

Теоретическая парадигма и методология территориально-пространственной диагностики с поддержкой ИИ

LIU Xiaochang, WU Zhiqiang

Аннотация: Столкнувшись со сложными городскими заболеваниями, возникающими в территориальном пространстве, территориально-пространственная диагностика часто распадается на фрагментарное симптоматическое лечение и поспешное принятие решений на основе опыта во время быстро меняющейся практики планирования, что может превратить пространственное планирование в абстрактное упражнение, оторванное от реальности. Хотя технологии ИИ с более высоким уровнем целостного мышления и экологической рациональности показывают значительный потенциал для улучшения научной рациональности территориального пространственного планирования, эффективных теоретических парадигм и оперативных методов для территориальной пространственной диагностики с помощью ИИ остаются недостаточными. Исходя из теоретических характеристик и основных задач территориально-пространственной диагностики, в статье рассматривается траектория развития диагностических технологий и выявляются задачи, стоящие перед их интеллектуальным преобразованием. На этой основе он строит парадигму Dual-Helix и алмазную основу для территориально-пространственной диагностики при гибридном интеллекте человека и машины, а также предлагает пять направлений для изменений в когнитивных методах и методах действия и шесть систем для улучшения методов работы после внедрения ИИ в территориально-пространственную диагностику. Предполагается, что предлагаемые рамки позволят систематически решать проблемы и симптомы традиционной территориально-пространственной диагностики, повышать научную рациональность территориально-пространственного планирования и содействовать устойчивому развитию территориального пространства.

Ключевые слова: территориально-пространственная диагностика; технология искусственного интеллекта; теоретическая парадигма; когнитивные и методы действия; пространственные законы; человеко-машинный гибридный интеллект

После периода реформ и открытости территориальное пространство Китая подверглось быстрой урбанизации в масштабах, редко встречающихся в истории человечества. Возникли различные негативные последствия и городские заболевания, которые в настоящее время представляют серьезную угрозу устойчивому развитию территориального пространства. При столкновении с очень разнообразными пространственными расстройствами территориально-пространственная диагностика часто рассматривает симптомы фрагментарно и опирается на поспешные решения, основанные на опыте, в быстро меняющейся практике пространственного планирования. Это может превратить пространственное планирование в абстрактное упражнение, оторванное от реальных условий. Для дальнейшего повышения рациональности пространственного планирования ученые в этой области изучили интеллектуальные основы территориально-пространственной диагностики и поддерживающие ее технологии, включая цифровизацию, информатизацию и интеллигенцию [1]. Профессия планировщика также издала стандарты, связанные с территориальным пространственным обследованием и оценкой здоровья [2]. Поэтому постепенно формируется теоретическая, методологическая и техническая система выявления и предупреждения территориальных пространственных нарушений. Поддерживающие технологии территориально-пространственной диагностики можно разделить на два типа. Первая — это технология, основанная на знаниях. Территориальная пространственная экспертиза и оценка здоровья, например, строит экспертные базы знаний, извлекает знания в системы показателей и

конкретные параметры индикаторов, а затем использует эти стандарты для проведения экспертиз и оценок [3-5]. Системы поддержки планирования, основанные на правилах if-then-else, аналогичным образом переводят знания в стандартизированные правила, выполняемые машинами [6-7]. Во-вторых, это технология, основанная на данных. Машинное обучение больше не опирается только на явно извлеченные знания; посредством обучения, проверки и тестирования на массивных наборах данных оно получает знания, которые являются полными образцами, а не выборочными, ориентированными на эффективность, а не на точность, и основанными на корреляции, а не на причинности, а затем использует их для диагностики проблем [7-8]. Последние технологии AIGC, в том числе DeepSeek, ChatGPT, Midjourney и Gemini, основаны на общих больших моделях и включают в себя методы обучения, генерацию и агенты. Они позволяют создавать профессиональные и промышленные крупные модели пространственного планирования и генерировать разнообразные результаты, такие как отчеты о территориальном пространственном осмотре здоровья [9].

