

Концепция построения автоматизированной системы принятия решений в проектах комплексной жилой застройки городских территорий

В.И. Щекин

МИРЭА - Российский технологический университет, Москва

Аннотация: Работа посвящена концепции разработки автоматизированной системы для принятия градостроительных решений, направленных на реализацию сбалансированных программ комплексной жилой застройки. Система нацелена на обеспечение заданного уровня рентабельности для застройщика при достижении максимальных социально-экономических эффектов для города и населения. Целью исследования является системный анализ взаимодействия ключевых заинтересованных сторон, разработка модели многокритериальной оптимизации для определения баланса их интересов и формализация процесса выбора земельного участка. В качестве методов исследования использованы предметно-ориентированное проектирование (DDD), метод анализа иерархий для оценки инвестиционной привлекательности, а также метод многокритериальной оптимизации в рамках построения финансовой модели. В результате определена концептуальная таксономическая модель взаимодействия участников, предложен способ количественной оценки привлекательности земельных участков и разработана финансовая модель для автоматизированного расчета и оптимизации социально-экономических эффектов. Полученные модели структурируют знания в предметной области и формируют основу для проектирования архитектуры информационной системы, способной формировать стратегические решения по развитию городских территорий с учетом интересов всех участников

Ключевые слова: автоматизированная система принятия решений, концептуальная таксономическая модель, математическая модель, экономическая модель, весовые коэффициенты, комплексная жилая застройка, рентабельность, дескрипционная логика, проектно-ориентированное проектирование, модели инвестиционной привлекательности, метод анализа иерархий, баланс интересов, многокритериальная оптимизация.

Введение

Разработка проектов комплексной жилой застройки (КЖЗ) требует нахождения компромисса между коммерческими интересами девелоперов и социально-экономическими потребностями города. Создание концептуальной и математической моделей для обоснованного принятия градостроительных решений позволяет достигать необходимых социальных эффектов, сохраняя

при этом инвестиционную привлекательность территории. Такие модели позволяют гибко управлять проектами: корректировать финансовую нагрузку на застройщика в сложных рыночных условиях или, напротив, повышать требования к социальной инфраструктуре в периоды благоприятной конъюнктуры.

Автоматизированная система принятия решений (АСПР), обеспечивающая оптимальный баланс интересов, должна учитывать социально-экономические показатели территории, градостроительные нормативы, прогнозируемую рентабельность, потребности жителей и инфраструктурные ограничения. Основная проблема заключается в отсутствии объективных механизмов для автоматизированного формирования сбалансированных технико-экономических показателей, что ведет либо к созданию нерентабельных проектов, либо к ухудшению качества городской среды [1].

Целью данного исследования является разработка концепции построения АСПР для реализации сбалансированных программ КЖЗ с заданным уровнем рентабельности для застройщика и максимальным уровнем социально-экономических эффектов для города. Построение такой системы на основе методов системного анализа и прогнозного моделирования позволит формализовать процесс принятия решений, минимизировать субъективный фактор и повысить общую эффективность градостроительного планирования.

1. Концептуальная таксономическая модель реализации проекта КЖЗ

Рассмотрим ситуацию моделирования программ комплексной жилой застройки территории.

Для определения концептуальной таксономической, а впоследствии математической и экономической модели КЖЗ, мы использовали подходы

системной инженерии, дескрипционной логики, а также экономического моделирования.

Это позволило декомпозировать рассматриваемую многоуровневую комплексную систему за счет различения функциональной и конструктивной структуры, за счет выделения значимых для нас слоев (аспектов), где отношения между элементами образуют определенные сетевые взаимосвязи [2].

В качестве основы для анализа, обеспечения целостности, полноты и согласованности данных об объектах градостроительного планирования и регулирования, необходимых для принятия эффективных управленческих решений [3] были изучены и проанализированы нормативно правовые базы и результаты интервьюирования представителей профессионального сообщества.

