

## **Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей**

LIU Yibo, WU Zirong, SUN Cheng

**Аннотация:** Городской дизайн как междисциплинарная область на стыке городского планирования и архитектуры в условиях развития искусственного интеллекта нового поколения еще находится на ранней стадии теоретического конструирования и технических поисков. В процессе проектирования он прежде всего сталкивается с трудностями ценностной и инструментальной рациональности. В этой связи необходимо усиливать когнитивную глубину и операционный охват городского дизайна соответственно за счет трансформации парадигмы и цифрово-интеллектуального расширения возможностей. В аспекте ценностной рациональности городскому дизайну следует перейти от парадигм целостности и ценности к интерактивной парадигме; этот процесс включает три звена: реконструкцию механизмов, переосмысление ценностей и пространственную реорганизацию. В аспекте инструментальной рациональности необходимо перейти от модели цифрово-интеллектуального усиления, основанной на данных, к модели, ведомой ИИ, исследуя пути интеграции ИИ с междисциплинарными технологиями, такими как искусственные формы жизни, блокчейн, модели генерации изображений и видео, чтобы обеспечить технологический драйвер парадигмальной трансформации. Кроме того, ориентированный на будущее городской дизайн должен вернуться к исходному назначению технологии и четко определить роль ИИ как вспомогательную, а не замещающую, с целью управления средой обитания на протяжении всего жизненного цикла.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект нового поколения; городской дизайн; трансформация парадигмы; цифрово-интеллектуальное расширение возможностей

**Классификационный номер Китайской библиотечной классификации:** TU984; код документа: А

**DOI:** 10.16361/j.urpf.202501009; номер статьи: 1000-3363(2025)01-0064-07

**Сведения об авторах:** LIU Yibo, доцент и руководитель магистрантов, Школа архитектуры и дизайна Харбинского политехнического университета; Ключевая лаборатория территориального пространственного планирования, экологической охраны и восстановления холодных регионов Министерства природных ресурсов. Email: lyb@hit.edu.cn; WU Zirong, магистрант, Школа архитектуры и дизайна Харбинского политехнического университета; Ключевая лаборатория территориального пространственного планирования, экологической охраны и восстановления холодных регионов Министерства природных ресурсов; SUN Cheng, профессор и руководитель докторантов, Школа архитектуры и дизайна Харбинского политехнического университета; Ключевая лаборатория науки и технологий городской и сельской среды обитания холодных регионов Министерства промышленности и информатизации; автор для корреспонденции. Email: suncheng@hit.edu.cn.

**Финансирование:** молодежный проект Национального фонда естественных наук Китая «Механизм влияния количественного анализа морфологических характеристик на пространственные показатели здоровья городских кварталов холодных регионов и методы оптимизации проектирования» (№ 52308018); Китайский университетский фонд инноваций промышленности, образования и исследований «Прикладное исследование пространственного

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей программирования и генерации проектных решений для городских пешеходных кварталов с использованием искусственного интеллекта» (№ 2024SE031); специальный фонд фундаментальных исследований центральных университетов «Сравнительное исследование китайских и западных эстетических представлений в морфологическом дизайне городских кварталов» (№ HIT.HSS.202312).

Искусственный интеллект (artificial intelligence, AI; далее - ИИ) постепенно проникает в общественную жизнь и глубоко ее изменяет. По мере прорывов в ключевых технологиях и ускоренного внедрения новых сценариев применения технологическое усиление стало заметным признаком высококачественного развития. ИИ выступает важной движущей силой китайской модернизации и все глубже перестраивает систему элементов и механизмы функционирования архитектуры и планирования<sup>[1]</sup>.

С конца XX в., когда ИИ вошел в дисциплинарное поле городского дизайна, цифровизация и информатизация постепенно стали его опорой. Технологии ИИ, представленные виртуальной реальностью<sup>[2]</sup> и компьютерным зрением<sup>[3]</sup>, обеспечивают городской анализ высокоточными и массовыми данными. На этой основе функции интерпретации элементов<sup>[4-7]</sup>, моделирования развития<sup>[8-12]</sup>, генерации решений<sup>[13-14]</sup> и оценки реализации<sup>[4,15-17]</sup> поддерживают прогнозирование и выполнение целей устойчивого городского развития<sup>[18]</sup>, способствуя экологической защите, экономическому росту и социальной справедливости<sup>[19-22]</sup>. Существующие исследования<sup>[23-24]</sup> предприняли полезные попытки применить ИИ для выявления и моделирования закономерностей развития городского населения и пространства, а также для оценки влияния размещения объектов. В целом они обеспечили более точное выявление закономерностей и более научное построение систем, частично удовлетворив ключевые потребности городского планирования и дизайна в анализе городских данных, моделировании развития, оптимизации пространственной структуры и функционального распределения. Сегодня воздействие ИИ нового поколения на городской дизайн уже намечается, однако исследования по-прежнему находятся на начальном этапе теоретического построения и технической разведки. Перспективный поиск и системное проектирование, анализ существующих затруднений городского дизайна и их преодоление с помощью новых технологий ИИ являются неизбежной тенденцией его инновационного развития.

## **1 Трудности: реальные парадоксы в развитии городского дизайна**

Как междисциплинарная область, соединяющая городское планирование и архитектуру, городской дизайн характеризуется творческой движущей силой, единством разума и эмоции, ориентацией на человека и пространственной предметностью<sup>[25-26]</sup>. В данном разделе анализируются процесс развития городского дизайна под влиянием ИИ и его соответствующие характеристики; далее обобщаются существующие парадоксы на разных этапах под воздействием ИИ нового поколения, чтобы выделить две реальные трудности - ценностную и инструментальную рациональность.

### **1.1 Развитие городского дизайна под влиянием ИИ**

Уже в середине XX в. ИИ применял в биологии и промышленном производстве такие исследовательские методы, как генетические алгоритмы закрытых моделей<sup>[27]</sup> и интегрированное оптимизационное проектирование микроволновых систем<sup>[28]</sup>. Однако в городские исследования он вошел лишь в конце XX - начале XXI в., причем с неясной функциональной ролью; поэтому в области городского дизайна его теоретическое развитие и технологическое внедрение были запаздывающими. Под влиянием ИИ городской дизайн

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей последовательно прошел стадию computer-aided design (CAD), когда ранний ИИ использовался как инструмент черчения; стадию parametric design (PD), когда ИИ, развивавшийся на базе компьютеров, служил инструментом динамического городского моделирования; и стадию algorithms-aided design (AAD), когда автоматизированный ИИ поддерживал анализ и экспертное суждение. Как показано на рис. 1 и в табл. 1, первоначально сформировались теоретико-методические и технические системы ИИ-поддержки городского дизайна<sup>[33-35]</sup>, а их интегративность, практичность, инновационность и научность постоянно повышаются по мере развития смежных исследований и практик.

