

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО****Теоретическая модель «умного» градостроительства как киберфизического комплекса**

УДК: 711

DOI: 10.47055/19904126\_2023\_4(84)\_12

**Спиридонов Владимир Юрьевич**

кандидат архитектуры,  
советник Российской академии архитектуры и строительных наук;  
ведущий архитектор,  
Девелоперская компания «Древо».  
SPIN-код: 7151-8644  
Россия, Самара, e-mail: sv-abyss@mail.ru

**Аннотация**

Представленная теоретическая модель «умного» градостроительства демонстрирует возможность интеграции современных универсальных и специализированных информационных платформ с соответствующими программами и методами планирования, «цифровыми близнецами» и технологиями автоматизации процессов моделирования в методологию прогрессивного пространственного планирования сложных градостроительных систем. Предлагаемая методология стратегического градостроительного планирования регионов и макрорегионов основана на системе закономерностей и принципов диалектического единства в целеполагании, прогнозировании, программировании, проектировании и реализации решений их развития. Всего представлено десять спаренных групп принципов с учетом пяти закономерностей, каждая из которых включает по три принципа. В рамках данного исследования применяется синтез специализированных понятийных аппаратов в сферах стратегического градостроительного и информационного планирования и моделирования, определяется понятие сильного искусственного градостроительного интеллекта. Представляется состав градостроительных информационных платформ, включающий эвристическую, имитационную, программную, проектную платформы, платформу автоскрининга реализации, а также их наиболее важные функции моделирования на базе «цифрового двойника» объекта планирования, внедрения соответствующих передовых научных и технологических знаний, интеграции успешных практик, механизмов диагностики и контроля реализации решений развития региональной системы расселения. Демонстрируется теоретико-диагностическая структура критериев оценки территориального и пространственного развития регионов.

**Ключевые слова:**

искусственный градостроительный интеллект, планирование, цифровой двойник, информационные платформы

**Imagery and compositional solutions of rural landscape in Sverdlovsk/Ekaterinburg painting art of the last third of the 20th century**

УДК: 711

DOI: 10.47055/19904126\_2023\_4(84)\_12

**Spiridonov Vladimir Yu.**

PhD. (Architecture),  
Adviser to the Russian Academy of Architecture and Civil Engineering  
Lead Architect,  
«Drevo» Real Estate Development Company.  
SPIN-код: 7151-8644  
Russia, Samara, e-mail: sv-abyss@mail.ru

**Abstract**

A theoretical model of "smart" urban planning is presented. The model demonstrates the possibility of integrating modern universal and specialized information platforms with appropriate planning programs and methods, "digital twins", and modeling automation technologies into the methodology of advanced spatial planning of complex urban

*systems. The methodology of strategic urban planning for regions and macroregions is based on a system of laws and principles of dialectical unity in goal-setting, forecasting, programming, and design and implementation of solutions for their development. In total, ten paired groups of principles are presented, taking into account five patterns, each of which includes three principles. Within the framework of this study, a synthesis of specialized concepts is used in the areas of strategic urban planning and information planning and modeling, and the notion of strong artificial urban intelligence is defined. The composition of urban planning information platforms includes heuristic, simulation, software, design, and implementation automonitoring platforms, as well as their most important modeling functions based on the "digital twin" of the object planned, introduction of appropriate advanced scientific and technological knowledge, integration of successful practices, and mechanisms for diagnosing and monitoring the implementation of solutions for the development of regional settlement systems. The theoretical and diagnostic structure of criteria for assessing the territorial and spatial development of regions is demonstrated.*

**Keywords:**

*artificial urban intelligence, planning, digital twin, information platforms*

**Введение**

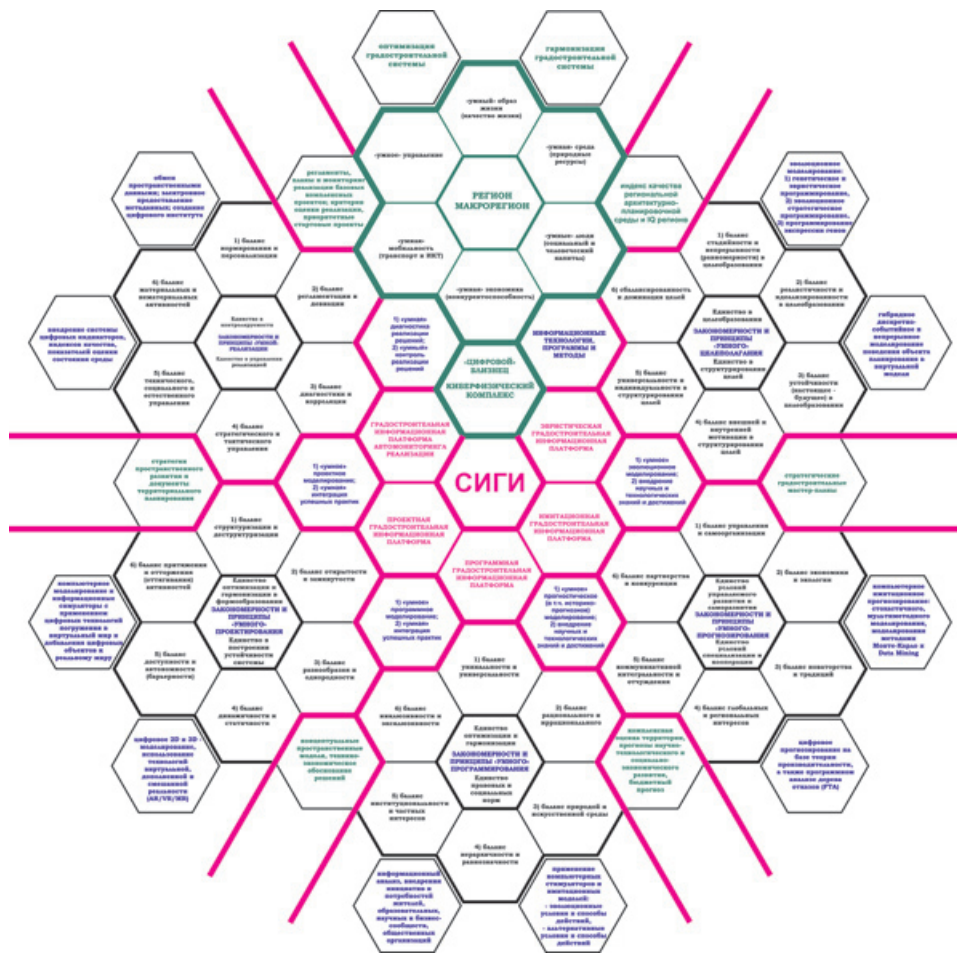
Работа посвящена поискам решений реализации задач по внедрению прогрессивных «умных», или информационно-коммуникационных, технологий в процесс современного стратегического градостроительного планирования регионов и макрорегионов в рамках приоритетного направления Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации – переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Данное исследование напрямую связано с разделами 2.1.2. Градостроительство, 1.1.3. Математическое моделирование и 1.1.5. Искусственный интеллект Перечня приоритетных направлений развития фундаментальных научных исследований в России на долгосрочный период до 2030 года (распоряжение Правительства РФ № 3684-р от 31.12.2020); с рядом приоритетных направлений развития фундаментальных научных исследований РААСН и Минстроя России (в том числе №1-5,7,12); с реализацией Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Указ Президента РФ № 490 от 10.10.2019).