Далее, в результате анализа предметной области с использованием аппарата дескрипционной логики ALC [4], была составлена концептуальная таксономическая модель (terminological box) [5]. Такой подход позволил математически описать исследуемую предметную область с точки зрения понятий и взаимосвязей, т.е. формализовать заинтересованные стороны и типы взаимодействий между ними (таблица №1), что в свою очередь будет использовано на последующем этапе объектно-ориентированного проектирования архитектуры, разрабатываемой автоматизированной системы принятия решений в проектах комплексной жилой застройки городских территорий.

Кроме того, построенная таксономическая модель может быть использована как база знаний (обращение к которой, в частности, возможно при помощи запросов DL Query в платформе Protege [6]), что становится существенным по мере масштабирования АСПР.

Таблица №1

Базовые концепты и отношения

Базовые концепты		Роли (отношения)	
Обозн.	Название класса	Обозн.	Название
A	Актор	finance	Финансирование как оплата объектов недвижимости
B	Банк (Bank)	credit	Кредитование юр. и физ.
C	Горожанин (Citizen)	supply	Поддержка на уровне государства (льготные ипотека, налоговые ставки и пр.)
D	Застройщик (Developer)	build	Застройка объектами жилой недвижимости
G	Администрация (Government)	permit	Выдача разрешений на строительство
R	Ресурс (Resource)	provide	Предоставление условий проживания
L	Земельный участок (Land)		

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия ключевых заинтересованных сторон в процессе реализации программ КЖС.

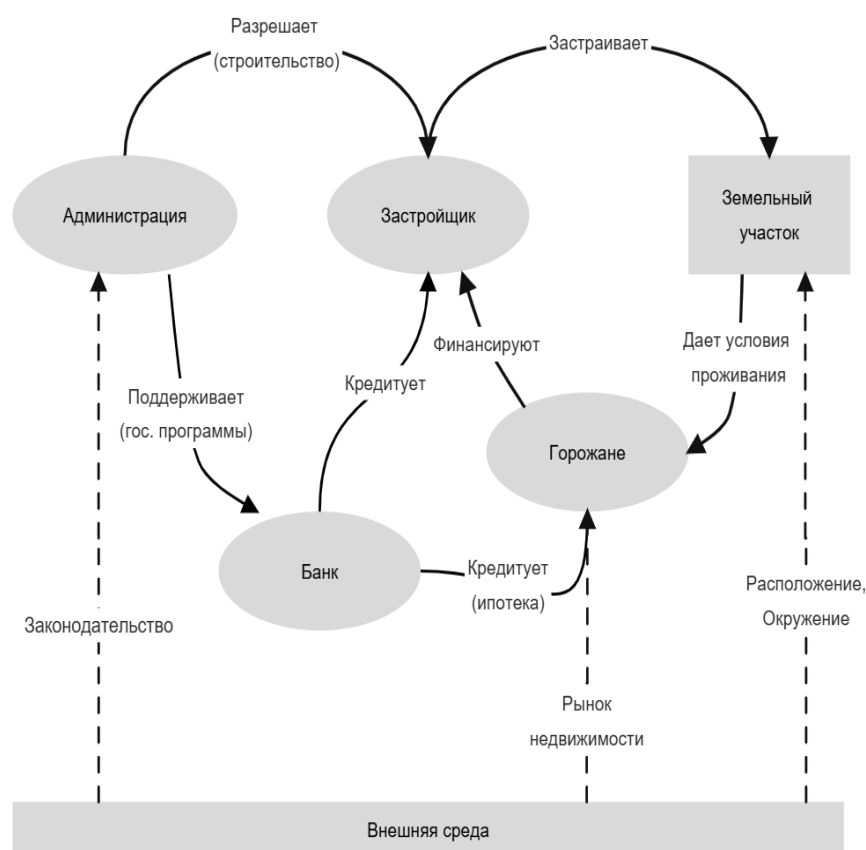


Рис. 1. Концептуальная схема взаимодействия ключевых заинтересованных сторон в процессе реализации программ комплексного развития территорий.

Опишем иерархию базовых классов разрабатываемой АСПР, представленных на концептуальной-таксономической схеме. Родительскими классами для всех остальных классов на схеме являются классы «Актор» и «Ресурс».