В последние годы усложнение и неопределенность форм развития городских экосистем и политического контекста делают задачи городского дизайна все более сложными. Между тем городские исследования по-прежнему сталкиваются с разобщенностью проектных этапов, высокой интеллектуальной трудоемкостью и значительными затратами<sup>[32]</sup>. Поэтому обновление выходных результатов планирования и проектирования, а также связка и обратная связь между планировочно-проектной деятельностью и пространственным управлением стали насущными требованиями развития городского дизайна. ИИ нового поколения, представленный большими языковыми моделями, такими как ChatGPT, и моделями генерации изображений, такими как Stable Diffusion, хотя еще находится на ранней стадии разработки, уже демонстрирует перспективы AI-generated design (AIGD) благодаря способности интегрировать массивные многомерные и многоканальные данные, потенциалу самообучения и адаптации, а также научности и объяснимости<sup>[36]</sup>. ИИ-движимые городские исследования отвечают новой технологической волне и фокусируются на потребностях инновационной трансформации архитектуры и планирования.

Хотя ИИ уже широко признан ключевой технологией, поддерживающей развитие городского дизайна, остаются нерешенными практические вопросы: как его новое поколение изменит городское пространство и систему функционирования его элементов, а также как повлияет на исследования и практику городского планирования, особенно городского дизайна.

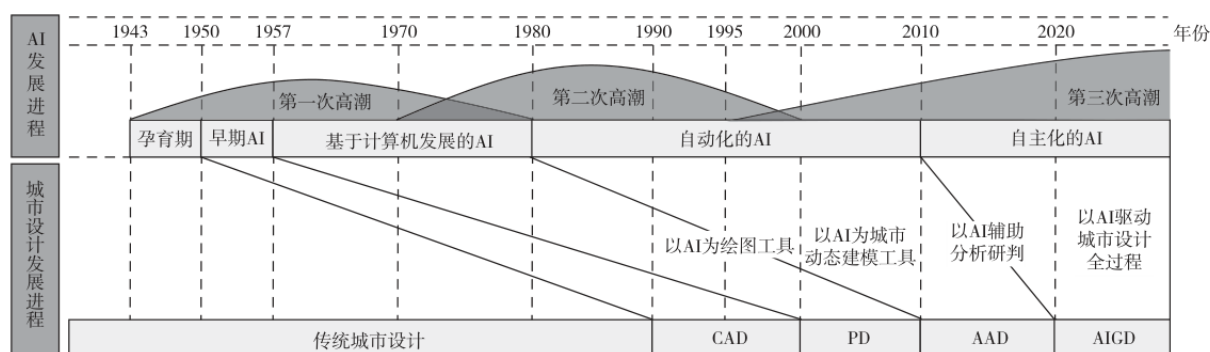


Рис. 1 Связь между развитием ИИ и городского дизайна

Табл. 1 Развитие городского дизайна под влиянием ИИ

**Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения:  
трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей**

| 城市设计进程 | 发展时间              | AI 工具       | 城市设计发展优势                                                                                                   | 城市设计发展问题                                                                                                                   |
|--------|-------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAD    | 20 世纪末<br>21 世纪初  | 早期 AI       | 借助以 CAD 等计算机绘图软件为代表的 AI 传达设计方案 <sup>[29]</sup> , 主要使用勘测调研、问卷调查等田野调查法获取城市空间数据                               | 设计数据精度较低, 设计要素单一, 设计空间大多仅停留在人视角下建筑和场地空间的功能和美学层面, 设计工作单向传导, 繁重低效, 且存在与城市规划、城市治理逻辑分离                                         |
| PD     | 2000 年至<br>2010 年 | 基于计算机发展的 AI | 通过 AI 提供的描述城市情境的参数化工具和可将参数化工具与城市社会经济数据进行空间融合的设计平台, 构建城市多元性能的量化指标体系, 建立短时间演变下的城市立体模型, 使构想经济效益达成最优解的空间方案成为可能 | 由于计算、存储能力限制, 基于计算机发展的 AI 离识别与获取高精度、高产量、高质量数据尚有一段距离, 此外城市动态模型建设成本极高, 在城市设计中的普及性和实施性不强, 相当一部分城市设计仍以质性研究为决策依据 <sup>[30]</sup> |
| AAD    | 2010 年至<br>2020 年 | 自动化的 AI     | 利用自动化 AI, 突破 CAD 等绘图软件和 BIM 等 3D 建模软件的局限性, 学习城市系统要素特征的能力, 结合专家决策预测城市系统发展、提出风险防控决策和监督系统运转 <sup>[31]</sup>   | 由于 AI 尚未形成基于城市规划建设理论研究和实践经验的城市空间认知, 其设计决策输出质量不高, 且设计师需在该过程中投入大量时间成本, 因此城市多方利益主体对其智能决策模型的实施性仍保持观望态度 <sup>[32]</sup>         |
| AIGD   | 2020 年<br>至今      | 新一代自主化的 AI  | 具备海量高维度多源数据集成能力、自训练和自适应潜力、科学性和可解释性                                                                         |                                                                                                                            |

## 1.2 Реальные трудности городского дизайна

Типичный процесс городского дизайна можно обобщить как несколько этапов: постановка проектной проблемы, разработка проектного решения, оценка решения, принятие решения и разрешение проектной проблемы<sup>[25]</sup>. Диверсификация источников данных и интеллектуализация интегрированных человеко-машинных платформ под воздействием ИИ компенсируют недостатки существующих инструментов в принятии решений и творческой генерации. На каждом этапе соответствующие технологии позволяют эффективно обрабатывать, анализировать, моделировать и представлять модели данных городского дизайна, повышая эффективность, решая проектные задачи и улучшая качество решений. Положение о том, что ИИ нового поколения неизбежно приведет к трансформации всего процесса городского дизайна<sup>[26]</sup>, уже стало консенсусом в исследованиях<sup>[15,23,37-38]</sup>. Реальные трудности городского дизайна (рис. 2) проявляются прежде всего в следующем.