В рамках представленного исследования предложена теоретическая модель «умного» градостроительства, которая включает систему закономерностей и принципов стратегического пространственного планирования с соответствующим набором прогрессивных информационных платформ, технологий, программ и методов. Данная модель интегрирует структуру закономерностей и группы принципов современного градостроительного планирования региона (макрорегиона), а также универсальные и специализированные информационные платформы с соответствующими программами и методами планирования, «цифровыми близнецами» и технологиями автоматизации процессов моделирования.

**Методика** настоящего исследования базируется на применении, во-первых, общих методов эмпирического познания в рамках подготовки документов территориального планирования и аналитических моделей стратегического пространственного развития регионов и макрорегионов с применением современных информационных технологий, а также административно-управленческой деятельности с учетом внедрения ГИС-систем и «умных» технологий; во-вторых, методов теоретического познания с последовательным использованием принципов и методов анализа и обобщения теоретических концепций, практических примеров мирового и отечественного опыта внедрения прогрессивных технологий стратегического пространственного и территориального планирования и цифровизации в сфере градостроительства. Используются отдельные принципы и приемы системного анализа в рамках критического обзора нормативно-правовых документов внедрения «умных» технологий и специализаций в городскую и региональную систему, а также отечественных и общемировых нормативов и критериев оценки по направлениям: «умный» город, «умный» регион, индикаторы устойчивого развития, индекс качества городской и региональной среды.

Степень изученности вопроса раскрывается в ранее опубликованных статьях, посвященных вопросам внедрения «умных» технологий и цифровизации в градостроительное планирование, подготовленных в рамках научно-исследовательской работы «Научные основы «умного градостроительства» (на примере Уральского региона и его городов)» (Колясников В.А., Спиридонов В.Ю., номера государственного учета в ЕГИСУ НИОКТР 121111500185-2, 222022100154-9, 223020202004-9).

Практическая значимость настоящего исследования заключается в возможности применения его положений



Теоретическая модель «умного» градостроительства. Авт. В.Ю. Спиридонов

в подготовке нормативных требований к современному пространственному и территориальному планированию регионов и макрорегионов, агломерационных форм расселения, внедрению соответствующих цифровых технологий, программ и методов в градостроительное планирование, в учебный процесс.

**Основы развития стратегического градостроительного планирования в «умном» градостроительстве**

Академик РААСН И.М. Смоляр в 2001 г. представил градостроительное планирование как систему: Прогнозирование – Программирование – Проектирование. Современное стратегическое планирование, к которому относится градостроительное планирование административно-территориальных образований, согласно Федеральному закону «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ, основано на процессах: целеполагание, прогнозирование, планирование, программирование, управление (в том числе мониторинг и контроль) реализацией развития. В настоящей работе предлагается определить методологию современного стратегического градостроительного планирования региона (макрорегиона) как систему закономерностей, принципов и методов целеполагания, прогнозирования, программирования, проектирования, реализации решений на долгосрочную, среднесрочную перспективу и расчетный срок с применением понятийного аппарата, соответствующего градостроительной деятельности.

Целеполагание в стратегическом градостроительном планировании региона (макрорегиона) связано с определением видения, миссии, целей, приоритетных задачи направлений пространственного развития данной территории. При этом документами установления видения, миссии, целей, приоритетных задач и направлений могут выступать стратегические градостроительные «мастер-планы». Прогнозирование определяется разработкой научно обоснованных вариантов (сценариев) градостроительного развития территории в рамках целеполагания. Оно включает комплексную оценку территории (например, методами SWOT и STEP-анализа), прогнозы научно-технологического и социально-экономического развития,

бюджетный прогноз. Стратегическое градостроительное программирование характеризуется разработкой программ, направленных на достижение целей и приоритетов пространственного развития территорий. Данный этап планирования может включать такие документы, как концептуальные пространственные модели, технико-экономическое обоснование решений. Базовое комплексное проектирование направлено на разработку проектов достижения поставленных целей и приоритетов. Оно определяется стратегиями пространственного развития и документами территориального планирования. Планирование реализации решений основано на разработке регламентов, планов и мониторинга реализации базовых комплексных проектов, на установлении критериев оценки реализации, а также на внедрении приоритетных стартапных проектов (инновационных моделей «запуска» основных направлений реализации решений).

В настоящем исследовании предлагается подход, учитывающий диалектические противоречия в пространственном развитии объекта урбанизации. Этот подход связан с установлением принципов диалектического единства в целеполагании, прогнозировании, программировании, проектировании, реализации решений: единство в целеобразовании и структурировании целей; единство условий управляемого развития и саморазвития, специализации и кооперации; оптимизации и гармонизации, правовых и социальных норм; единство оптимизации и гармонизации в формообразовании и построении процессов в рамках проектирования; единство контролируемости и управления реализацией. Эти группы принципов раскрываются в структуре принципов баланса противоречий в планировании и развитии пространственного объекта как сложной градостроительной системы, обладающей стохастичностью и недетерминированным поведением.

Единство в целеобразовании характеризуется зависимостью целей от стадии планирования и цикла (или фазы) развития пространственной системы, что выражается в принципе обеспечения баланса стадийности и непрерывности (или равномерности) в рамках установления задач и приоритетов планирования. Также единство в целеобразовании связано с зависимостью целей от стадии познания самого объекта планирования (учет исторического контекста развития градостроительной системы) [1] и от временной перспективы планирования, определяющих содержание принципа обеспечения баланса реалистичности и идеализированности. Наконец следует отметить необходимость учета интересов настоящего и будущих поколений, понимания возможного ущерба и условий его восполнения, что может отражаться в принципе баланса устойчивости (настоящее – будущее) в целеобразовании.

*Единство* в структурировании целей определяется управляющим воздействием целей вышележащих по иерархическому уровню на цели нижележащих, а также самодетерминацией объекта планирования [2]. Это отражается в принципе баланса внешней и внутренней мотивации в структурировании целей. Второй принцип данной группы – принцип баланса универсальности и индивидуальности в структурировании целей. Он связан с необходимостью применения соответствующих форм (структур) представления целей, например в виде дерева целей. Еще один принцип данной группы – сбалансированность и доминанция целей. Он определяет важность установления перспективных и приоритетных целей.

Принципы стратегического градостроительного прогнозирования объединяются в группы диалектического единства условий управляемого развития и саморазвития, единства условий специализации и кооперации.