Дочерними классами по отношению к классу «Актор» являются «Банк», «Горожанин», «Застройщик» и «Администрация» (на схеме обозначены эллиптической формой). Дочерним классом класса «Ресурс» (на схеме обозначен прямоугольной формой) является «Земельный участок».

Для задания рамочной структуры системы необходимо задать допустимые шаблоны отношений между классами (так называемые ограничения), а также описать существующие в настоящий момент связи.

Начнем с шаблонов-ограничений:

- только администрация (правительство) разрешает строительство и применяет меры нормативно-финансовой поддержки;
- только банковские организации занимаются кредитованием на рынке недвижимости;
- только специализированные строительные организации («застройщики») занимается на земельном участке возведением жилой недвижимости;
- только земельный участок предоставляет базу для обеспечения условий проживания горожанину.

Количество существующих в системе связей и их цепочек существенно превышает количество ограничений, поэтому для примера отметим лишь наиболее существенные из них. Так администрация путем выдачи разрешений на строительство обеспечивает создание условий для жизни горожанам. Горожане в свою очередь финансируют процесс застройки участка. Их интерес ориентирован на недвижимость (где они смогут жить). Девелопер же застраивает земельные участки и предоставляет комфортную среду для жизни горожанину. Т.е. горожанин финансирует девелопера в рамках сделок по купле-продаже недвижимости.

Полученная таксономическая модель структурирует знания, обеспечивая основу для единообразного понимания предметной области, того какие понятия, сущности и отношения в ней существуют, и как они связаны между собой. Обозначенная логика построения таксономии допускает ее расширение и развитие на дальнейших этапах создания и эксплуатации АСПР.

2. Анализ рентабельности организаций застройщиков РФ

Для обоснования баланса интересов между застройщиком и городской администрацией в проектах комплексной застройки необходимо определить

ключевые экономические параметры. Один из них — средняя рентабельность проекта, позволяющая установить пределы экономической целесообразности. Её расчет показывает, при каком уровне доходности проект остаётся привлекательным для девелопера, и какие нагрузки на социальную инфраструктуру допустимы. Это позволяет выстроить сбалансированный механизм распределения ответственности, при котором сохраняется коммерческий интерес застройщика и обеспечиваются социально-экономические цели города.

Рентабельность, рассчитанная как отношение чистой прибыли к выручке, является интегральным показателем, который позволяет оценить, насколько эффективно компания преобразует свои доходы в прибыль. Это делает ее ключевым критерием для анализа финансовой устойчивости и привлекательности бизнеса, так как выручка отражает масштаб деятельности компании, а чистая прибыль характеризует конечный финансовый результат деятельности компании после всех расходов.

Для изучения показателей по рентабельности выбрано несколько ключевых строительных организаций в РФ, работающих в области жилого строительства, представленных на бирже ММВБ, а именно ПАО «Группа ЛСР», ПАО «ГК «Самолет», ПАО «ПИК-специализированный застройщик». Выбор этих компаний обусловлен их лидерством на рынке, разнообразием бизнес-моделей и доступностью финансовой отчетности

Для анализа рентабельности были использованы данные за 2020–2023 и первое полугодие 2024 года [7, 8]. Исходные данные по выручке и чистой прибыли представлены в таблице №2.

Таблица №2

Показатели рентабельности ключевых строительных организаций РФ в области жилого строительства

		ПИК	Самолет	ЛСР
2020	Выручка, млн. руб.	380 161	60 183	118 052
	Чистая прибыль, млн. руб.	86 493	4 464	12 025
	Рентабельность, %	23	7	10
2021	Выручка, млн. руб.	487 806	93 014	130 515
	Чистая прибыль, млн. руб.	103 585	8 423	16 272
	Рентабельность, %	21	9	12
2022	Выручка, млн. руб.	-	172 210	139 662
	Чистая прибыль, млн. руб.	-	15 283	13 363
	Рентабельность, %	-	9	10
2023	Выручка, млн. руб.	585 273	256 118	236 197
	Чистая прибыль, млн. руб.	52 310	26 098	28 343
	Рентабельность, %	9	10	12
2024	Выручка, млн. руб.	264 759	170 822	85 147
	Чистая прибыль, млн. руб.	40 813	4 718	4 426
	Рентабельность, %	15	3	5
Среднее значение рентабельности, %		17	8	10

Исходя из данных по выручке и чистой прибыли за 2022, 2023 и первое полугодие 2024 получили значение чистой рентабельности.