Однако, когда эти два типа вспомогательных технологий рассматриваются вместе, остается много практических трудностей. Трудность технологии, основанной на знаниях, заключается в эффективном извлечении и точном выражении знаний. Эта трудность проистекает из интегральных, инклюзивных, сбалансированных, правоориентированных, экологических и устойчивых характеристик пространственного планирования [10]. Технология, основанная на данных, избегает проблемы извлечения и выражения знаний, но знание черного ящика по-прежнему создает ограничения в зависимости от данных, интерпретации результатов, когнитивной передаче и достоверности решений и, следовательно, не может всесторонне улучшить научность территориально-пространственной диагностики [11].

Тем не менее, волна технологий искусственного интеллекта в пространственном планировании продолжает развиваться и оказывает все более глубокое влияние на территориальную пространственную диагностику [8, 10]. На этом фоне необходимо пересмотреть применение ИИ в этой области. Как построить теоретическую парадигму и модельную архитектуру для территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ? Как можно полностью прояснить изменения в когнитивных методах и методах действий после вмешательства ИИ? Эти вопросы играют центральную роль в преодолении дефицита технической рациональности традиционной территориально-пространственной диагностики, включая трудности в восприятии общественных проблем, отслеживании потоков, различении траекторий, следовании законам и демонстрации эффектов [12].

1 Теоретические характеристики и основные задачи территориально-пространственной диагностики

1.1 Теоретические характеристики территориально-пространственной диагностики

1.1.1 Ориентация на объективные законы

Дедуктивное мышление является одним из наиболее часто используемых методов в клинической диагностике, и оно предлагает эффективную ссылку на теоретические характеристики территориально-пространственной диагностики [13]. Дедуктивное мышление начинается с общих или универсальных законов и, сравнивая их с диагностическими критериями [14], достигает понимания отдельных объектов [15].

Основное предположение территориально-пространственной диагностики состоит в том, что территориальное пространство является живым организмом со своими объективными законами развития и эволюции. Диагностика определяет, были ли эти законы отклонены, степень отклонения и причины такого отклонения. Поэтому территориально-пространственная диагностика должна признавать, уважать

и следовать законам территориально-пространственного развития и эволюции [16], выделять ограниченные ресурсы на расстройства, которые наиболее серьезно отклоняются от этих законов, и избегать преувеличенной диагностики или фрагментарных суждений.

1.1.2 Ориентация на множественную координацию

Доказательная медицина также является важным ориентиром для теоретических характеристик территориально-пространственной диагностики. Внешние клинические данные могут служить основой для практики, но они никогда не смогут заменить профессиональные знания в отдельных клинических условиях. Именно эти профессиональные знания определяют, применимы ли внешние доказательства к конкретному пациенту. Аналогичным образом, при принятии решения о том, соответствует ли клиническое состояние пациента, контекст и предпочтения, любое внешнее руководство должно быть интегрировано с опытом клинициста. Основная идея доказательной медицины состоит в том, чтобы объединить клинические данные, опыт врача и предпочтения пациента в совместной формулировке медицинских решений [17].

По аналогии территориально-пространственная диагностика сочетает в себе доказательную совокупность пространственных нарушений, практический опыт планировщиков и неотложные заботы заинтересованных сторон. На этой основе он совместно формулирует методы диагностики и планы лечения территориально-пространственных расстройств, чтобы достичь наилучшего диагностического и терапевтического эффекта.

1.1.3 Ориентация на временную эволюцию

История болезни является еще одним распространенным методом в клинической диагностике. История болезни в основном фиксирует симптомы, процесс и результат их возникновения, развития, диагностики и лечения [18], тем самым поддерживая точную диагностику и лечение заболевания [14].

Территориальное пространство – это сложное живое тело, состоящее из бесчисленных процессов и элементов. Его эволюционный процесс включает в себя такие понятия, как критичность, порог, внезапность и фазовый переход [19]. Территориальная пространственная диагностика не только позволяет судить о существующих проблемах. В нем также рассматриваются сроки, процесс развития и план лечения пространственных расстройств, а также моделируется эволюция расстройств в рамках различных планов лечения. Таким образом, он предвосхищает различные эффекты лечения и сдвигает территориально-пространственную диагностику от практики, ориентированной на прошлое и настоящее, к диагностике, ориентированной на будущее.