Принципами единства условий управляемого развития и саморазвития пространственной системы являются: баланс управления и самоорганизации, баланс экономики и экологии, баланс новаторства и традиций. Первый принцип раскрывается в поиске вариантности, альтернативности и вероятности при прогнозировании развития объекта градостроительного планирования [3]. Второй принцип характеризуется обеспечением экологической и технологической безопасности, ресурсосбережения, воспроизводства экологической среды в рамках прогнозного моделирования развития системы. Третий принцип определяется преемственностью развития градостроительного объекта, где регион (макрорегион) выступает объектом развития ценных традиций градостроительной культуры [4].

Единство условий специализации и кооперации раскрывается в принципах баланса глобальных и региональных интересов, баланса коммуникативной интегральности и отчуждения, баланса партнерства и конкуренции. Принцип баланса глобальных и региональных интересов определяет необходимость учета требований осуществления международных обязательств (имплантация международного права) на внутригосударственном, в том числе на региональном и местном уровнях, при сохранении внутренних региональных потребностей и приоритетов [5]. Принцип баланса коммуникативной интегральности и отчуждения связан с учетом многообразия противоречивых взаимозависимостей в системе мировых урбанистических и инфраструктурно-коммуникационных процессов, а также с вопросами обеспечения национальной безопасности градостроительными средствами. Последний принцип данной группы

характеризуется необходимостью установления различных взаимосвязей и соответствующих зон совместных интересов, видов возможных конкуренций в рамках использования той или иной стороной-пионером ресурса как инициативного преимущества его развития [6].

Группы принципов стратегического градостроительного программирования развития региона (макрорегиона) включают принципы диалектического единства оптимизации и гармонизации, а также единства правовых и социальных норм.

Единство оптимизации и гармонизации в программировании раскрывается, во-первых, в балансе уникальности и универсальности, во-вторых, в балансе рационального и иррационального, в-третьих, в балансе природной и искусственной среды. Эта группа принципов направлена соответственно на эффективное использование научных, материальных и инвестиционных ресурсов, связанных с развитием уникальных особенностей объекта планирования как его конкурентных преимуществ [6]; на нормативную оптимизацию и композиционную гармонизацию объекта планирования как произведения градостроительного искусства [7]; на достижение композиционного единства природной и антропогенной (архитектурно-пространственной) среды.

Группа единства правовых и социальных норм включает принципы баланса иерархичности и равнозначности, институциональности и частных интересов, инклюзивности и эксклюзивности. Она выражается в потребности учета: вышележащих управляющих воздействий и внутренних факторов на объект планирования; сложившихся пространственных институций как процессов социального закрепления за отдельными территориями (локусами) с их субъектами и объектами определенных функций, развития пространственных институций с их социальными нормами, правилами и ограничениями [8]; обеспечения равных социальных, правовых и иных условий при разных социально-экономических возможностях и приоритетности интересов местных жителей [9].

Базовое комплексное проектирование раскрывается в обеспечении диалектического единства оптимизации и гармонизации в формообразовании объекта планирования и построении устойчивости системы.

*Единство оптимизации и гармонизации в формообразовании* определяется принципами баланса структуризации и деструктуризации, открытости и замкнутости, разнообразия и однородности. Первый связан с необходимостью зонирования территории региона (макрорегиона) как объекта планирования, образованием структур и каркасов его пространственного развития, их целостностью и фрагментацией (прерывностью); второй – с обеспечением гибкости градостроительной системы путем открытости или замкнутости ее структур и каркасов; третий – с обоснованным использованием типологии и разнообразия как необходимого условия эффективного развития пространственного объекта.

*Единство оптимизации и гармонизации в построении устойчивости системы* раскрывается в принципах баланса динамичности и статичности, доступности и автономности (барьерности), притяжения и отторжения (оттягивания) активностей региона (макрорегиона) как градостроительной системы. Эти принципы определяют: необходимость адаптации и трансформации градостроительной системы как ее реакции на внешние возмущающие воздействия и внутренние процессы; обеспечение дифференцированности и относительной независимости различных элементов такой системы, связанных с ее пространственными активностями; сохранение целостности пространственного объекта в условиях внешней и внутренней конкуренции.

В состав групп принципов планирования реализации входят принципы диалектического единства в контролируемости и в управлении реализацией.

Единство в контролируемости управления реализацией раскрывается в принципах баланса нормирования и персонализации, регламентации и девиации, диагностики и корреляции. Первый принцип связан с обеспечением измеряемости и эффективности проектируемого состояния архитектурно-планировочной среды региона (макрорегиона) на основе ее соответствия требованиям нормативной документации, с установлением ключевых показателей эффективности объекта планирования. Второй принцип раскрывается в формировании правил использования территорий пространственной системы на основе документов ее градостроительного, историко-культурного, природоохранного, экологического и иного зонирования. Третий характеризуется необходимостью мониторинга (статистики) реализации проектных решений, анализом и оценкой эффективности полученных результатов, а также корректировкой проектных предложений вплоть до пересмотра задач планирования.

На достижение единства в управлении реализацией направлены принципы баланса: стратегического и тактического управления; технического, социального и естественного управления; материальных и нематериальных активностей. Эта группа принципов определяет обеспечение взаимосвязанности стратегий пространственного развития, документов градостроительного планирования и соответствующих программ и проектов реализации; гибкость в управлении, учет активностей (участия) государства, жителей, бизнеса, научных и общественных институтов в реализации; формирование комфортной, безопасной и благоустроенной среды жизнедеятельности; обеспечение маржинальности (прибыльности или доходности) с учетом развития духовно-культурных благ.

### **Основы градостроительного планирования на базе сильного искусственного градостроительного интеллекта**

Сильный искусственный градостроительный интеллект (СИГИ) профессор В.А. Колясников рассматривает как систему технологических решений, обеспечивающих единство функционально-утилитарной и художественно-эстетической организации градостроительных объектов с использованием киберфизического комплекса, основными компонентами которого являются универсальные и специализированные информационные платформы с соответствующими программами и методами планирования – «цифровыми двойниками» и технологиями автоматизации процессов моделирования.

Информационными платформами в соответствии с системой закономерностей, принципов и методов прогрессивного стратегического градостроительного планирования (целеполагания, прогнозирования, программирования, проектирования, реализации решений) в рамках СИГИ соответственно рассматриваются: эвристическая, имитационная, программная, проектная информационные градостроительные платформы, градостроительная информационная платформа автомониторинга реализации.

В рамках обеспечения внедрения закономерностей и принципов «умного» целеполагания наиболее активной выступает *эвристическая градостроительная платформа*, направленная на «умное» эволюционное моделирование поведения пространственной системы на базе «цифрового двойника» и внедрение научных и технологических знаний о национальной (общемировой) системе расселения и трансграничных (трансконтинентальных) коммуникационных и интеграционных процессах и связях. При этом единство в целеобразовании обеспечивается посредством применения информационных технологий, программ и методов эволюционного моделирования (Дж. Холланд, 1975) объекта планирования: генетическое и эвристическое программирование (использование алгоритмов) путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров; эволюционное стратегическое программирование или моделирование путем изменения числовых значений положительных мутаций; программирование экспрессии генов. Обеспечению единства в структурировании целей могут способствовать информационные технологии, программы и методы применения гибридного дискретно-событийного (в цикле дискретных временных шагов) и непрерывного моделирования (Дж. Гордон, 1961) поведения региона (макрорегиона) в виртуальной модели мировой (и национальной) градостроительной системы.