(1) На этапах постановки проектной проблемы и разработки проектного решения существует парадокс между неполнотой когнитивной системы моделей ИИ и многоперспективным, многомерным развитием городского пространства. Ограничения когнитивной системы ИИ проявляются на двух уровнях. Во-первых, современные проектные модели сосредоточены на оптимизации экономической конкурентоспособности городского пространства и недостаточно обсуждают нематериальные пространственные сведения - исторический контекст, проектную эстетику и иные аспекты, которые не улавливаются датчиками данных. Некоторые исследования предложили методы объединения количественных и качественных показателей, однако они еще находятся в зачаточном состоянии, применимы лишь к проектированию отдельного элемента и пока не перенесены в сложные городские сценарии; исследований многоуровневого трехмерного дизайна также немного. Во-вторых, технологическое обновление ИИ имеет междисциплинарный характер, а городской дизайн вовлекает множество заинтересованных сторон, что предъявляет более высокие требования к графам знаний и интегрированным моделям AIGD. Поэтому важными задачами становятся определение отношений человека и машины и дисциплинарного позиционирования, построение многоуровневых платформ ИИ-поддержки на основе многоканальных гетерогенных данных, интеграция комплексных отраслевых знаний и формирование механизмов AIGD, объединяющих разные алгоритмы и генеративные механизмы.

(2) На этапах оценки и выбора проектного решения существует парадокс между бинарной логикой решений ИИ и множественной сложностью содержания городского дизайна. Большинство методов исследований ИИ все еще находится на уровне концепций или экспериментальной проверки и концентрируется на повышении интеллектуальности проектных моделей и платформ, тогда как уровень интеллектуальности ИИ не равен его проектной

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей решающей способности. Первый проявляется прежде всего в скорости вычислений и принятия решений, а также в способности к многопоточному решению задач; однако многомерность, инженерность и социальность города требуют многоцелевой оценки сложных проектных сценариев, более тесной связки научных исследований ИИ и проектного творчества, а также усиления способности технологий ИИ к обобщению. Кроме того, логика функционирования современных систем принятия решений ИИ отличается от логики городских заинтересованных сторон; между результатами пространственной интерпретации и реальным городом возникают когнитивные различия, а сами решения нередко бинарны - «черное или белое», что может вести к дефициту этического учета, пространственной несправедливости<sup>[39]</sup> и даже отрыву от реальности.

В целом, исходя из особенностей развития технологий ИИ, городских систем и логики городского дизайна, городской дизайн, ориентированный на ИИ нового поколения, должен по существу решить две группы трудностей.

(1) Трудность ценностной рациональности. ИИ развивается стремительно, но трудно идеально согласуется с механизмами городского дизайна; когнитивные и решающие ограничения последнего по сути связаны с тем, что права и обязанности множества субъектов, вовлеченных в городской дизайн, в процессе функционирования ИИ еще не определены. Эта проблема будет определять экологию развития AIGD, то есть степень интеграции технологий ИИ с работой дизайнеров, инструментами городского дизайна и городским управлением, и в конечном счете проявится в эффективности проектных решений и силе их реализации. На уровне ценностной рациональности городской дизайн должен решить эту задачу, выявляя новые характеристики и требования к трансформации парадигмы на основе особенностей применения ИИ нового поколения.

(2) Трудность инструментальной рациональности. Междисциплинарная направленность развития ИИ, социальное содержание города и территориальные различия предъявляют технологические требования к персонализированному пространственному дизайну. На данном этапе ИИ трудно построить сквозную цифрово-интеллектуальную модель города, а практическая ценность генерируемых решений ограничена. Это сдерживает участие рынка и общественности в AIGD, ограничивает масштабы отраслевого применения ИИ и в итоге негативно влияет на динамику развития AIGD и реализацию его рациональности. На уровне инструментальной рациональности городской дизайн должен отвечать на эту проблему путем прояснения логики цифрово-интеллектуального расширения возможностей - от модели, основанной на данных, к модели, ведомой ИИ.

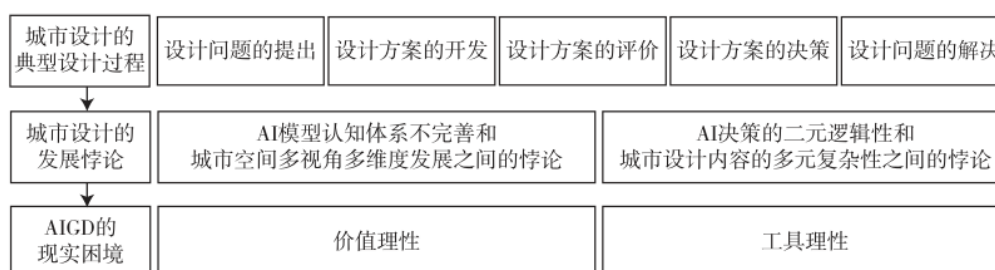


Рис. 2 Реальные трудности городского дизайна

## 2 Трансформация парадигмы: от единичного дизайна к гибриднему

Для реализации городского дизайна на уровне ценностной рациональности в условиях ИИ нового поколения прежде всего необходимо интерпретировать направление парадигмальной

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей трансформации этого периода. Эволюцию парадигм городского дизайна с точки зрения отношений человека и машины можно обобщить как «парадигма целостности - парадигма ценности - интерактивная парадигма»: от субъективной парадигмы городского дизайна, не затронутой ИИ и основанной только на человеческом мышлении, через современную объективную парадигму, где параметрические модели и алгоритмы поддерживают компьютерное принятие решений, к будущей гибридной парадигме человеко-машинного взаимодействия. Процесс трансформации включает реконструкцию механизмов, переосмысление ценностей и пространственную реорганизацию.

## **2.1 Реконструкция механизма передачи**

В периоды PD и AAD мощные вычислительные и накопительные возможности компьютера привлекли внимание профессионального сообщества. Городской дизайн приобрел выраженную опору на данные, а его механизм передачи проявлялся как однонаправленная структура «компьютер - пространство - человек»: дизайнер пассивно принимал и дорабатывал предоставленные ИИ модели анализа, контроля и прогнозирования города. С одной стороны, это ускорило переход пространственного познания города от качественного описания к количественной информации, включающей историческую и многоуровневую динамику и допускающей постоянное обновление; с другой - привело к тому, что проектные результаты стали склонны сводить многочисленные городские интересы к экономической конкурентоспособности, рассматривать городское пространство как полностью количественное физическое пространство без гуманистической заботы, а планирование и дизайн - как обслуживание сбоев городской системы данных.