Проведенный анализ показал, что средняя рентабельность проекта по ключевым строительным организациям РФ в области жилого строительства

составляет 12%. Это значение принято в дальнейшем в качестве порогового для критерия принятия решения об инвестиционной привлекательности.

3. Описание предметной области в логике проектно-ориентированного проектирования

Для определения многокритериальных комплексных взаимосвязей, оказывающих влияние на баланс интересов различных сторон при реализации проектов КЖЗ был использован подход проектно-ориентированного проектирования (DDD Framework) [9-11]. Он предназначен для моделирования предметной области и основан на выделении из сложной системы локализованных/ограниченных контекстов (Bounded Contexts), каждый из которых имеет свою собственную функциональную и конструктивную структуру, что позволяет более эффективно управлять сложностью системы.

Внутри каждого контекста выделяются три типа подсистем, каждая из которых соответствует одному из ключевых аспектов проекта КЖЗ. Подсистемы нужны для системного описания функциональных и конструктивных особенностей в определенном выделенном контексте:

- 1) Основная подсистема (Core Subdomain) должна определять главную содержательную идею/функциональность и бизнес-логику для выделенного контекста;
- 2) Универсальная подсистема (Generic Subdomain) определяется компонентами, которые могут быть общими для различных контекстов или систем;
- 3) Вспомогательная подсистема (Supporting Subdomain) определена обеспечивающими функциональностями, которые направлены на улучшение выделенного контекста.

В соответствии с целями данной работы по созданию модели для реализации сбалансированных проектов КЖЗ с заданным уровнем рентабельности, будем рассматривать только контекст инвестиционной привлекательности. В нем выделим следующие подсистемы:

– География (core subdomain): описывает географические аспекты земельного участка (ЗУ) и окружающей территории, которые влияют на инвестиционную привлекательность.

– Привлекательность окружения (generic subdomain): отражает факторы, связанные с окружающей средой, которые могут повлиять на привлекательность проекта для инвесторов.

– Нормативы (supporting subdomain): включает нормативные требования и стандарты, которые необходимо учитывать при реализации проекта. Такие как правила землепользования и застройки (ПЗЗ), проект планировки территории (ППТ), зоны с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ)

Согласно принципам подхода DDD, каждая из этих подсистем описывается рядом включаемых в таксономическую модель параметров (атрибутов), которые рассчитывались как функции от соответствующих данных, получаемых из соответствующих источников (таблица №3).

Таблица №3

Соответствие слоев ключевых параметров и источников данных для контекста инвестиционной привлекательности

Подсистема	Ключевые атрибуты	Данные	Источники данных
География	Транспортная доступность, площадь	Географические координаты ЗУ, площадь ЗУ, расстояние от МКАД / от центра	Публичная кадастровая карта, 2ГИС, Пульс продаж
Привлекательность	Социальная инфраструктура, окружение, конкурентная среда	Расстояние, удаленность объектов окружения, удаленность от МКАД, цены на объект недвижимости	Публичная кадастровая карта, 2ГИС, Пульс продаж
Норматив. база	ПЗЗ, ППТ, ЗОУИТ, Градостроительный кодекс	Вид разрешенного использования (ВРИ), плотность, высотность	Консультант, ГИС ОГД города Москвы

4. Разработка модели инвестиционной привлекательности ЗУ в проектах КЖЗ

4.1. Метод анализа иерархий (МАИ)

Концептуальная таксономическая модель предметной области удобна для проведения структурного анализа, но не дает возможность количественно оценить привлекательность того или иного земельного участка. Для решения этой задачи был применен метод анализа иерархий. Логика метода включает:

- 1) Определение цели и критерии;
- 2) Составление матрицы попарных сравнений;
- 3) Получение нормализованных весов, которые уже можно использовать в процедуре выбора земельного участка.