1.1.4 Ориентация на взаимное образование форм и потоков

Территориальное пространственное планирование принимает пространственные формы как основной объект управления и вмешательства, в то время как упорядоченное и эффективное функционирование потоков в пространстве является более глубокой целью территориального пространственного планирования [20]. Взаимообразование форм и потоков трактует территориальное пространство как живое тело и подчеркивает потоки с объективными природными атрибутами, субъективными намерениями мобильности и ценностными стандартами [1]. Объектом территориально-пространственной диагностики являются не только такие формы, как здания, реки и дороги, но и природные потоки, потоки людей, логистические потоки, экономические потоки, функциональные потоки и информационные потоки, а также взаимодействия между формами и потоками.

1.2 Основные этапы территориально-пространственной диагностики

В современной медицине диагностика заболевания обычно включает в себя сбор клинических данных; анализ, синтез и оценку данных; предложение предварительного диагноза; и проверку или пересмотр диагноза [14]. Эта процедура для понимания болезни не может быть опущена, пропущена или случайно отменена. Опираясь на этот рабочий процесс, территориально-пространственную диагностику можно разделить на пять задач: восприятие чувств, изучение доказательств, объяснительный вывод, прогностическое суждение и выписывание рецептов.

Чувственное восприятие получает актуальные данные и информацию о территориальном пространстве. Изучение фактических данных определяет законы территориального пространственного развития и эволюции как диагностические критерии. Пояснительный вывод выявляет степень отклонения от этих законов и причины отклонения. Прогностическое суждение имитирует краткосрочные и долгосрочные эффекты после пространственного самовосстановления или вмешательства, включая восстановление, переход и прогрессирование. Рецептурное принятие дополнений и пересмотр пространственного самооздоровления или планирования вмешательства и предлагает стратегии оптимизации.

2 Траектория развития территориально-пространственных диагностических технологий и вызовы интеллектуальной трансформации

2.1 Три этапа развития территориально-пространственных диагностических технологий

Траекторию развития территориально-пространственных диагностических технологий можно разделить на три этапа.

2.1.1 Этап I: опыт ведения дел и технология ручного расследования

Общий метод территориально-пространственной диагностики состоит в том, чтобы взять материалы дела в качестве объектов исследования, обобщить опыт из них и сформировать возможные каузальные выводы [1]. Однако рациональность такого подхода сдерживается накоплением знаний практикующими. Она сталкивается как с трудностями проверки, так и с ограничением фальсификации [21] и часто критикуется за сильную субъективность, высокий произвол и слабую научность [22].

2.1.2 Этап II: Визуализация данных, экспертные системы и алгоритмы моделей

Благодаря быстрому развитию географических наборов данных, основанных на местоположении, таких как данные мобильной сигнализации [23], данные GPS [24], траектории такси [25], данные смарт-карт шины [26] и точки интереса [27], технология визуализации данных предоставила новые перспективы и методы для наблюдения, понимания и анализа территориальных пространственных проблем [1]. Это знаменует собой ключевой переход от восприятия к познанию [28].

Профессиональная модельная технология вводит математическую статистику для выполнения сложных вычислений в четких теоретических рамках. Например, Yu Yajuan et al. [29] построили модель комплексной оценки территориального пространственного здоровья, которая сочетает в себе трапециевидные функции членства, улучшенный метод среднего квадратного отклонения и взвешенное евклидово расстояние. Ву Чжицян и др. [5] использовали метод проекции для диагностики экологических, экономических и социальных преимуществ территориального пространственного использования в Китае. Общая технология поддержки принятия решений объединяет компьютерные технологии на основе визуализации данных и профессионального моделирования для формирования систем поддержки планирования восприятия-действия [30-31], тем самым обеспечивая научную и рациональную поддержку территориально-пространственной диагностики. Клостерман [6], например, разработал систему диагностики несущей способности земли WHAT IF. Технология общей поддержки принятия решений также позволила добиться заметных успехов на более поздних стадиях диагностики. Ли Ся и др. [32]

использовали клеточные автоматы для анализа механизмов территориально-пространственного роста. В целом, общая технология поддержки принятия решений ранжирует альтернативные решения в соответствии с определенными правилами и целями принятия решений и является действием, основанным на представлении знаний и рассуждениях [33].

