градостроительстве выступает одним из приоритетов цифровизации отрасли. При отсутствии единого стандарта, регламентирующего структуру связей и информационное наполнение цифровых моделей, соблюдение действующей нормативной базы остается обязательным требованием. Вместе с тем нормативные документы нередко содержат взаимно противоречащие положения, неоднозначные определения и понятия, а трактовка требований может различаться у специалистов разных профилей и организаций. Это повышает риск расхождений в интерпретации регламентов и усложняет процедуры согласования проектных решений.

Показательный пример связан с параметрами застройки. Возможны противоречия между требованиями к плотности и нормами минимальных разрывов между зданиями. Так, СП 42.13330.2016² допускает плотность жилой застройки на уровне 40 %, что ориентирует на максимальное использование территории под строительство. Одновременно СП 476.1325800.2020³ уста-

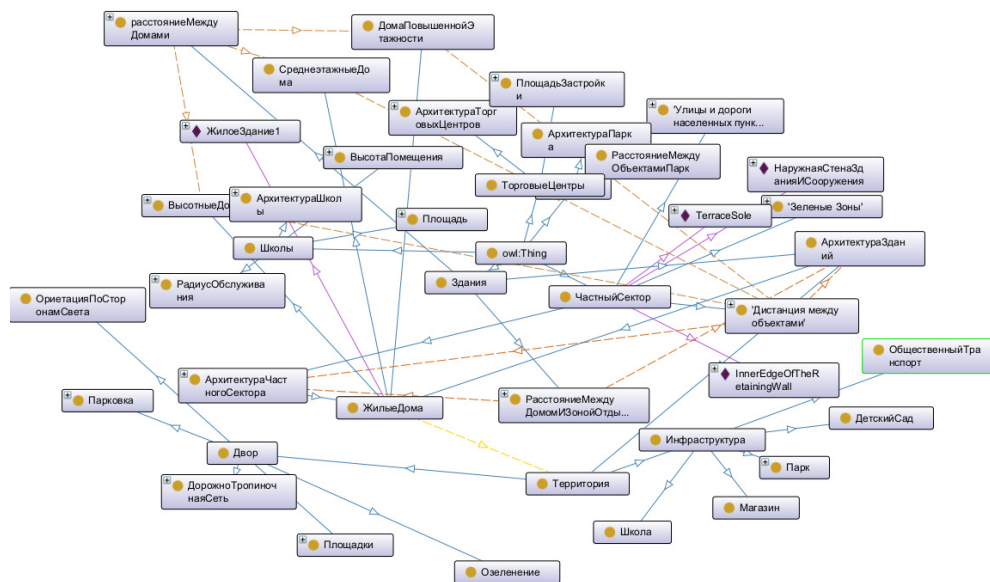
² СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01—89.

³ СП 476.1325800.2020. Свод правил. Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.01.2020 № 33/пр).

навливают минимальные расстояния между зданиями, которые в ряде планировочных условий фактически препятствуют достижению указанной плотности. Аналогичные затруднения вызывает неоднозначность терминологии. Например, понятие «прилегающая территория» в разных документах может пониматься как участок, непосредственно примыкающий к зданию, либо как территория в пределах красных линий улиц. Такая неопределенность приводит к необходимости дополнительных согласований с органами власти и, в отдельных случаях, к судебным разбирательствам.

С учетом объема нормативного массива (СП и СанПиН более 600 документов⁴, включая своды правил и санитарные нормы и правила) и необходимости применения требований на разных этапах жизненного цикла объектов актуальной становится задача структурирования и формализации знаний для верификации градостроительных решений на соответствие нормативной документации. Предложенный далее подход ориентирован на этап разработки проектного решения и направлен на сокращение количества коллизий информационной модели и уменьшение времени экспертизы, что потенциально снижает затраты на проектирование.

В связи с вышеперечисленным разработана онтологическая модель, описывающая процесс градостроительства и формализующая знания о предметной области (рис.). Работа с моделью выполнялась на «Программно-аппаратном комплексе для искусственного интеллекта», внедренном на кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ВолгГТУ в рамках реализации государственного научного гранта Волгоградской области по проекту «Разработка интеллектуальных сетевых технологий обследования качества городской среды в контексте реализации социальных потребностей городского населения Волгоградской области» (Соглашение № 10 от 14.12.2022).