Целью является определение относительной важности критериев для выбора земельного участка с точки зрения инвестиционной привлекательности. Критериями выступают атрибуты концептуальной таксономической модели, описанные выше. Матрица попарных сравнений, необходимая для расчета весов получена методом экспертного оценивания в форме анкетирования [12].

Веса были рассчитаны как нормализованные компоненты собственного вектора, отвечающего главному собственному значению матрицы попарных сравнений.

Итоговый список вычисленных нами весов атрибутов таксономической модели для сравнительной оценки инвестиционной привлекательности земельного участка доступен по ссылке: github.com/shbma/development/blob/main/weights.csv.

Реализуем выбор участка следующим образом. На первом этапе вычисляем для каждого участка усредненный вес, зная, какими атрибутами он характеризуется и какие веса соответствуют каждому их значению. На втором этапе сравниваем полученные значения для рассматриваемого набора участков и выбираем наибольшие.

Описанный способ позволяет реализовать количественную оценку инвестиционной привлекательности земельного участка на основе относительной важности критериев для выбора, являющихся атрибутами концептуальной таксономической модели.

4.2. Разработка экономической модели

Экономическое моделирование — ключевой инструмент оценки инвестиционной привлекательности девелоперских проектов. Его цель — количественно оценить прибыльность проекта с учётом всех доходов, затрат и рисков [13].

Процесс моделирования включает следующие шаги.

Работа начинается с сбора и унификации данных. Далее строится структура модели: затраты, доходы, финансирование, налоги, эффективность. Это позволяет выявить ключевые финансовые параметры проекта и провести расчет его инвестиционной привлекательности.

Следующим этапом разрабатываются различные сценарии развития — базовый, оптимистичный и пессимистичный, что дает возможность оценить устойчивость проекта в разных условиях. После этого рассчитываются денежные потоки с использованием метода DCF, учитывающего поступления и расходы в течение всего срока реализации проекта.

$$DCF = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где:

- CF_t — чистый денежный поток в период t ;
- r — ставка дисконтирования;
- T — общий срок реализации проекта.

Затем проводится анализ ключевых финансовых показателей, включая:

– чистую приведенную стоимость (NPV, Net Present Value), рассчитываемую, как:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2)$$

где I_0 — начальные инвестиционные затраты. Проект прибыльный при $NPV > 0$;

– внутреннюю норму доходности (IRR, Internal Rate of Return) — ставку дисконтирования, при которой NPV становится нулем:

$$\sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - I_0 = 0, \quad (3)$$

чем выше IRR относительно стоимости капитала (WACC), тем привлекательнее проект;

– срок окупаемости (Payback Period, PP) — период, за который сумма кумулятивных денежных потоков становится неотрицательной:

$$PP = \min \left\{ t : \sum_{i=1}^t CF_i > I_0 \right\}; \quad (4)$$

– коэффициент покрытия долга (DSCR, Debt Service Coverage Ratio), оценивающий способность проекта обслуживать заемные обязательства:

$$DSCR = CF_i \quad (5)$$

где CF — операционный денежный поток, а Debt Payment — платежи по долгам. $DSCR > 1$ указывает на достаточный запас ликвидности для обслуживания долга.

Этот этап позволяет понять, насколько инвестиционно привлекателен проект и какие потенциальные риски существуют.

Готовая модель проходит тщательную проверку и валидацию, включающую тестирование расчетов, анализ чувствительности к изменению параметров и проведение стресс-тестов. На этом же этапе модель калибруется на основе исторических данных аналогичных проектов, что повышает её точность и надежность.

Модель служит основой для переговоров с инвесторами, властями и банками. Для застройщика важны рентабельность и окупаемость, для города

— налоговые поступления и инфраструктурная нагрузка, для банков — кредитные риски и возвратность средств.

4.3. Оптимизация

На основе экономической модели проводится процедура многокритериальной оптимизации для нахождения баланса интересов. Цель — максимизация социально-экономических эффектов для города при сохранении заданного уровня рентабельности для застройщика.