Вопросы эволюционного моделирования в последние годы рассматривают такие отечественные исследователи, как В.Т. Матчин [10], В.В. Гудилов [11, 12], В.В. Курейчик, О.В. Смирнова (Эволюционное моделирование при принятии решений), А.А. Мусаев [13], М.Н. Хохлова. Изучением особенностей гибридного дискретно-событийного моделирования занимаются В.М. Шпаков [14, 15], Е.Ю. Парийская [16], А.А. Воробьев, М.П. Филяев, А.С. Якшин [17] и другие исследователи.

Имитационная градостроительная платформа выступает наиболее активной для решения задач в рамках группы закономерностей и принципов «умного» прогнозирования. Данная платформа связана, во-первых, с «умным» прогностическим (в том числе историко-прогнозным) моделированием поведения пространственной системы на базе «цифрового двойника», во-вторых, с внедрением научных и технологических знаний о вероятностном моделировании пространственной системы. В рамках данной теоретической модели группа принципов единства условий управляемого развития и саморазвития обеспечивается путем применения программных пакетов компьютерного имитационного прогнозирования с использованием вероятностных методов (Г.И. Пятецкий-Шапиро, 1989), в том числе стохастического моделирования развития системы с недетерминированным вероятностным поведением, мультиметодного моделирования, моделирования методами Монте-Карло с использованием группы численных методов для изучения случайных процессов и применением генератора случайных величин, например, алгоритмов – нейронные сети, стохастическая оптимизация, генетические алгоритмы (С. Улам и Дж. Фон Нейман, 1940-е); методика Data Mining (добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных).

[https://archvuz.ru/2023\\_4/12/](https://archvuz.ru/2023_4/12/)

Единство условий специализации и кооперации основано на применении информационных технологий, программ и методов, разработанных в области прогнозирования производительности (Дж. Б. Кларк, теория предельной производительности) с учетом факторов производительности, предельной полезности, длительности циклов, пропускной способности при средних и пиковых нагрузках, иных факторов. Также к данной группе следует отнести программный анализ дерева отказов (FTA, Х.А. Уотсон, 1962), направленный на выявление нежелательного состояния системы: логика, ведущая к главному событию (нежелательному состоянию); соответствие (входной) системы требованиям безопасности и надежности; приоритеты участников, ведущих к главному событию (нежелательному состоянию); списки критических событий; минимизация и оптимизация ресурсов.

Имитационное моделирование (симуляция) для прогнозирования поведения сложных систем сегодня активно изучается такими отечественными исследователями, как М.С. Эльберг, Н.С. Цыганков [18], А.Р. Горбунов, Н.Н. Лычкина [19], Б.И. Клебанов, Е.П. Дегтярев, А.В. Немтинов, И.М. Москалев, Н.А. Бегунов [20]; А.Ф. Тараскин, Н.Н. Пасьгина, А.А. Пасьгин, И.С. Крысанов (Статистическое моделирование с применением метода Монте-Карло). Вероятностные стохастические модели рассматриваются такими учеными, как А.А. Мусаев, А.В. Макшанов [21], Ю.Д. Кононов, В.Н. Тыртышный, Д.Ю. Кононов [22], А.Г. Плавник, А.Н. Сидоров [23]. Аналитику на базе дерева отказов сегодня изучают А.В. Антонов, Е.Ю. Галивец, В.А. Чепурко, А.Н. Черняев [24], А.Ф. Берман, Н.Ю. Павлов, О.А. Николайчук [25].

Наиболее активной для группы закономерностей и принципов «умного» программирования следует отметить программную информационную градостроительную платформу, которая направлена на «умное» программное моделирование поведения пространственной системы на базе «цифрового двойника» и «умную» интеграцию успешных практик пространственного программирования. Здесь моделирование в целях обеспечения единства оптимизации и гармонизации в программировании может обеспечиваться за счет применения компьютерных стимуляторов и имитационных моделей, направленных на компьютерные эксперименты для выявления возможных эффектов от эволюционных условий и способов действий, прежде всего, композиционного развития и оптимизации планировочной системы, а также альтернативных условий и способов действий, в том числе с учетом применения методов информационного анализа степени реализации ранее утвержденных документов развития системы и методов цифрового измерения развития композиции планировочной системы. Применение компьютерных стимуляторов призвано внедрить успешные практики моделирования, градостроительных стилистических приемов, композиционной упорядоченности и образной идентичности объекта планирования.

При этом критериями оценки гармонизации пространственной среды могут рассматриваться: степень развития градостроительных традиций, сохранность историко-культурного наследия и культурное разнообразие, самобытность и уникальность, сохранность уникальной экосистемы территории, уровень трансформации социокультурного каркаса. Наиболее существенными объектами композиционного моделирования являются: зоны и территории с повышенными архитектурно-художественными требованиями, объекты имиджевой составляющей, архитектурно-градостроительные ансамбли, силуэт застройки, системы открытых пространств и общественных мест, инновационные территории, центральные и периферийные районы, морфология градостроительного объекта, панорамы и перспективы восприятия городской и межселенной среды. Критерии оптимизации могут быть заложены в региональные нормативы градостроительного проектирования. Моделирование оптимального состояния территории систем расселения распространяется на системы населенных мест, в том числе городские агломерации и их группы, производственные и природно-рекреационные пространственные комплексы, транспортный и инженерный каркасы, инновационные, социальные, рекреационно-туристические, историко-культурные и природоохранные инфраструктуры, сельскохозяйственные комплексы, территории индивидуального жилищного строительства, включая территории дачного и малоэтажного жилья, садов и огородов [26].

В целях реализации принципов группы единства правовых и социальных норм могут применяться площадки информационного анализа, внедрения инициатив и потребностей жителей, образовательных, научных и бизнес-сообществ, общественных организаций (например, анализ восприятия уровня комфортности среды жизнедеятельности на основе «шкалы эмоционального восприятия территорий» с учетом «агрегированной эмоциональной оценки жителей»), а также внедряться механизмы организации архитектурно-градостроительных профессиональных советов с использованием цифровых технологий, общественных советов обсуждения инициатив по градостроительному развитию объекта планирования на базе информационных площадок [27].