Онтограф общеобразовательных учреждений и прилегающих объектов

⁴ Документы | Минстрой России. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/>

Для генерации новых знаний и автоматизированной проверки соответствия градостроительных решений нормативным требованиям сформирован набор правил на языке SWRL (Semantic Web Rule Language) (Hitzler, Lehmann, Polleres, 2014). SWRL представляет собой язык вывода, расширяющий выразительные возможности онтологической модели за счет задания формальных зависимостей и ограничений между объектами и параметрами городской среды. Использование SWRL позволяет описывать логические связи между сущностями онтологии (например, функциональными зонами, земельными участками, объектами капитального строительства, элементами транспортной и инженерной инфраструктуры) и их семантическими атрибутами, что необходимо для регламентной проверки проектных решений.

Пример формального представления правила показан ниже:

$$A1 \wedge A2 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B1 \wedge B2 \wedge \dots \wedge B_m,$$

где $A1, A2, \dots, A_n$ — атомы в антецеденте (условия правила);

$B1, B2, \dots, B_m$ — атомы в консеквенте (следствия правила);

$n \geq 1, m \geq 1$ — количество атомов в антецеденте и консеквенте.

Формализация правил в градостроительной предметной области позволяет автоматизировать анализ цифровой модели, поскольку становится возможной прямая работа с OWL-классами, свойствами и индивидами, описывающими элементы городской среды и проектные решения. Это дает возможность задавать и проверять более сложные отношения и ограничения, которые в градостроительстве часто определяются не одним параметром, а сочетанием условий.

Проверки выполняются с использованием механизмов логического вывода, позволяющих оценивать составные условия и взаимосвязи между различными компонентами проекта. При верификации учитываются не только отдельные элементы, но и их совокупность на уровне квартала или планировочной структуры, чтобы подтвердить соответствие проекта требованиям в целом. Примеры правил приведены в табл.

Метод анализа градостроительных проектов, основанный на онтологической модели, позволяет формализовать и автоматизировать процедуры контроля качества цифровой модели территории и связанной градостроительной документации. В современных условиях экспертная оценка градостроительных проектов остается одной из наиболее трудоемких, затратных и ответственных стадий, поскольку требует одновременного учета нормативных ограничений и междисциплинарных факторов. При этом часть несогласованностей выявляется уже на поздних этапах реализации — при детальном проектировании, строительстве или эксплуатации, что указывает на высокий риск пропуска критичных противоречий на ранних стадиях планирования и проектирования.

Вероятность ошибок в градостроительном проектировании обусловлена рядом причин:

– сложностью городской среды как системы, включающей большое число взаимосвязанных объектов, инфраструктурных элементов и пространственных ограничений;

– значительным объемом нормативной базы, а также наличием противоречий и неоднозначных трактовок требований;

- регулярными изменениями регламентов и законодательства;
- дефицитом квалифицированных специалистов и высокой нагрузкой на экспертное сообщество.

Пример SWRL-правил, формализующих правила нормативной документации

Требование по СП	SWRL-правило
СП 42.13330.2016 п. 7.5	
В микрорайонах (кварталах) жилых зон необходимо предусматривать размещение площадок общего пользования различного назначения с учетом демографического состава населения, типа застройки, природно-климатических и других местных условий. Состав площадок и размеры их территории должны определяться территориальными нормами или правилам и застройки. При этом общая площадь территории, занимаемой площадками для игр детей, отдыха и занятий физкультурой взрослого населения, должна быть не менее 10 % общей площади микрорайона (квартала) жилой зоны и быть доступной для МГН	<code>Microdistrict(?d) ^ hasArea(?d, ?a) ^ hasYardCommonArea(?d, ?c) ^ swrlb:divide(?r, ?c, ?a) ^ swrlb:multiply(?p, ?r, 100) ^ swrlb:lessThan(?p, 10) -> Viol_YardArea10(?d, true)</code>
СП 42.13330.2016 п. 7.5	
Детские площадки (дошкольного и младшего школьного возраста) — расстояние от окон жилых/общественных зданий ≥ 12 м	<code>KidsPlayground(?pl) ^ hasDistanceToWindows(?pl, ?dist) ^ swrlb:lessThan(?dist, 12) -> Viol_PlaygroundWindowDist(?pl, true)</code>
СП 42.13330.2016 п. 7.2	
Расстояние от границ участков производственных объектов, размещаемых в общественно-деловых и смешанных зонах, до жилых и общественных зданий, а также до границ участков дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, медицинских организаций и отдыха следует принимать не менее 50 м	<code>IndustrialSite(?i) ^ inMixedOrPublicBusinessZone(?i, true) ^ ResidentialOrPublicBuilding(?b) ^ hasDistance(?i, ?b, ?dist) ^ swrlb:lessThan(?dist, 50) -> Viol_IndSiteGap50(?i, ?b)</code>