Процедура оптимизации:

Шаг 0. Подготовительный: сбор данных и расчет технико-экономических показателей (ТЭП)

Шаг 1. Расчет базовых финансовых показателей проекта: расчет NPV и IRR для базового сценария (строительство ДОУ и компенсация за СОШ)

Шаг 2. Расчет дополнительной социальной инфраструктуры: расчет затрат на объекты медицины, спорта и пр., что не было включено в базовом варианте

Шаг 3. Расчет социально-экономических эффектов: количественная оценка эффектов (учебные места, рабочие места и т.д.). Для их комплексной оценки строится взвешенная сумма нормализованных значений [14]. Как критерии для оптимизации используются следующие показатели социально-значимых объектов:

- Количество учебных мест, шт;
- Количество МСП ритейл, шт;
- Количество рабочих мест, шт;
- Площадь спортивных объектов, кв.м;
- Площадь объектов медицины, кв.м.

Шаг 4. Расчет баланса между социальной инфраструктурой и прибылью: находится максимум взвешенной суммы социально-

экономических эффектов при условии, что IRR застройщика не опуститься ниже 12%.

Пример расчета

Рассматривается условный земельный участок, расположенный в Новой Москве с кадастровым номером 77:07:0013004:116 (см. Рис. 2).

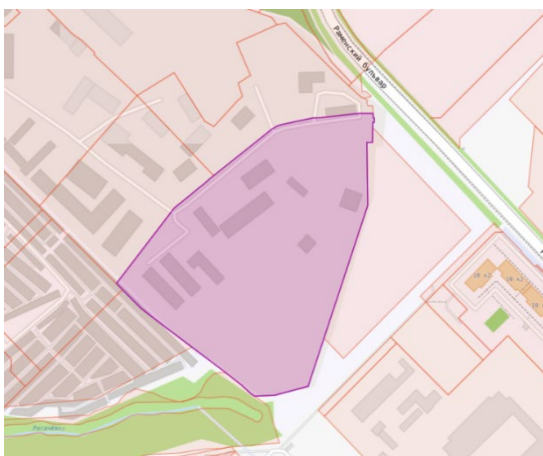


Рис. 2. Земельный участок с кадастровым номером: 77:07:0013004:116

Участок имеет следующие атрибуты: площадь 4.8 га, расстояние до центра 7 км, наличие конкурентного окружения, развитая социальная инфраструктура в пешей доступности, плотность застройки 35 000 кв.м/га, отсутствуют ЗОУИТ.

ТЭП и финансовые показатели в базовом варианте расчета:

- Суммарная площадь объекта: 168 000 кв. м.
- Чистая прибыль застройщика: 5,17 млрд руб.
- IRR: 14%
- NPV: 710 млн руб.

Оптимизация: В базовом варианте IRR (14%) превышает пороговое значение (12%). Это создает потенциал для увеличения социальной нагрузки. Проводится расчет, при котором застройщик дополнительно строит объекты медицины (1 230 кв.м) и спорта (741 кв.м).

Далее рассчитывается итоговая взвешенная сумма социально-экономических эффектов. Для этого нормализуются все показатели (учебные места, рабочие места и т.д.) и умножаются на весовые коэффициенты, определенные на основе МАИ.

В результате оптимизации и перераспределения нагрузки финансовая модель показывает, что IRR проекта остается на приемлемом уровне (не ниже 12%), в то время, как интегральный показатель социально-экономических эффектов для города значительно возрастает. Расчет показал, что значение взвешенной суммы социально-экономических эффектов для города увеличилось с 4,21 до 9,92, при этом рентабельность проекта для застройщика сохранилась на уровне, превышающем пороговые 12%

Выводы

С целью разработки математической и финансовой модели реализации сбалансированных программ комплексной жилой застройки территорий, с разумным уровнем рентабельности (12%) для застройщика и максимальным уровнем социально-экономических эффектов для города и проживающего населения, были получены следующие результаты:

- Для формализации структуры интересов сторон в редакторе онтологий Protege была разработана концептуальная таксономическая модель взаимодействия ключевых заинтересованных участников в процессе реализации программ КЖЗ;
- Для определения влияния различных атрибутов системы на баланс интересов участников, с помощью подхода предметно-ориентированного проектирования (DDD) была описана предметная область реализации проектов КЖЗ;

- При помощи метода анализа иерархий были определены весовые коэффициенты для атрибутов модели, что позволило количественно оценивать инвестиционную привлекательность земельных участков.
- Реализована интеграция таксономической модели с финансовой, что позволяет автоматизировать получение параметров участков для расчетов, повысить точность и системность оценок и значительно ускорить процесс инвестиционного анализа.
- Предложен принцип многокритериальной оптимизации, позволяющий находить баланс между рентабельностью проекта для застройщика (не ниже 12%) и максимизацией социально-экономических эффектов для города.