Инструментарием группы закономерностей и принципов «умного» проектирования может выступать проектная информационная градостроительная платформа с функциями «умного» проектного моделирования поведения пространственной системы на базе «цифрового двойника» и «умной»

интеграции успешных практик пространственного проектирования. При этом в рамках обеспечения реализации единства оптимизации и гармонизации в формообразовании выступает цифровое 2D и 3D-моделирование градостроительной системы, использование технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности (AR/VR/MR) [28]. Единство оптимизации и гармонизации в построении устойчивости системы может быть обеспечено за счет внедрения таких информационных технологий, программ и методов, как компьютерное моделирование и информационные симуляторы (2D и 3D-моделирование на стадии проектирования объекта планирования или его процессов) с применением цифровых технологий погружения человека в виртуальный мир и добавления цифровых объектов к реальному миру [29].

В целях внедрения информационных технологий, программ и методов в процесс «умной» реализации следует использовать градостроительную информационную платформу автоматического мониторинга реализации. Ее основными функциями выступают «умная» диагностика реализации решений пространственного развития и «умный» контроль реализации решений пространственного развития. В рамках этой информационной модели единство в контролируемости решений обеспечивается путем интеграции цифровых критериев и индикаторов (индексов качества, показателей оценки фактического состояния) оценки реализации по направлениям IQ регионов: «умная» среда (природные ресурсы), «умный» образ жизни (качество жизни), «умные» люди (социальный и человеческий капитал), «умная» экономика (конкурентоспособность), «умная» мобильность (транспорт и ИКТ), «умное» управление. Возможная теоретико-диагностическая структура критериев оценки территориального и пространственного развития регионов представлена в табл. 1–3. Их построение основано на анализе критериев оценки состояния пространственной среды по направлениям: «умный» город и «умный» регион (отечественный и мировой опыт), индикаторы устойчивого развития (отечественный и мировой опыт), индекс качества городской и региональной среды (табл. 4).

*Таблица 1  
Индикаторы территориального развития регионов (В.Ю. Спиридонов)*

Пространства по ВРИ / Критерии оценки по ИКГС	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
	% ВРИ от всей территории	Безопасность	Комфортность	Экологичность и здоровье	Идентичность и разнообразие	Современность и актуальность среды	Эффективность управления
Сельское хозяйство	1А	1Б	1В	1Г	1Д	1Е	1Ж
Жилье	2А	2Б	2В	2Г	2Д	2Е	2Ж
Общественное обслуживание	3А	3Б	3В	3Г	3Д	3Е	3Ж
Предпринимательство	4А	4Б	4В	4Г	4Д	4Е	4Ж
Отдых (рекреация)	5А	5Б	5В	5Г	5Д	5Е	5Ж
Производство	6А	6Б	6В	6Г	6Д	6Е	6Ж
Транспорт	7А	7Б	7В	7Г	7Д	7Е	7Ж
Обеспечение обороны и безопасности	8А	8Б	8В	8Г	8Д	8Е	8Ж
Особо охраняемые природные территории	9А	9Б	9В	9Г	9Д	9Е	9Ж
Леса	10А	10Б	10В	10Г	10Д	10Е	10Ж
Водные объекты	11А	11Б	11В	11Г	11Д	11Е	11Ж
Территории общего пользования	12А	12Б	12В	12Г	12Д	12Е	12Ж
Сады и огороды	13А	13Б	13В	13Г	13Д	13Е	13Ж
ИЖС (коттеджные и спальные поселки)	14А	14Б	14В	14Г	14Д	14Е	14Ж



Таблица 2

## Индикаторы пространственного развития регионов (В.Ю. Спиридонов)

Пространственные структуры / Критерии оценки	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
	Степень (Ко) использования	Природные ресурсы	Качество жизни	Социальный и человеческий капитал	Конкурентоспособность	Транспорт и ИКТ	Эмоциональное восприятие	Умные технологии и специализации	Эффективность управления
Системы населенных мест, в том числе городские агломерации, их группы	1А	1Б	1В	1Г	1Д	1Е	1Ж	1З	1И
Производственные пространственные комплексы и инновационная инфраструктура	2А	2Б	2В	2Г	2Д	2Е	2Ж	2З	2И
Природно-рекреационные пространственные комплексы	3А	3Б	3В	3Г	3Д	3Е	3Ж	3З	3И
Транспортный каркас	4А	4Б	4В	4Г	4Д	4Е	4Ж	4З	4И
Инженерный каркас	5А	5Б	5В	5Г	5Д	5Е	5Ж	5З	5И
Социальная инфраструктура	6А	6Б	6В	6Г	6Д	6Е	6Ж	6З	6И
Рекреационно-туристическая инфраструктура	7А	7Б	7В	7Г	7Д	7Е	7Ж	7З	7И
Историко-культурная и природоохранный инфраструктура	8А	8Б	8В	8Г	8Д	8Е	8Ж	8З	8И
Сельскохозяйственные комплексы, территории индивидуального жилищного строительства, включая территории дачного и малоэтажного жилья, садов и огородов	9А	9Б	9В	9Г	9Д	9Е	9Ж	9З	9И

Таблица 3

## Коэффициенты индексов регионов (В.Ю. Спиридонов)

Наличие городов / группа региона	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Размерная группа по площади	Природно-климатическая группа	Группа перспективных экономических специализаций	Группа инвестиционного климата по наличию пространственных инновационных кластеров и центров	Группа инвестиционного климата по наличию ОЭЗ, ТОР или ЗТР	Группа по плотности населения	Группа по федеральным инвестициям в регион	Группа по приграничности региона	
крупнейших городов от 1 млн чел.	1А	1Б	1В	1Г	1Д	1Е	1Ж	1З
крупных городов 500 тыс. – 1 млн чел.	2А	2Б	2В	2Г	2Д	2Е	2Ж	2З
крупных городов 250 тыс. – 500 тыс. чел.	3А	3Б	3В	3Г	3Д	3Е	3Ж	3З
средних городов 50 – 100 тыс. чел.	4А	4Б	4В	4Г	4Д	4Е	4Ж	4З
малых городов 25 – 50 тыс. чел.	5А	5Б	5В	5Г	5Д	5Е	5Ж	5З
малых городов 5 – 25 тыс. чел.	6А	6Б	6В	6Г	6Д	6Е	6Ж	6З
малых городов до 5 тыс. чел.	7А	7Б	7В	7Г	7Д	7Е	7Ж	7З