По мере обновления технологий ИИ городской дизайн, стремясь подтвердить их управляемость, будет все больше учитывать семантическую логику функционирования систем ИИ, конкретные пространственные привязки и совместную реализацию с городскими дизайнерами. На основе достоинств и недостатков прежних механизмов предлагается трехчастная структура взаимной обратной связи «человек - ИИ - пространство» (рис. 3).

По своим функциям дизайнеры переходят от роли чертежников и планировщиков к роли экспертов проектного опыта и логики, а также создателей проектных решений. Они должны предоставлять ИИ проектный опыт, своевременно проверять и оптимизировать его проектное понимание, работу моделей и реализацию решений. Компетентные органы главным образом определяют нормы, правила и ценностные ориентиры AIGD, а также организуют регулярный контроль и оценку моделей и результатов городского дизайна. Обновление общественного понимания ИИ и создаваемых им проектных результатов, выражение потребностей и предложения по надзору передаются и возвращаются через модель ИИ. ИИ нового поколения интерпретирует полученную логическую рамку городского дизайна и проектные решения с помощью заданных параметров и формирует модели желаемого городского эффекта как предварительную обратную связь. Городское пространство как реальная опора для самообучения и адаптации моделей ИИ обновляет систему пространственного познания в направлении сочетания вертикального и горизонтального, субъективного и объективного, а систему пространственного дизайна углубляет через соединение дизайнерской выразительности и научности, функциональности и гуманитарности.

Такая трехчастная структура преодолевает тупик нынешнего пассивного дизайна и показывает, что ИИ по своей природе формируется городом и человеком, благодаря чему AIGD обладает сильной внутренней связанностью и потенциалом развития. Город как комплекс, формирующий социальную динамику, не принимает AIGD пассивно: через средовое поведение

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей в рамках городского дизайна он переустройствает материальное пространство; его пространственные элементы и данные предоставляют ИИ исходный материал и энергию и влияют на сущность ИИ<sup>[40]</sup>.

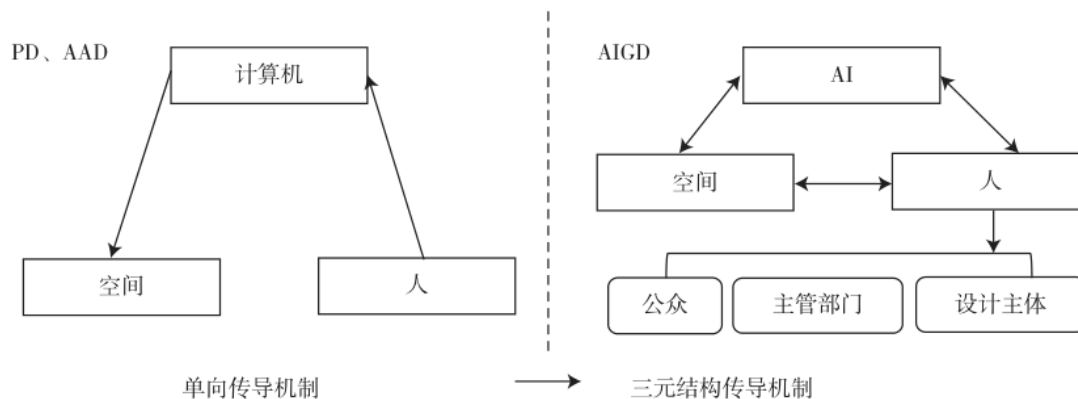


Рис. 3 Логика реконструкции механизма передачи AIGD

## 2.2 Переосмысление гуманистических ценностей

Человек является центральным структурным и движущим элементом города и ИИ, а также исходной точкой определения проблем городского дизайна и субъектом восприятия. Дизайн, строительство и надзор, поддерживаемые ИИ, должны выполняться людьми; процесс решения проектной проблемы прямо или косвенно влияет на группы людей. PD акцентировал количественную оценку общественного интереса и рассматривал участников как идеальных экономических субъектов; AAD дополнительно учитывал гуманистическую идею и позиционировал человека как естественного человека. В условиях ИИ нового поколения городской дизайн, исходя из особенностей работы человеческого мозга и компьютера, а также потребностей социального и индивидуального развития, должен еще яснее определить человеко-машинные отношения и переосмыслить проектные ценности.

С точки зрения способности к проектному решению человеческий мозг сочетает ограниченность вычислительной мощности с единством разума и эмоции. ИИ благодаря сравнительно сильным вычислительным и накопительным возможностям имеет определенные преимущества в городском восприятии, скорости обучения и соединении знаний, но лишен когнитивной основы городского дизайна и творческой способности<sup>[41]</sup>. ИИ нового поколения способен улавливать высокоточные многомерные данные о городском пространстве и информацию о восприятии людей; он является материальным продолжением, с помощью которого человек глубоко выявляет закономерности функционирования города и проектные потребности, а также одной из производительных сил человеко-ориентированного городского дизайна. В природной среде позиция человека все больше связана с пространственным сопряжением его социальных и природных атрибутов; в социальной среде яснее определяются права, обязанности и контроль участников разделения труда в городском дизайне. ИИ нового поколения способствует соединению экологического человека и естественного человека в городском дизайне (рис. 4).

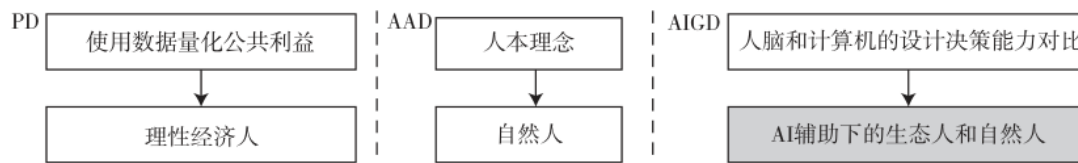


Рис. 4 Логика переосмысления гуманистических ценностей AIGD

## 2.3 Реорганизация проектного пространства

Поскольку городской дизайн создает пространственный порядок, парадигма расширения возможностей ИИ нового поколения в конечном счете проявится в реорганизации пространства дизайна. Этот процесс выражен на макро-, мезо- и микроуровнях (рис. 5).