Полученные результаты могут быть использованы при переговорах с инвесторами, органами власти и банками. Предложенный комплексный анализ позволяет учитывать интересы всех сторон и способствует принятию взвешенных и объективных инвестиционных решений, обеспечивая устойчивое развитие городских территорий.

Литература

1. Шишелова, С. А. Совершенствование организационно-экономического механизма обеспечения комплексности застройки жилых территорий мегаполисов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 1. – С. 351. – URL: cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-organizatsionno-ekonomicheskogo-mehanizma-obespecheniya-kompleksnosti-zastroyki-zhilyh-territoriy-megapolisov/viewer (дата обращения: 07.04.2025).

2. Matni, N., Ames A. D., Doyle J. C. Theory of Control Architecture: A quantitative framework for layered multi-rate control // IEEE Control Systems

Magazine. – 2024. – Т. 44, № 3. – pp. 52–94. – URL: arxiv.org/pdf/2401.15185 (дата обращения: 07.04.2025).

3. Береговских, А. Н. Принципы формирования цифровой информационной модели для эффективного управления развитием территорий на основе комплексного градостроительного проектирования // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 4. – С. 14. – URL: esj.today/PDF/10SAVN424.pdf (дата обращения: 07.04.2025).

4. Schmidt-Schauß, M., Smolka G. Attributive concept descriptions with complements // Artificial Intelligence. – Darmstadt, 1991. – Т. 48. – pp. 1–26. – URL: ps.uni-saarland.de/Publications/documents/Schmidt-SchaussSmolka_1991_Attributive-concept.pdf (дата обращения: 07.04.2025).

5. Hitzler, P., Kretsch M., Rudolf S. Foundations of Semantic Web Technologies. – Бока-Ратон: Chapman & Hall/CRC, 2010. – 456 p. – URL: programmer-books.com/wp-content/uploads/2020/01/Foundations-of-Semantic-Web-Technologies.pdf (дата обращения: 07.04.2025).

6. Самолет. Консолидированная финансовая отчетность по МСФО за 12 мес. 2024 // Самолет: [сайт]. – URL: samolet.ru/investors/shareholders/financialresults/ (дата обращения: 14.05.2025)

7. ПИК СЗ. Сводная консолидированная отчетность // Центр раскрытия корпоративной информации: [сайт]. – URL: e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=44&type=4 (дата обращения: 14.05.2025)

8. ЛСР. Финансовая отчетность по МСФО // Группа ЛСР: [сайт]. – URL: lsrgroup.ru/raskrytie-informaczii/buxgalterskaya-otchetnost-po-msfo (дата обращения: 14.05.2025)

9. Миллер, С., Тьюн Н. Предметно-ориентированное проектирование. Паттерны, принципы и методы. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 832 с.
10. Вернон, В. Предметно-ориентированное проектирование. Самое основное. – Санкт-Петербург: Диалектика, 2017. – 157 с.
11. Эванс, Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD). Структуризация сложных программных систем. – Санкт-Петербург: Вильямс, 2020. – 448 с.
12. Александрова А. В. Методы исследования систем управления. Москва: МАТИ. 2005, 159с.
13. Тихомиров, Д. В. Финансовое моделирование: подходы, примеры, задачи: учебное пособие. — Санкт-Петербург: СПбГЭУ, 2018. — 160 с. — ISBN 978-5-7310-4569-8.
14. Подиновский, В. В. Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений: Pro et contra // Бизнес-информатика. — 2013. — № 3. — С. 41–48. — URL: bijournal.hse.ru/data/2013/10/11/1281327437/5.pdf (дата обращения: 14.05.2025).
15. Musen, M.A. The Protégé project: A look back and a look forward. AI Matters. Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence, 1(4), June 2015. URL: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27239556/.