Таблица 4

Анализ критериев оценки состояния пространственной среды городов и регионов

«Умный» город РФ	«Умный» город МИР	«Умный» регион РФ и МИР	Индикаторы устойчивого развития РФ	Индикаторы устойчивого развития МИР	Индекс качества городской и региональной среды РФ
Индекс IQ городов (уровень цифровой трансформации, Правительство РФ)	Основные компоненты (центр региональных наук при Венском технологическом университете)	Концепция построения на территории Свердловской области	ИУР России (Показатели Всемирного Банка)	КУР ООН	Минстрой РФ и КБ СТРЕЛКА
Индикаторы умных городов (исследование НИИТС)	Рейтинги умных городов (IMD, WeGo, Juniper Research, др.)	Подходы (по DOI 10.23672/47159-4515-9922-k)	«Цели развития тысячелетия» - Обеспечение экологической устойчивости для РФ (ЦРТ, ООН)	Анализ Мир подходов к построению индикаторов (по <a href="https://doi.org/10.38050/01300105201822">https://doi.org/10.38050/01300105201822</a> )	Классификатор видов разрешенного использования
Характеристики УГ как источников позитивных пространственно-экономических трансформаций (doi: 10.22394/2079-1690-2022-1-2-50-61)	Рейтинги умных городов (анализ по doi: 10.18334/vinec.11.2.112080)	Региональные стратегии развития инноваций на основе методологии «умной специализации» (Фонд развития Европейского Союза)	Показатели «истинных сбережений» для РФ (Всемирный Банк)	Индикаторы мирового развития Всемирного Банка (Краткий «зеленый» справочник)	Методика развития территории на основе ее образной идентичности (сборная)
Индекс цифровой жизни (МШУ «Сколково»)	Модель оценки развития «умных городов» IESE	Платформа «Digit Регион» (режим доступа: <a href="https://digit-gos.ru/region/">https://digit-gos.ru/region/</a> )	Стратегия экологической безопасности на период до 2025 года	Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) в рамках Программы развития ООН	Показатели для оценки деятельности высших должностных лиц субъектов РФ
ПНСТ 440-2020 (ИСО/МЭК 30146:2019) «Информационные технологии. Умный город. Показатели ИКТ»	Индекс СИМІ		Индикаторы устойчивого развития Томской области	Программа экологических индикаторов ОЭСР	
	Методология Европейской экономической комиссии ООН		ГОСТ Р ИСО 37120-2015 «Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни» (ISO 37120:2014)	Система эколого-экономического учета (СЭЭУ ООН)	Методики оценки социально-экономического развития регионов
	Стандарты ISO (37151:2015)			Экологические индексы	Методики оценки эффективности системы регионального управления
				Социально-экономические индексы	Методики оценки уровня развития инноваций в регионах
				Стандарты ISO (37120:2014)	Методики оценки потенциала развития регионов

Информационными технологиями, программами и методами группы принципов единства в управлении реализацией могут рассматриваться: межведомственный обмен пространственными данными; электронное предоставление пространственных данных (метаданных) и материалов, а также сведений, подлежащих предоставлению в рамках оказания услуг населению; цифровой институт. Элементами такого цифрового института выступают: центры компетенций, проектно-аналитические центры и лаборатории информационных технологий по типу «Smart Lab»; единые реестры информационно-аналитических систем управления территориями; информационно-аналитические системы мониторинга и ситуационные центры; информационные аналитические комплексы анализа социальных электронных площадок по типу «Активный горожанин», «Активный гражданин» и «Добродел», площадок диалога и обращений власти к гражданам; интерактивный цифровой идентификатор пользователя-близнеца для жителей соответствующего региона.

### Заключение

1. Современные прогрессивные информационные технологии, программы и методы, нормативно-правовые требования к стратегическому планированию объектов градостроительной пространственной организации, накопленная научная и проектная база территориального планирования диктуют и позволяют сегодня сформировать новое направление в отечественном градостроительстве – стратегическое пространственное планирование административно-территориальных единиц с их системами населенных мест, в том числе городскими агломерациями и их группами, производственными и природно-рекреационными пространственными комплексами, транспортным и инженерным каркасами, инновационными, социальными, рекреационно-туристическими, историко-культурными

и природоохранными инфраструктурами, сельскохозяйственными комплексами, территориями индивидуального жилищного строительства, включая территории дачного и малоэтажного жилья, садов и огородов.

2. Методологической базой стратегического пространственного планирования должны стать соответствующий терминологический аппарат, система закономерностей, принципов, методов и технологий в рамках системы «целеполагание – прогнозирование – программирование – проектирование – реализация» с установлением конкретных задокументированных результатов каждого этапа планирования.

3. Организация стратегического пространственного планирования (фрагментарно или полностью) должна поддерживаться системой технологических решений, обеспечивающих единство функционально-утилитарной и художественно-эстетической организации градостроительных объектов с использованием киберфизического комплекса, основными компонентами которого являются универсальные и специализированные информационные платформы с соответствующими программами и методами планирования, связанными с целеполаганием, прогнозированием, программированием, проектированием и реализацией, с «цифровыми близнецами» и технологиями автоматизации процессов моделирования.

4. Система закономерностей и принципов стратегического пространственного планирования должна строиться с учетом устранения диалектических противоречий и угроз в развитии пространственного объекта урбанизации как сложной градостроительной системы, характеризующейся стохастичностью и недетерминированным поведением. Этот подход связан с установлением групп принципов диалектического единства в целях обеспечения их развития в рамках эволюционного и имитационного моделирования с использованием прогнозных и вероятностных информационных технологий, программ и методов.

5. Перспективы исследования связаны с разработкой и утверждением диагностической структуры критериев оценки как территориального, так и пространственного развития регионов, оценки качества состояния их пространственной среды.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Колясников, В.А. Предпосылки формирования генетической памяти в искусственном градостроительном интеллекте / В.А. Колясников // Диалоги о защите культурных ценностей: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УрГАХУ. – 2022. – С. 140–143.
2. Колясников, В.А. «Протогены» памяти искусственного градостроительного интеллекта / В.А. Колясников // Архитектура, градостроительство и дизайн. – 2023. – № 2(36). – С. 10–16.
3. Спиридонов, В.Ю., Колясников, В.А. Архитектурно-планировочное развитие систем расселения / В.Ю. Спиридонов, В.А. Колясников // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – №2. – С. 21–26.
4. Колясников В.А. Новаторство и традиции в современном градостроительстве / В.А. Колясников // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: мат-лы 74-й науч. конф. – 2022. – С. 48–52.
5. Баков, А.А., Керимов, А.А. Регионы как эффективный участник международных отношений: условия формирования новой практики в международной деятельности / А.А. Баков, А.А. Керимов // Социально-политические науки. – 2018. – №4. – С. 42–46
6. Колясников, В.А., Спиридонов, В.Ю. Современная теория и практика градостроительства: пространственное развитие расселения / В.А. Колясников, В.Ю. Спиридонов. – Екатеринбург: УрГАХУ. – 2016. – 194 с. ISBN: 978-5-7408-0180-3
7. Потаев, Г.А. Градостроительное искусство: традиции и инновации / Г.А. Потаев. – Минск: БНТУ, 2016. – 220 с. – ISBN 978-985-550-887-9
8. Фролов, Д.П. Имеют ли институты значение для пространственной экономики? / Д.П. Фролов // Пространственная Экономика. – 2015. – №1. – С. 14–37.
9. Левина, В. Согласование интересов в бюджетной политике субъектов Российской Федерации / В. Левина // Федерализм. – 2019. – №1. – С. 100–117.
10. Матчин, В.Т. Применение эволюционного моделирования для регенерации программного обеспечения / В.Т. Матчин // Образовательные ресурсы и технологии. – 2019. – № 4 (29). DOI 10.21777/2500-2112-2019-4-42-52
11. Гудилов, В.В. Реконфигурируемые векторные эволюционные процессоры / В.В. Гудилов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – С. 213–220.
12. Гудилов, В.В. Динамическое эволюционное моделирование / В.В. Гудилов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – С. 198–205.
13. Мусаев, А.А. Эволюционное моделирование в задаче оптимизации управляющей стратегии / А.А. Мусаев // Научный вестник НГТУ. – Т. 56. – № 3. – 2014. – С. 132–142. Шпаков, В.М. Транзитивная модель процессов и её использование для имитационного моделирования динамических систем / В.М. Шпаков // Сб. докл. конф. ИММОД-2005. – 2005. – С. 288–292.