### 2.3.1 Макроуровень: система развития городского дизайна, сочетающая материальное и нематериальное

На макроуровне AIGD способен реализовать модель пространственного развития, связывающую жесткие и мягкие измерения, то есть учитывать как строительство материального пространства, так и формирование гуманитарного содержания. Жесткий дизайн городского пространства направлен главным образом на обновление пространственных функций и нормальное обслуживание инфраструктурных систем, поддерживает базовую производственную и повседневную деятельность города и повышает его пространственную устойчивость. Мягкий дизайн сосредоточен на продолжении и выявлении природных ресурсов, исторической культуры и особенностей городской ткани, чтобы пространство сохраняло следы роста, отражало участие общественности в городской истории и укрепляло гуманитарную ценность и чувство принадлежности.

### 2.3.2 Мезоуровень: интеллектуальная система организации городских органических кластеров

На мезоуровне пространство городского дизайна, усиленное ИИ нового поколения, будет обладать логикой сложных органических кластеров и коллективного интеллекта. Прежний ИИ способствовал рационализации городского дизайна и облегчал городскую эксплуатацию и управление, но одновременно подавлял пространственный потенциал различных функциональных кластеров<sup>[42-43]</sup>. ИИ нового поколения может строить виртуальное городское пространство реального масштаба, рассчитывать возможные органические сочетания городских элементов в соответствии с городской активностью, моделировать организационные формы кластеров, обобщать пространственные потребности в самоорганизации городской деятельности и через ИИ контролировать их реализацию. Тем самым на уровне кластера формируются городская пространственная жизненность и функциональная устойчивость, а город движется к интеллектуализации и органическому развитию.

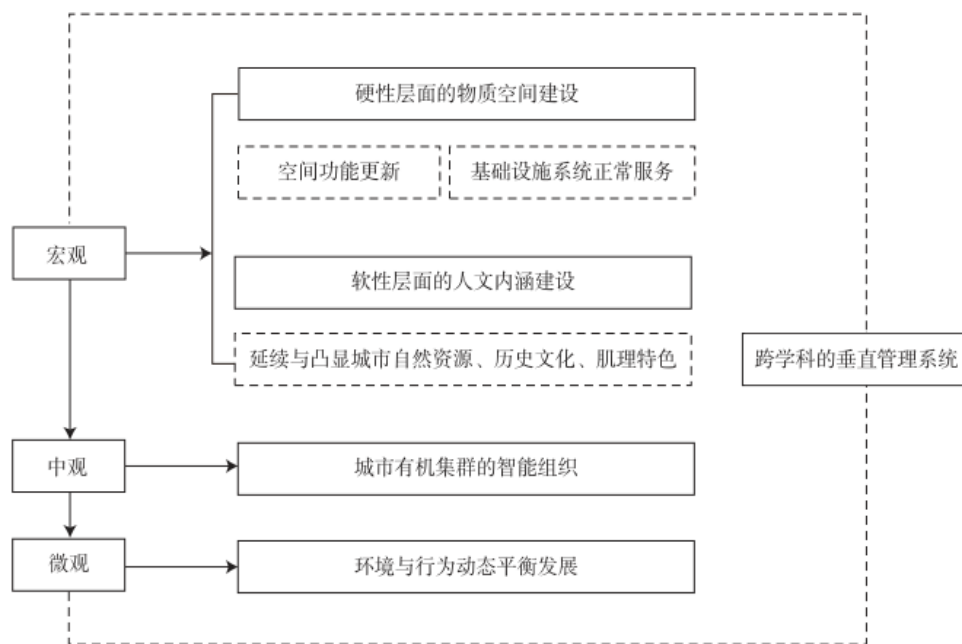


Рис. 5 Логика реорганизации проектных пространств AIGD

### 2.3.3 Микроуровень: пространственный медиатор динамического равновесия среды и поведения

На микроуровне городской дизайн при поддержке ИИ нового поколения будет сосредоточен на конкретных режимах функционирования городских органических кластеров, то есть на логике и интерактивном влиянии места и поведения; на этой основе возможно динамическое равновесие развития среды и поведения. С одной стороны, низкая озелененность, высокая плотность населения и застройки, однообразная городская ткань, несогласованность городского масштаба и пространственно-временной активности легко вызывают у горожан негативные эмоции и снижают эффективность городской деятельности. С другой стороны, рост частоты негативного поведения населения, в свою очередь, снижает эффективность использования городского пространства, препятствует эффективности городского производства, совместному пользованию объектами и открытости общественных пространств. ИИ нового поколения способен выявлять пространственно-временные специфические закономерности поведения людей и городской среды, помогая дизайнерам выполнять тонкую пространственную настройку, соответствующую человеко-ориентированной идее.

Кроме того, вертикальная система управления городским дизайном способна поддерживать органический порядок проектного пространства от макро- до микроуровня, динамически количественно оценивать действие каждого уровня и контролировать степень его реализации. В целом ИИ нового поколения благодаря массивному хранению данных и сильной интегральной способности интерпретации продвигает свое объединение и расширение на макро-, мезо- и микроуровнях, обеспечивает интегрированное, визуализированное и реалистичное представление, тем самым усиливая глубину и широту когнитивных и исполнительных возможностей городского дизайна.

### 3 Цифрово-интеллектуальное расширение возможностей: от модели, основанной на данных, к модели, ведомой ИИ

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей

Переход от CAD и PD к AAD и AIGD всегда был обусловлен технологическим драйвером. На ранних этапах это в большей степени выражалось в усилении анализа и динамического мониторинга городского пространства за счет данных. По мере появления и обновления более интеллектуальных человеко-машинных платформ городской дизайн также начал технические поиски, ведомые ИИ, главным образом в трех направлениях.

Во-первых, вокруг отображения сущностей исследуется развитие городских интеллектуальных моделей, что открывает новые возможности для репрезентации городских характеристик. Например, «городской двойник», основанный на виртуальной реальности, машинном обучении и других ключевых технологиях, может получать данные реального пространства путем отслеживания и распознавания динамических данных, устанавливая связь в реальном времени и динамическую обратную связь между физическим и цифровым городом.

Во-вторых, вокруг моделирования и прогнозирования исследуются технологии интеллектуального вывода, предоставляющие аналитические пути для сценарной игры и динамической оптимизации многомерной городской информации. По мере того как технологии ИИ усиливают прогностические и моделирующие способности городских интеллектуальных моделей, уже многие исследования сосредоточены на прогнозировании численности населения, роста земельной застройки и транспортных потоков<sup>[19,21-22,44]</sup>.