References

1. Shishelova, S. A. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenerny`x tekhnologij. 2022. T. 84, № 1. p. 351. URL: cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-organizatsionno-

- ekonomicheskogo-mehanizma-obespecheniya-kompleksnosti-zastroyki-zhilyh-territoriy-megapolisov/viewer (date assessed 07.04.2025).
2. Matni, N., Ames A. D., Doyle J. C. IEEE Control Systems Magazine. 2024. T. 44, № 3. pp. 52–94. URL: arxiv.org/pdf/2401.15185 (date assessed 07.04.2025).
 3. Beregovskix, A. N. Vestnik evrazijskoj nauki. 2024. T. 16, № 4. p. 14. URL: esj.today/PDF/10SAVN424.pdf (date assessed 07.04.2025).
 4. Schmidt-Schauß, M., Smolka G. Artificial Intelligence. Darmstadt, 1991. T. 48. pp. 1–26. URL: ps.uni-saarland.de/Publications/documents/SchmidtSchaussSmolka_1991_Attributive-concept.pdf (date assessed 07.04.2025).
 5. Hitzler, P., Kretsch M., Rudolf S. Foundations of Semantic Web Technologies. Boca-Raton: Chapman & Hall/CRC, 2010. 456 p. URL: programmer-books.com/wp-content/uploads/2020/01/Foundations-of-Semantic-Web-Technologies.pdf (date assessed 07.04.2025).
 6. Musen, M.A. The Protégé project: A look back and a look forward. AI Matters. Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence, 1(4), June 2015. URL: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27239556/. (date assessed 14.05.2025).
 7. Samolet. Konsolidirovannaya finansovaya otchetnost' po MSFO za 12 mes. 2024. Samolet: [sajt]. [The plane. Consolidated financial statements under IFRS for 12 months 2024. Airplane: [website]. URL: samolet.ru/investors/shareholders/financialresults/ (date assessed: 14.05.2025)
 8. PIK SZ. Svodnaya konsolidirovannaya otchetnost'. Centr raskry'tiya korporativnoj informacii: [sajt]. [PIK SZ. Consolidated financial statements. Corporate Information Disclosure Center: [website]. URL: e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=44&type=4 (date assessed: 14.05.2025)
-

9. LSR. Finansovaya otchetnost' po MSFO. Gruppa LSR: [sajt]. [LSR. Financial statements in accordance with IFRS LSR Group: [website]. URL: lsrgroup.ru/raskrytie-informaczii/buxgalterskaya-otchetnost-po-msfo (date assessed: 14.05.2025)
10. Miller, S., T'yun N. Predmetno-orientirovannoe proektirovanie. Patterny', principy' i metody'. [Subject-oriented design. Patterns, principles, and methods]. Sankt-Peterburg: Piter, 2017. 832 p.
11. Vernon, V. Predmetno-orientirovannoe proektirovanie. Samoe osnovnoe. [Subject-oriented design. The most basic thing]. Sankt-Peterburg: Dialektika, 2017. 157 p.
12. E'vans, E'. Predmetno-orientirovannoe proektirovanie (DDD). Strukturizaciya slozhny'x programmny'x sistem. [Domain-specific design (DDD). Structuring of complex software systems]. Sankt-Peterburg: Vil'yams, 2020. 448 p.
13. Aleksandrova A. V. Metody' issledovaniya sistem upravleniya. [Methods of control systems research]. Moskva: MATI. 2005, 159p.
14. Tixomirov, D. V. Finansovoe modelirovanie: podxody', primery', zadachi: uchebnoe posobie. [Financial modeling: approaches, examples, tasks: a textbook]. Sankt-Peterburg: SPbGE'U, 2018. p 160 p. p ISBN 978-5-7310-4569-8.
15. Podinovskij, V. V. Biznes-informatika. 2013. № 3. pp. 41–48. URL: bijournal.hse.ru/data/2013/10/11/1281327437/5.pdf (date assessed 14.05.2025).

Дата поступления: 3.06.2025

Дата публикации: 25.07.2025