14. Шпаков, В.М. О реализации физического подхода к имитационному моделированию динамических систем / В.М. Шпаков // Труды СПИИРАН. – 2011. – Вып. – № 4 (19). – С. 268–287.
15. Парийская, Е.Ю. Сравнительный анализ математических моделей и подходов к моделированию и анализу непрерывно-дискретных систем / Е.Ю. Парийская // Дифференциальные уравнения и процессы управления. – 1997. – № 1. – С. 91–120.
16. Воробьев, А.А. Дискретно-событийное имитационное моделирование процессов материально-технического обеспечения войск (сил) / А.А. Воробьев, М.П. Филяев, А.С.Якшин // Наука и военная безопасность. – 2019. – № 1 (16). – С. 76–82.
17. Эльберг, М.С., Цыганков, Н.С. Имитационное моделирование / М.С. Эльберг, Н.С. Цыганков. – Красноярск: СФУ. – 2017. – 128 с. ISBN 978-5-7638-3648-6
18. Горбунов, А.Р., Лычкина, Н.Н. Парадигмы имитационного моделирования: новое в решении задач стратегического управления (объединенная логика имитационного моделирования) / А.Р. Горбунов, Н.Н. Лычкина // Бизнес-информатика. – 2007. – № 2 (2). – С. 60–66.
19. Клебанов, Б.И. Форсайтные исследования с применением мультиагентного имитационного моделирования / Б.И. Клебанов, Е.П. Дегтярев, А.В. Немтинов, И.М. Москалев, Н.А. Бегунов // Сб. науч. тр. SWORLD. – 2012. – Т.9. – № 3. – С. 3–7.
20. Мусаев, А.А., Макшанов, А.В. Стохастическое моделирование / А.А. Мусаев, А.В. Макшанов. – СПб.: Лань. – 2022. – 140 с. ISBN 978-5-8114-8462-1
21. Кононов, Ю.Д., Использование стохастического моделирования при выборе вариантов энергоснабжения регионов с учетом инвестиционных рисков / Ю.Д. Кононов, В.Н. Тыртышный, Д.Ю. Кононов / Information and mathematical technologies in science and management. – 2018. – № 2 (10). – С. 80–87.
22. Плавник, А.Г., Сидоров, А.Н. Возможности стохастического моделирования в рамках вариационно-сеточного метода геокартирования / А.Г. Плавник, А.Н. Сидоров // Вестн. ТюмГУ. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2020. – Т. 6. – № 3 (23). – С. 110–130. DOI: 10.21684/2411-7978-2020-6-3-110-130
23. Антонов, А.В. Анализ дерева отказов в среде программирования R. Учет отказов по общей причине / А.В. Антонов, Е.Ю. Галивец, В.А. Чепурко, А.Н. Черняев / Надежность. – 2018. – Т. 18. – № 3. DOI: 10.21683/1729-2646-2018-18-3-3-9
24. Берман, А.Ф. Метод синтеза и анализа деревьев отказов на основе понятий механизма и кинетики событий // А.Ф. Берман, Н.Ю. Павлов, О.А. Николайчук / Проблемы анализа риска. – 2018. – Т.15. – № 3. – С. 62–77.
25. Груздев, В.М. Основы градостроительства и планировка населенных мест / В.М. Груздев. – Н. Новгород: ННГАСУ. – 2017. – 105 с. ISBN 978-5-528-00247-7
26. Спиридонов, В.Ю. «Умное градостроительство»: современные технологии обеспечения устойчивого развития территорий / В.Ю. Спиридонов // Архитектон: известия вузов. – 2022. – № 3 (79). DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-6
27. Спиридонов, В.Ю. Градостроительная информационная платформа: прогрессивные методы планирования и управления устойчивым развитием территорий / В.Ю. Спиридонов // Архитектон: известия вузов. – 2022. – № 4 (80). DOI: 10.47055/1990-4126-2022-4(80)-21
28. Спиридонов, В.Ю. «Цифровой двойник» города как механизм планирования и управления развитием Челябинска / В.Ю. Спиридонов // Архитектура, градостроительство и дизайн. – 2019. – № 4(22). – С.21-28.
29. Иванова, А.С. Феномен виртуальной реальности в архитектурной среде / А.С. Иванова // Архитектура и дизайн. – 2018. – № 1. DOI: 10.7256/2585-7789.2018.1.27749

## REFERENCES

1. Kolyasnikov, V.A. (2022) Prerequisites for the formation of genetic memory in artificial urban planning intelligence. In: Dialogues on the protection of cultural values: proceedings of the scientific conference. Yekaterinburg: Ural State University of Architecture and Art, pp. 140-143 (in Russian).
2. Kolyasnikov, V.A. (2023) "Protogenes" of the memory of artificial urban planning intelligence. Architecture, Urban Planning and Design. [Online], Volume 2(36), pp. 10-16. Available from: <http://www.aud-journal.com/index.php/ru/nomera/8-arkhiv/92-nomer-15-new-22> (in Russian).
3. Spiridonov, V.Y. and Kolyasnikov, V.A. (2013) Architectural-planning development of settlement systems. Journal of Academic Bulletin of UralNIIPROJEKT RAACS [Online], Volume 2, pp. 21-26. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_19671397\\_28319375.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_19671397_28319375.pdf) (in Russian).
4. Kolyasnikov, V.A. (2022) Innovation and traditions in modern urban planning. In: SUSU Science. Sections of Technical Sciences: proceedings of the 74th scientific conference. Chelyabinsk: South Ural State University (National Research University), pp.48-52 (in Russian).
5. Bakov, A.A., Kerimov, A.A. (2018) Regions as an effective participant in international relations: conditions for the formation of a new practice in international activities. Journal of Socio-Political Sciences, [Online], Volume 4, pp. 42-46. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/regiony-kak-effektivnyy-uchastnik-mezhdunarodnyh-otnosheniy-usloviya-formirovaniya-novoy-praktiki-v-mezhdunarodnoy-deyatelnosti/viewer> (in Russian).