2.1.3 Стадия III: Технологии искусственного интеллекта

Технология ИИ формирует сильных учеников, комбинируя слабых учеников различными способами для выполнения сложных вычислений, обучения и рассуждений. В основном это машинное обучение, глубокое обучение и обучение с подкреплением. Машинное обучение использует факторы входного контроля и выходные решения в качестве обучающих данных, вычисляет отображение между входами и выходами и широко используется для определения территориальных пространственных функций и оценки преимуществ использования [33]. Общие алгоритмы включают деревья решений и машины векторов поддержки [27, 34-36].

Глубокое обучение использует многослойные скрытые архитектуры и иерархическую стратегию подготовки, которая включает дискриминационные, генеративные и гибридные формы. Он эффективно усиливает извлечение признаков и изучение законов [37] и имеет широкое применение в обработке территориальных пространственных изображений, анализе, понимании и познании [38]. Общие алгоритмы включают в себя сети глубоких верований и сверточные нейронные сети [39]. Усиление обучения максимизирует кумулятивное вознаграждение, полученное агентом из окружающей среды, чтобы он мог изучить оптимальную стратегию достижения цели. Он уделяет больше внимания стратегиям обучения для решения территориально-пространственных диагностических задач и обычно использует такие алгоритмы, как Q-обучение и актер-критические методы [40]. В целом, технология ИИ является нелинейной, адаптивной и многонаправленной. Он может обрабатывать сложные сценарии и имеет значительный потенциал в территориально-пространственной диагностике.

2.1.4 Различия в применимости, механизмах и основных возможностях трех этапов

Сравнение трех этапов показывает, что технология ИИ принципиально отличается по условиям применимости, логике механизма и основным возможностям (таблица 1). Она может более эффективно компенсировать дефицит технической рациональности традиционной территориально-пространственной диагностики и закладывает важную основу для построения теоретической парадигмы территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ.

2.2 Ограничения в разумной трансформации территориально-пространственных диагностических технологий

Хотя интеллектуальные технологии обеспечивают полезную поддержку территориально-пространственной диагностики, по-прежнему необходимо задаться вопросом, действительно ли эти технологии соответствуют ее теоретическим характеристикам и улучшают ли они ее основные задачи. В настоящее время ограничения в интеллектуальном преобразовании технологий территориально-пространственной диагностики можно суммировать в четырех аспектах.

2.2.1 Ограничение I. Недостаточное внимание к жизненным характеристикам пространства

На макроуровне современные исследования территориально-пространственной диагностики в основном направлены на территориально-пространственные экосистемы [29], используют производительность и барьерно-факторную диагностику [41]. На микроуровне они в основном касаются функционального местоположения [42], открытого публичного пространства [43] и экологической диагностики сообщества [44]. В целом, большинство исследований сосредоточены на конкретной системе планирования,

подсистеме или пространственном типе. Хотя ученые провели систематический бионический анализ функциональной архитектуры территориально-пространственной диагностики [1], систематические теоретические рамки, ориентированные на жизненные характеристики пространства, остаются недостаточными. Поэтому внедрение ИИ в территориально-пространственную диагностику должно вернуться к философской предпосылке о том, что территориальное пространство представляет собой сложное живое тело, содержащее бесчисленные процессы и элементы, чтобы усилить теоретические характеристики, такие как объективные законы, множественная координация, временная эволюция и взаимное образование форм и потоков.