В-третьих, вокруг точного дизайна исследуется генеративное проектирование, поддерживаемое различными алгоритмами глубокого и машинного обучения, что дает техническую поддержку реализации решений в сложной застроенной среде. Последовательно предпринимались исследования пространственного интерактивного дизайна и проектного принятия решений, ведомых ИИ; через генерацию и проектирование моделей пространственной визуализации создавались интерактивные проектные платформы, продвигающие точный дизайн.

В настоящее время область дизайна по-прежнему главным образом опирается на данные и алгоритмы. Однако медицина, биология и математика уже первыми исследуют ИИ нового поколения<sup>[45]</sup> и предлагают пути интеграции междисциплинарных технологий с ИИ, что дает технические ориентиры для того, чтобы городской дизайн действительно стал ИИ-ведомым и преодолел трудность инструментальной рациональности. Эти пути включают три типа.

### **3.1 ИИ + искусственные формы жизни**

Современные технологии ИИ все еще ограничены интеллектуальными операциями в отдельных областях - распознаванием изображений, распознаванием речи и диалоговым ответом<sup>[46-47]</sup>. В ответ ИИ нового поколения, стремясь к совместной работе целостных функций мозга - самопонимания, самоконтроля, самосознания и самомотивации, развивает модели обучения brain intelligence (BI) на базе artificial life (AL) и технологий ИИ. Такие модели используют не только структуры нейронных сетей и механизмы оптимизации параметров<sup>[48]</sup>, но и генетические модели, например gene regulatory network (GRN) и evolutionary reaction network (ERN)<sup>[49]</sup>, чтобы восполнить недостатки глубокого обучения: неспособность моделей самообучения одновременно выполнять несколько задач и неспособность адаптировать результаты обучения между дисциплинами и областями. Это позволяет ИИ автономно и эффективно работать даже в неконтролируемой среде. Кроме того, мозговой интеллект способен, подобно человеческому мозгу, устанавливать связи между элементами, которые не выглядят явно связанными<sup>[50]</sup>. Исследования моделей обучения мозгового интеллекта пока остаются на теоретическом уровне медицины и биологии, однако их логическая рамка имеет

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей справочное значение для реализации информационной обратной связи между ИИ и дизайнерами в городском дизайне.

### **3.2 ИИ + блокчейн**

Технологии ИИ, безусловно, предоставляют городскому дизайну разнообразные высокоточные городские данные, однако еще не сформировали на основе опыта городского строительства способности к очистке, отбору, точной интерпретации и защите активов данных<sup>[51]</sup>. Это, с одной стороны, повышает затраты дизайнеров на анализ данных и реализацию решений, а с другой - создает определенные угрозы городскому развитию, территориальному пространству и даже национальной обороне. В общественном здравоохранении и коммуникациях для построения безопасного режима управления неструктурированными данными предложено сочетать блокчейн и ИИ. Использование высокоточных и децентрализованных функций хранения и шифрования данных блокчейна способно повысить воспроизводимость, связуемость, высокий уровень безопасности хранения данных ИИ и способность автоматически генерировать процедуры очистки и использования данных на основе их характеристик<sup>[52-54]</sup>, обеспечивая высококачественное получение и контроль активов данных в нескольких городских пространствах и даже на региональном уровне. Пока эта технология применяется только для хранения и статистической обработки данных в медицине и финансах, но она обладает потенциалом повысить эффективность извлечения, вызова и защиты городских пространственных данных.

### **3.3 ИИ + модели генерации изображений и видео**

Для выражения концепций и решений городского дизайна текст-в-изображение модели DALL-E<sup>[55-56]</sup> и текст-в-видео модели Sora<sup>[57]</sup> решают проблему частых сбоев обучающих моделей алгоритмов GAN<sup>[58]</sup>. Благодаря мультимодальному обучению и адаптации текста и изображения они поддерживают формирование образов городского дизайна, воспроизведение реального физического мира и моделирование проектных решений. По сути, такие модели генерации изображений и видео упорядочивают фрагментарные многомодальные структуры знаний о пространстве, моделируют и расширяют материальные правила функционирования физического пространства, обогащая человеческое мышление и поле зрения. С одной стороны, они предлагают городскому дизайну многообразные интерпретации сложных контекстов и переводят дизайнера из роли пассивного получателя данных в роль активного производителя проектных решений. С другой стороны, они повышают объект городского дизайна от пространственного образа до регионального и городского пространства как сложной сценической среды, тем самым оптимизируя органический порядок региональной производственной и повседневной деятельности.

## **4 Заключение и перспективы: городской дизайн, ориентированный на будущее**

Перед лицом реальных трудностей ценностной и инструментальной рациональности, возникающих при ИИ-ведомом развитии, городской дизайн имеет возможность и необходимость парадигмальной трансформации и цифрово-интеллектуального расширения возможностей. В целом преодоление затруднений городского дизайна под воздействием ИИ нового поколения должно исходить из сущности ИИ и возвращения к исходному назначению технологии, четко определять его этическую роль как вспомогательную, а не замещающую, и тем самым обеспечивать управление средой обитания на протяжении всего жизненного цикла.

### **4.1 Сущность: возвращение к исходному назначению технологии**

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей

Как бы ни развивались технологии ИИ, их применение в городском дизайне всегда должно руководствоваться исходной целью городского дизайна. AIGD может подчеркивать взаимовыгодный симбиоз человека и городского пространства через следующие меры: 1) построение ценностной логики и технологической рамки ИИ с целью усиления мультимодального самообучения ИИ и автономности городских дизайнеров; 2) извлечение городских пространственных данных и формулирование целей городского дизайна на основе проектного опыта, текущих проблем городского пространства и потребностей развития города и населения; 3) предварительное выявление городских пространственных рисков и ключевых направлений оптимизации через моделирование проектных решений, настроенных дизайнером; 4) оптимизацию проектных решений и практики на основе пространственного восприятия, выраженного в общественном участии, и строительного опыта городских дизайнеров.