6. Kolyasnikov, V.A. and Spiridonov, V.Y. (2016) Modern theory and practice of urban planning: spatial development of settlements. Yekaterinburg: Ural State Academy of Architecture and Art (in Russian).
7. Potaev, G.A. (2016) Urban planning art: traditions and innovations. Minsk: Belarusian National Technical University (in Russian).
8. Frolov, D.P. (2015) Are institutions important for spatial economics? Journal of Spatial Economics [Online], Volume 1, pp. 14-37. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/imeyut-li-instituty-znachenie-dlya-prostranstvennoy-ekonomiki/viewer> (in Russian).
9. Levina, V. (2019) Coordination of interests in the budgetary policy of the subjects of the Russian Federation. Journal of Federalism [Online], Volume 1, pp. 100–117. Available from: <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2019-1-100-117> (in Russian).
10. Matchin, V.T. (2019) Application of evolutionary modeling for software regeneration. Journal of Educational Resources and Technologies [Online], Volume 4(29), pp. 42-52. Available from: <https://vestnik-muiv.ru/journals/rt/vypusk-2019-4-29/> (in Russian).
11. Gudilov, V.V. (2013) Reconfigurable vector evolutionary processors. News of the Southern Federal University: Technical Sciences [Online], pp. 213-220. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekonfiguriruemye-vektornye-evolyutsionnye-protssessory> (in Russian).
12. Gudilov, V.V. (2012) Dynamic evolutionary modeling. News of the Southern Federal University: Technical Sciences. [Online], pp. 198-205. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskoe-evolyutsionnoe-modelirovanie> (in Russian).
13. Musaev, A.A. (2014) Evolutionary modeling in the problem of management strategy optimization. Journal of Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University [Online], Volume 3(56), pp. 132–142. Available from: [https://journals.nstu.ru/vestnik/catalogue/contents/view\\_article?id=3369](https://journals.nstu.ru/vestnik/catalogue/contents/view_article?id=3369) (in Russian).
14. Shpakov, V.M. (2005) Transitive process model and its use for simulation of dynamic systems. In: Simulation modeling. Theory and practice: proceedings of the scientific conference. Saint-Petersburg: National Society of Simulation Modeling, pp. 288-292 (in Russian).
15. Shpakov, V.M. (2011) On the implementation of the physical approach to the simulation of dynamic systems. SPIIRAN Transactions [Online], Volume 4(19), pp. 268-287. Available from: <https://doi.org/10.15622/sp.19.15> (in Russian).
16. Pariyskaya, E.Y. (1997) Comparative analysis of mathematical models and approaches to modeling and analysis of continuous discrete systems. Journal of Differential Equations and Control Processes [Online], Volume 1, pp. 91-120. Available from: <https://diffjournal.spbu.ru/pdf/j004.pdf> (in Russian).
17. Vorobyov, A.A., Filyaev, M.P. and Yakshin, A.S. (2019) Discrete-event simulation modeling of logistics processes for troops (forces). Journal of Science and Military Security. [Online], Volume 1(16), pp. 76-82. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41105756\\_28017251.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41105756_28017251.pdf) (in Russian).
18. Elberg, M.S. and Tsygankov, N.S. (2017) Simulation modeling. Krasnoyarsk: Siberian Federal University (in Russian).
19. Gorbunov, A.R., Lychkina, N.N. (2007) Paradigms of simulation modeling: new in solving strategic management problems (unified logic of simulation modeling). Journal of Business Informatics [Online], Volume 2(2), pp. 60-66. Available from: <https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/fe8dpcbnc92/144077124.pdf> (in Russian).
20. Klebanov, B.I., Degtyarev, E.P., Nemtinov, A.V. et al. (2012) Foresight studies using multi-agent simulation. In: Klebanov, B.I., Degtyarev, E.P., Nemtinov, A.V. et al. Collection of scientific papers SWORLD, Volume 3(9), pp. 3-7 (in Russian).
21. Musaev, A.A. and Makshanov, A.V. (2022) Stochastic modeling. Saint-Petersburg: Lan (in Russian).
22. Kononov, Yu.D., Tyrtshny, V.N. and Kononov, D.Yu. (2018) The use of stochastic modeling in the selection of regional energy supply options, taking into account investment risks. Journal of Information and Mathematical Technologies in Science and Management [Online], Volume 2(10), pp. 80-87. Available from: <https://www.imt-journal.ru/archive/public/article?id=25> (in Russian).
23. Plavnik, A.G. and Sidorov, A.N. (2020) Possibilities of stochastic modeling within the framework of the variational grid method of geocarting. In: Bulletin of Tyumen State University Physical and mathematical modeling. Oil, gas, and energy. [online] Tyumen: TSU, Volume 3(23), pp. 110-130. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-stohasticheskogo-modelirovaniya-v-ramkah-variatsionno-setochnogo-metoda-geokartirovaniya/viewer> (in Russian).
24. Antonov, A.V., Galivets, E.Yu., Chepurko et al. (2018) Analysis of the failure tree in the R programming environment. Accounting for failures due to a common cause. Journal of Reliability [Online], Volume 3(18), pp. 3-9. Available from: <https://www.dependability.ru/jour/article/viewFile/259/470> (in Russian).
25. Berman, A.F., Pavlov, N.Yu. and Nikolaichuk, O.A. (2018) Method of synthesis and analysis of failure trees based on the concepts of mechanism and kinetics of events. Journal of Problems of Risk Analysis [Online], Volume 3(15), pp. 62-77. Available from: [https://www.risk-journal.com/jour/article/view/147?locale=ru\\_RU](https://www.risk-journal.com/jour/article/view/147?locale=ru_RU) (in Russian).

26. Gruzdev, V.M. (2017) The basics of urban planning and the layout of populated areas. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (in Russian).
27. Spiridonov, V.Y. (2022) "Smart urban planning": modern technologies for ensuring sustainable development of territories. Architecton: Proceedings of Higher Education [Online], Volume 3(79). Available from: [http://archvuz.ru/en/2022\\_3/6/](http://archvuz.ru/en/2022_3/6/) (in Russian).
28. Spiridonov, V.Y. (2022) Urban planning information platform: progressive methods of planning and management of sustainable development of territories. Architecton: Proceedings of Higher Education [Online], Volume 4(80). Available from: [http://archvuz.ru/en/2022\\_4/21/](http://archvuz.ru/en/2022_4/21/) (in Russian).
29. Spiridonov, V.Y. (2019) The "digital twin" of the city as a mechanism for planning and managing the development of Chelyabinsk. Journal of Architecture, Urban Planning and Design [Online], Volume 4(22). Available from: [http://aud-journal.com/images/AGD22/AGD22\\_21-28.pdf](http://aud-journal.com/images/AGD22/AGD22_21-28.pdf) (in Russian).
30. Ivanova, A.S. (2018) The phenomenon of virtual reality in the architectural environment. Journal of Architecture and Design [Online], Volume 1. Available from: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=27749](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=27749) (in Russian).

© Спиридонов В. Ю., 2023



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons "Attribution-ShareAlike" ("Атрибуция - на тех же условиях"). 4.0 Всемирная