Наиболее существенные ошибки часто формируются на начальных этапах — при сборе исходных данных и разработке концептуальных и планировочных решений, когда задаются параметры функционального зонирования, планировочной структуры, транспортной и инженерной обеспеченности, а также ключевые ограничения по плотности, высотности, отступам и режимам использования территории. На этом этапе требуется учитывать широкий спектр факторов, вследствие чего возрастает риск упустить значимые ограничения или принять некорректные допущения.

Использование формальных моделей знаний позволяет системно учитывать множество факторов и критериев, поддерживая выбор обоснованных градостроительных решений и их проверку на соответствие требованиям. В результате формируется перечень выявленных несоответствий с указанием нормативных источников и конкретных требований, что повышает прослеживаемость контроля и облегчает согласование проектных решений.

Заключение

Проведен анализ процесса градостроительного проектирования, применяемых стандартов и правил, а также подходов к формализации знаний, используемых при обосновании и проверке проектных решений. На основе выполненного анализа предложен подход к формализации знаний, необходимых на этапах проектирования градостроительных объектов. Сформирована онтологическая модель, предназначенная для поддержки принятия градостроительных решений. Онтологическая модель является инвариантной, что обеспечивает возможность ее применения на разных стадиях подготовки и согласования градостроительных решений для различных классов объектов.

Предложен метод анализа градостроительных проектов с использованием онтологической модели, который позволяет автоматизировать процедуры контроля качества цифровой модели и связанной проектной документации, включая проверку соответствия проектных решений требованиям нормативной документации.

В ходе последующих исследований предполагается реализовать автоматизированную выгрузку ГИС-данных и разработать методы построения онтологической модели по нормативной документации с применением машинного обучения.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке «Центра цифровых научно-образовательных проектов и разработок в сфере промышленного искусственного интеллекта» Ц2RED-ИИ ВолГТУ, созданного в рамках реализации образовательных программ топ-уровня в сфере искусственного интеллекта (Соглашение № 70-2025-000756). Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Боргест Н. М. Социально-экономический эффект онтологического анализа при создании информационных систем // *Онтология проектирования*. 2021. Т. 11. № 1(39). С. 35—50.

Зеленский И. С., Парыгин Д. С., Савина О. В., Финогеев А. А., Шуклин А. А., Антюфеев А. Ю. Интеллектуальная поддержка решений по использованию объектов недвижимости для управления урбанизированными территориями // *International Journal of Open Information Technologies*. 2020. Т. 8. № 11. С. 13—29.

Зуев А. Ю., Калягина П. А., Парыгин Д. С., Назарова М. П., Соболевская Т. А. Систематический обзор методик оценки пешеходной привлекательности территории // *Социология города*. 2025. № 4. С. 60—76.

Зуев А. Ю., Садовникова Н. П., Парыгин Д. С. Исследование влияния морфотипа застройки города на температуру поверхности земли (на примере Волгограда: Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие территорий» (Москва, 14—16 мая 2025 г.). М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2025. С. 48—52.

Оглоблин В. А. Современные принципы градостроительной политики // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021. № 6-1(57). С. 227—229.

Щербаков А. Г., Садовникова Н. П., Парыгин Д. С., Рашевский Н. М., Гуртяков А. С. Интеллектуальная поддержка анализа градостроительных проектов на осно-

ве онтологии // *Онтология проектирования*. 2025. Т. 15. № 3 (57). С. 436—448. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-3-436-448

Abedini A., Aram F., Khalili A., Hasanlouei M. S., Asadi H. Localization of the Urban Planning Process with the Knowledge-Based Sustainable Development Approach // *Land*. 2022. Vol. 11. No. 12. P. 2266.

Barton J., Yu H. URBANIT — Urban Ontologies to Support Informed Urban Development and Planning // *Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development (KEOD-2010)*. 2010. Pp. 224—228.

Berta M., Caneparo L., Montuori A., Rolfo D. Semantic urban modelling: Knowledge representation of urban space // *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2016. Vol. 43(4). Pp. 610—639.