#### **4.2 Этика: помощь, а не замещение**

Принцип развития ИИ состоит в дальнейшем повышении многосценарной адаптивности моделей самообучения, увеличении возможностей хранения и вычисления данных, усилении самоконтроля и самонадзора моделей; однако ИИ не может и не должен заменять роль дизайнера. Проектные решения городского дизайна обновляются вслед за развитием человека и углубляются благодаря связи городской среды и поведения людей. Поскольку ИИ не является субъектом интересов городского пространства, он не способен непосредственно переживать пространственный эффект городского дизайна и самостоятельно обновлять пространственное познание и технологии; поэтому он может лишь помогать дизайнеру расширять и сужать проектное мышление. Даже имея поддержку ИИ и больших массивов данных, дизайнер не должен чрезмерно зависеть от анализа данных и генеративного проектирования. Он должен с помощью интеллектуальных инструментов более эффективно извлекать опыт городского дизайна, создавать перспективные проектные идеи и соединять расширение возможностей человека с технологическим расширением возможностей на уровне городского дизайна.

#### **4.3 Вклад: управление средой обитания на протяжении всего жизненного цикла**

ИИ нового поколения способен упростить операционную рамку городского дизайна и повысить предсказуемость и управляемость пространственных элементов. Например, цифровые двойники, способные моделировать пространственно-временные переходы, позволяют отбирать и сопоставлять специфические явления среды обитания; решения городского дизайна, настраиваемые ИИ, повышают научность и многовариантность проектных решений; технологии машинного обучения строят разнообразные самообучающиеся рамки городского пространства, повышая обобщающую способность ИИ и реализуемость проектных решений; технологии коллективного управления могут динамически контролировать реализацию городских проектов на основе идеи симбиоза многих форм жизни. Операционные механизмы городского дизайна и модели пространственных данных на платформе ИИ нового поколения завершат информационную стыковку и интеграцию развития, что в конечном счете обеспечит тонкое управление средой обитания на протяжении всего жизненного цикла.

#### **Список литературы**

- [1] CAI Yuezhou. Управление научно-технологическими инновациями под руководством Коммунистической партии Китая и его цифровая трансформация: взгляд на построение и совершенствование новой общегосударственной системы, основанной на данных [J]. Management World, 2021, 37(8): 30-46. (на китайском языке)

- Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей
- [2] DUAN Xuejun. Виртуальный город: технические решения и применение [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2001(12): 1-3. (на китайском языке)
- [3] YE Yu, DAI Xiaoling. Возможности пространственного восприятия и проектного применения в условиях новых технологий и новых данных [J]. Time + Architecture, 2017(5): 6-13. (на китайском языке)
- [4] LONG Ying, SHEN Yao. Дизайн, усиленный данными: реакция и изменения планирования и дизайна в новой среде данных [J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87. (на китайском языке)
- [5] WANG De, WANG Can, XIE Dongcan, et al. Сравнение зон влияния коммерческих центров разных уровней в Шанхае на основе данных мобильной сигнализации: на примере Нанкинской восточной улицы, Wujiaochang и Anshan Road [J]. Urban Planning Forum, 2015(3): 50-60. (на китайском языке)
- [6] JIANG Haobo, LU Shan, XIAO Yang. Метод оценки городской цветовой среды историко-культурных кварталов Шанхая на основе технологии Street View [J]. Urban Planning Forum, 2022(3): 111-118. (на китайском языке)
- [7] TIAN Baojiang, NIU Xinyi. Практика городского дизайна при поддержке больших данных: планирование сети общественных пространств активности в историко-культурном районе Hengshan Road - Fuxing Road [J]. Urban Planning Forum, 2017(2): 78-86. (на китайском языке)
- [8] LI Xia, YE Jiaan. Клеточные автоматы на основе нейронных сетей и моделирование сложных систем землепользования [J]. Geographical Research, 2005(1): 19-27. (на китайском языке)
- [9] WADDELL P, BORNING A, NOTH M, et al. Microsimulation of urban development and location choices: design and implementation of UrbanSim [J]. Networks and Spatial Economics, 2003, 3(1): 43-67.
- [10] GAN Wei. Теория и модель ИИ-планирования с точки зрения городской жизни [J]. Planners, 2018, 34(11): 13-19. (на китайском языке)
- [11] WU Zhiqiang, GAN Wei. Практика технологий интеллектуального городского планирования в период трансформации [J]. Urbanism and Architecture, 2018(3): 28-31. (на китайском языке)
- [12] WU Zhiqiang. Городское планирование с поддержкой ИИ [J]. Time + Architecture, 2018(1): 6-11. (на китайском языке)
- [13] ZHENG H, YUAN P F. A generative architectural and urban design method through artificial neural networks [J]. Building and Environment, 2021, 205(6): 108178.
- [14] YANG Junyan, ZHU Xiao. Исследование пошаговой интерактивной модели проектирования на уровне квартала в городском дизайне с использованием искусственного интеллекта [J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 7-15. (на китайском языке)
- [15] WANG Jianguo. Цифровой городской дизайн на основе человеко-машинного взаимодействия: заметки о парадигме четвертого поколения городского дизайна [J]. Urban Planning International, 2018, 33(1): 1-6. (на китайском языке)
- [16] SUN Cheng, HAN Yunsong, WANG Jiabiao. Исследование и практика вычислительного дизайна морфологии адаптивных архитектурных оболочек [J]. Architectural Journal, 2022(2): 1-8. (на китайском языке)
- [17] BATTY M, SHEN Yao. ИИ в городском планировании и дизайне [J]. Time + Architecture, 2018(1): 24-31. (на китайском языке)

- Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения: трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей
- [18] PAN Y, TIAN Y, LIU X, et al. Urban big data and the development of city intelligence [J]. Engineering, 2016, 2(2): 171-178.
  - [19] JIANG F, MA J, WEBSTER C J, et al. Generative urban design: a systematic review on problem formulation, design generation, and decision-making [J]. Progress in Planning, 2023, 180(1-35): 100795.
  - [20] QUAN S J, PARK J, ECONOMOU A, et al. Artificial intelligence-aided design: smart design for sustainable city development [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(8): 1581-1599.
  - [21] FANG Z, JIN Y, YANG T. Incorporating planning intelligence into deep learning: a planning support tool for street network design [J]. Journal of Urban Technology, 2022, 29(2): 99-114.
  - [22] SHEN J, LIU C, REN Y, et al. Machine learning assisted urban filling [C]//Proceedings of the 25th CAADRIA Conference. Hong Kong: Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2020, 2: 679-688.
  - [23] LONG Ying, ZHANG Enjia. Три пути, по которым научно-технологическая революция способствует городским исследованиям и практике: городские лаборатории, новые города и города будущего [J]. World Architecture, 2021(3): 62-65. (на китайском языке)
  - [24] DENG Kaixuan, ZHANG Zhao, WANG Jun. Возникновение и исследование интеллектуального дизайна городской формы в цифровом контексте [J]. Urban and Rural Planning, 2023(3): 80-90. (на китайском языке)
  - [25] GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, et al. Построение теоретической модели городского дизайна при поддержке AIGC [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18. (на китайском языке)
  - [26] WANG Jianguo. Четыре поколения парадигм развития городского дизайна с точки зрения рационального планирования [J]. City Planning Review, 2018, 42(1): 9-19. (на китайском языке)
  - [27] RENNER G, EKÁRT A. Genetic algorithms in computer aided design [J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(8): 709-726.
  - [28] BANDLER J W. Optimization methods for computer-aided design [J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1969, 17(8): 533-552.
  - [29] SARCAR M M M, RAO K M, NARAYAN K L. Computer Aided Design and Manufacturing [M]. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2008.
  - [30] SCHUMACHER P. Design parameters to parametric design [M]//KANAANI M, KOPEC D. The Routledge Companion for Architecture Design and Practice. New York: Routledge, 2015.
  - [31] TEDESCHI A, LOMBARDI D. The algorithms-aided design (AAD) [M]//HEMMERLING M, COCCHIARELLA L. Informed Architecture: Computational Strategies in Architectural Design. Cham: Springer, 2017.
  - [32] POPELKA S, ZERTUCHE L, BEROCH E H. Urban AI Guide [M]. Geneva: Zenodo, 2023.
  - [33] GAN Wei. Исследование типов и характеристик технологий интеллектуального городского планирования в Китае и за рубежом [J]. Urban Planning International, 2018, 33(3): 105-111. (на китайском языке)
  - [34] YANG Junyan. От цифрового дизайна к цифровому управлению: опыт Weihai в парадигме городского дизайна четвертого поколения [J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 109-118. (на китайском языке)

- [35] YANG Junyan, ZHU Xiao, SHAO Dian. Взгляд назад: эволюция и перспективы столетнего развития технологий городского дизайна на основе графов знаний [J]. Urban Planning Forum, 2021(6): 20-27. (на китайском языке)
- [36] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. ИИ нового поколения в городском планировании: возможности и вызовы [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11. (на китайском языке)
- [37] WANG Shifu, LIANG Xiaoqi, DENG Zhaohua. Размышления о пространственных идеалах китайского городского дизайна [J]. Zhuangshi, 2021(1): 32-37. (на китайском языке)
- [38] WANG Fang. Вслед за природой, вместе с гуманитарностью и цифровым расширением возможностей: интеграция парадигмы городского дизайна новой эпохи в Urban Design (4-е изд.) [J]. The Architect, 2023(5): 126-129. (на китайском языке)
- [39] ZHANG Y. CityMatrix: an Urban Decision Support System Augmented by Artificial Intelligence [D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2017.
- [40] CUGURULLO F, CAPROTTI F, COOK M, et al. Artificial Intelligence and the City: Urbanistic Perspectives on AI [M]. Oxfordshire: Taylor & Francis, 2023.
- [41] GRIFFITHS T L. Understanding human intelligence through human limitation [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2020(11): 873-883.
- [42] VEREBES T. Интерактивные городские модели: история и наследие, связанные с прототипированием города XXI века [J]. Urbanism and Architecture, 2015(28): 73-87. (на китайском языке)
- [43] VEREBES T, LI Xuening. Адаптивный город: городские изменения, устойчивость и путь к характерному урбанизму [J]. World Architecture, 2013(9): 101-105. (на китайском языке)
- [44] YIGITCANLAR T, CORCHADO J M, MEHMOOD R, et al. Responsible urban innovation with local government artificial intelligence (AI): a conceptual framework and research agenda [J]. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2021, 7(1): 71-87.
- [45] FUJII H, MANAGI S. Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: a global patent analysis [J]. Economic Analysis and Policy, 2018, 58: 60-69.
- [46] LI Y, LU H, LI J, et al. Underwater image de-scattering and classification by deep neural network [J]. Computers & Electrical Engineering, 2016, 54: 68-77.
- [47] LU H, LI B, ZHU J, et al. Wound intensity correction and segmentation with convolutional neural networks [J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2017, 29(6): e3927.
- [48] EMMERT-STREIB F, DEHMER M, HAIBE-KAINS B. Gene regulatory networks and their applications: understanding biological and medical problems in terms of networks [J]. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 2014, 2: 38-45.
- [49] DINH H Q, AUBERT N, NOMAN N, et al. An effective method for evolving reaction networks in synthetic biochemical systems [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2014, 19(3): 374-386.
- [50] LU H, LI Y, CHEN M, et al. Brain intelligence: go beyond artificial intelligence [J]. Mobile Networks and Applications, 2018, 23: 368-375.
- [51] LUUSUA A, YLIPULLI J, FOTH M, et al. Urban AI: understanding the emerging role of artificial intelligence in smart cities [J]. AI & Society, 2023, 38(3): 1039-1044.
- [52] TAGDE P, TAGDE S, BHATTACHARYA T, et al. Blockchain and artificial intelligence technology in e-health [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28: 52810-52831.

Городской дизайн, ориентированный на искусственный интеллект нового поколения:  
трансформация парадигмы и цифрово-интеллектуальное расширение возможностей

- [53] GHOSH P K, CHAKRABORTY A, HASAN M, et al. Blockchain application in healthcare systems: a review [J]. Systems, 2023, 11(1): 38-82.
- [54] ZUO Y, GUO J, GAO N, et al. A survey of blockchain and artificial intelligence for 6G wireless communications [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2023, 25(4): 2494-2528.
- [55] JHAJARIA S, KAUR D. Study and comparative analysis of ChatGPT, GPT and DALL-E2 [C]//2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). Piscataway: IEEE, 2023: 1-5.
- [56] MARCUS G, DAVIS E, AARONSON S. A very preliminary analysis of DALL-E 2 [J]. arXiv preprint arXiv, 2022, 2(2204): 13807-13821.
- [57] LIU Y, ZHANG K, LI Y, et al. Sora: a review on background, technology, limitations, and opportunities of large vision models [J]. arXiv preprint arXiv, 2024, 3(2402): 17177-17215.
- [58] TANG R, LIU L, PANDEY A, et al. What the DAAM: interpreting stable diffusion using cross attention [J]. arXiv preprint arXiv, 2022, 5(2210): 4885-4898.

Доработано: 2024-12

(Статья переведена при содействии ИИ.)