Caglioni M., Rabino G. A. Theoretical approach to urban ontology: a contribution from urban system analysis // *Ontologies for Urban Development. Studies in Computational Intelligence*. 2007. Vol. 61. Pp. 109—119.

Davis J. R., Grant I. W. ADAPT: A Knowledge-Based Decision Support System for Producing Zoning Schemes // *Environment and Planning B: Planning and Design*. 1987. Vol. 14. No. 1. Pp. 53—66.

Demoly F., Kim K-Y., Horváth I. Ontological engineering for supporting semantic reasoning in design: deriving models based on ontologies for supporting engineering design // *Journal of Engineering Design*. 2019. Vol. 30(10-12). Pp. 405—416.

Geertman S., Stillwell J. *Planning support systems in practice*. Springer Science & Business Media, 2012.

Hitzler P., Lehmann J., Polleres A. Logics for the Semantic Web // *Handbook of the History of Logic*. 2014. Vol. 9. Pp. 679—710.

Lee H., Yeo C., Lim S., Kim B. C., Bae K. C., Mun D. Rule-based design verification for mechanical parts with dynamic rule subset selection // *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. No. 1. Art. no. 17153.

Pelden S., Banihashemi S., Mohandes S. R., Arashpour M., Kalantari M. Enhancing infrastructure planning and design through BIM-GIS integration // *Structure and Infrastructure Engineering*. 2025. Pp. 1—20.

Tong S., Li S. Explainable Artificial Intelligence for Urban Planning: Challenges, Solutions, and Future Trends from a New Perspective // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2024. Vol. 15. No. 7. Pp. 779—787.

Tékouabou S. C. K. Identifying and classifying urban data sources for machine learning-based sustainable urban planning and decision support systems development // *Data*. 2022. Vol. 7. No. 12. P. 170.

Tupayachi J., Xu H., Omitaomu O. A., Camur M. C., Sharmin A., Li X. Towards next-generation urban decision support systems through ai-powered construction of scientific ontology using large language models — a case in optimizing intermodal freight transportation // *Smart Cities*. 2024. Vol. 7. No. 5. Pp. 2392—2421.

Research Article

Artem G. Shcherbakov✉

Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: artem.shcherbakov01@gmail.com

Danila S. Parygin

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Digital Technologies for Urban Studies Department, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: dparygin@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8834-5748

Artyom D. Chikin

Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: artyom.chikin@gmail.com

Yaroslav A. Trudov

Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: TrudovYaroslav@yandex.ru

Alexander Yu. Zuev

Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: Zuev34W@yandex.ru

**METHOD OF INTELLECTUAL SUPPORT
FOR URBAN PLANNING DECISIONS
USING ONTOLOGICAL MODELLING**

Abstract. The article is devoted to the description of a method for intelligent support of urban planning decisions in the context of widespread implementation of information modelling technologies and increased requirements for interdisciplinary coordination of design solutions. It is shown that the coordination and review procedures require not only an up-to-date digital model, but also the systematisation of knowledge about urban planning decisions, regulatory requirements, operating conditions and other parameters that influence the justification of design options. Based on an analysis of the urban planning process and regulatory and reference information, an ontological model has been developed to structure requirements, unify terminology, and compare standards with project parameters. A method of analysis has been proposed that combines data from informational, geometric, and ontological models and ensures that the digital model complies with current norms and standards. The method is invariant to a specific design task and allows for variable application depending on the completeness of the ontological model and the set of rules for the selected class of objects and design conditions. The verification results from a list of non-conformities linked to specific requirements and model elements, which improves traceability of control, simplifies coordination, and supports urban planning decisions at early stages of design.

Key words: ontology, ontological engineering, urban planning, decision support systems.

For citation: Shcherbakov A. G., Parygin D. S., Chikin A. D., Trudov Ya. A., Zuev A. Yu. (2026) Method of intellectual support for urban planning decisions using ontological modelling. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 1, pp. 110—125 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2026_1_110

Acknowledgement

The study was carried out with the support of the Center for Digital Scientific and Educational Projects and Developments in the Field of Industrial Artificial Intelligence (LI2RED-AI) of Volgograd State Technical University, created as part of the implementation of top-level educational programs in the field of artificial intelligence (Agreement 70-2025-000756). The authors express gratitude to colleagues from the Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, VSTU involved in the development of the project.

REFERENCES

- Abedini A., Aram F., Khalili A., Hasanlouei M. S., Asadi H. (2022) Localization of the Urban Planning Process with the Knowledge-Based Sustainable Development Approach. *Land*, vol. 11, no. 12, p. 2266.
- Barton J., Yu H. (2010) URBANIT — Urban Ontologies to Support Informed Urban Development and Planning. In: *Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development (KEOD-2010)*. Pp. 224—228.
- Berta M., Caneparo L., Montuori A., Rolfo D. (2016) Semantic urban modelling: Knowledge representation of urban space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 43(4), pp. 610—639.
- Borgest N. M. (2021) The socio-economic effect of ontological analysis in the creation of information systems. *Ontology of Design*, vol. 11, no. 1, pp. 35—50 (in Russian).
- Caglioni M., Rabino G. A. (2007) Theoretical approach to urban ontology: a contribution from urban system analysis. *Ontologies for Urban Development. Studies in Computational Intelligence*, vol. 61, pp. 109—119.
- Davis J. R., Grant I. W. (1987) ADAPT: A Knowledge-Based Decision Support System for Producing Zoning Schemes. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 14, no. 1, pp. 53—66.
- Demoly F., Kim K.-Y., Horváth I. (2019) Ontological engineering for supporting semantic reasoning in design: deriving models based on ontologies for supporting engineering design. *Journal of Engineering Design*, vol. 30, no. 10-12, pp. 405—416.
- Geertman S., Stillwell J. (2012) *Planning support systems in practice*. Springer Science & Business Media.
- Hitzler P., Lehmann J., Polleres A. (2014) Logics for the Semantic Web. *Handbook of the History of Logic*, vol. 9, pp. 679—710.
- Lee H., Yeo C., Lim S., Kim B. C., Bae K. C., Mun D. (2025) Rule-based design verification for mechanical parts with dynamic rule subset selection. *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1. Art. no. 17153.
- Ogloblin V. A. (2021) Modern principles of urban development policy. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, no. 6-1, pp. 227—229 (in Russian).
- Pelden S., Banihashemi S., Mohandes S. R., Arashpour M., Kalantari M. (2025) Enhancing infrastructure planning and design through BIM-GIS integration. *Structure and Infrastructure Engineering*. Pp. 1—20.
- Shcherbakov A. G., Sadovnikova N. P., Parygin D. S., Rashevskiy N. M., Gurtyakov A. S. et al. (2025) Intelligent support for the analysis of urban development projects based on ontology. *Ontologiya proektirovaniya [Ontology of Design]*, vol. 15, no. 3, pp. 436—448 (in Russian). DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-3-436-448
- Tékouabou S. C. K. (2022) Identifying and classifying urban data sources for machine learning-based sustainable urban planning and decision support systems development. *Data*, vol. 7, no. 12, p. 170.
- Tong S., Li S. (2024) Explainable Artificial Intelligence for Urban Planning: Challenges, Solutions, and Future Trends from a New Perspective. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 15, no. 7, pp. 779—787.

Tupayachi J., Xu H., Omitaomu O. A., Camur M. C., Sharmin A., Li X. (2024) Towards next-generation urban decision support systems through ai-powered construction of scientific ontology using large language models — a case in optimizing intermodal freight transportation. *Smart Cities*, vol. 7, no. 5, pp. 2392—2421.

Zelensky I. S., Parygin D. S., Savina O. V., Finogeev A. A., Shuklin A. A., Antyufeev A. Yu. (2020) Intelligent support for decisions on the use of real estate for the management of urbanized areas. *International Journal of Open Information Technologies*, vol. 8, no. 11, pp. 13—29 (in Russian).

Zuev A. Yu., Kalyagina P. A., Parygin D. S., Nazarova M. P., Sobolevskaya T. A. (2025) Systematic review of methods for assessing the walkability of urban areas. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 4, pp. 60—76 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2025_4_60

Zuev A. Yu., Sadovnikova N. P., Parygin D. S. (2025) Study of the influence of the urban development morphotype on the earth's surface temperature (using Volgograd as an example). *Collection of reports of the VII International scientific and practical conference «Sustainable Development of Territories»* (Moscow, May 14—16, 2025). Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering. Pp. 48—52 (in Russian).

Поступила в редакцию 14.02.2026

Received 14.02.2026

Принята в печать 27.02.2026

Accepted for publication 27.02.2026