2.2.2 Ограничение II. Недостаточное внимание к объективным пространственным законам

Классические диагностические технологии часто вычисляют среднее или медианное значение сопоставимых образцов доказательств в качестве нормы. Эта норма изменяется с общим уровнем доказательных органов за тот же период и менее ограничена предвзятостью, вызванной стандартным значением, основанным на опыте. Однако вводимые образцы зачастую не поддаются интерпретации в отношении процесса принятия решений и его основы. В результате диагностические стандарты, ориентированные на объективные пространственные законы, остаются без внимания, что может привести к преувеличенной диагностике или фрагментированным суждениям. Причины тройные. Во-первых, технологии искусственного интеллекта не в полной мере служат для разработки объективных законов и разработки стандартов оценки. Во-вторых, исследования технологии искусственного интеллекта уделяли ограниченное внимание тому, чтобы помочь людям понять процесс принятия решений и основу для каждой входной выборки [45]. В-третьих, надежные, надежные и объяснимые технологии искусственного интеллекта не были полностью применены к механизмам, эффектам и стратегиям оптимизации, связанным с территориальной пространственной диагностикой.

2.2.3 Ограничение III: Недостаточный доказательный гибридный интеллект

Текущую территориально-пространственную диагностику можно суммировать в два режима: вводимые человеком данные и пассивно выполняемые машины; или игнорируется человеческое сознание и машины непосредственно генерируют выходы. Методы, используемые моделями ИИ, по существу являются эмпирическими и основанными на обратной связи методами, такими как классификация, индукция и проба и ошибка. Они методологически неполны для территориально-пространственной диагностики и в значительной степени зависят от прошлого аналогичного опыта и аннотации данных человека. Имитация интеллекта часто может быть обобщена только на ограниченные аналогичные области, а именно локальное обобщение, и ее трудно распространить на все области, а именно глобальное обобщение. Поэтому его устойчивость к изменяющимся условиям ограничена. Человеко-машинное сотрудничество необходимо при генерации данных, разработке алгоритмов и оценке результатов.

2.2.4 Ограничение IV: Отсутствие ориентированной на задачи технической основы замкнутого цикла

С одной стороны, существующие исследования территориально-пространственной диагностики фрагментарны и рассеяны. Они часто совершают глубокие прорывы по конкретным проблемам в той или иной системе, но не имеют общей технико-системной структуры. С другой стороны, диагностические технологии часто сосредотачиваются на улучшении своих собственных алгоритмов, вычислительных мощностей и данных, в то время как не хватает технических рамок, ориентированных на основные задачи территориально-пространственной диагностики, включая восприятие чувств, изучение доказательств, объяснительный вывод, прогностическое суждение и выписывание рецептов. Причины тоже тройные. Во-

первых, техническая цель не сосредоточена на обслуживании основных задач территориально-пространственной диагностики. Во-вторых, специалисты по пространственному планированию имеют ограниченное понимание теоретической парадигмы и методов мышления при помощи искусственного интеллекта. В-третьих, соответствующие алгоритмы пока точно не сопоставлены с основными диагностическими задачами.

3 Теоретическая парадигма и модельная архитектура для территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ

3.1 Парадигма двойного геликса для территориальной пространственной диагностики с помощью ИИ

В территориально-пространственной диагностике вмешательство ИИ должно следовать четырем принципам.

Принцип 1 — это ИИ, ориентированный на данные. Основываясь на предыдущих знаниях, фокус смещается в сторону улучшения и обогащения эффективных данных для алгоритмов обучения.

Принцип 2 — это модельно-ориентированный ИИ. Захватывая релевантный ИИ или причинно-следственные связи, он улучшает интерпретируемость, надежность и адаптивность и уменьшает систематическое искажение ИИ.

Принцип 3 — это ИИ, ориентированный на приложения. Это требует четкого понимания того, как территориально-пространственное планирование принимает решения и как территориально-пространственная диагностика может улучшить научную рациональность планирования.

Принцип 4 — человекоцентричный ИИ. Его цель — дать людям возможность принимать решения, а не заменить их.

3.2 Алмазная структура территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ

В существующих исследованиях технология ИИ обычно включается в область исследований новых технологий территориально-пространственного планирования, в то время как специализированная теория интеллектуальной территориально-пространственной диагностики еще не сформирована. Данное исследование предлагает парадигму двухгеликсовой территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ (рис.1).



Рис. 1 Двухспиральная парадигма территориально-пространственной диагностики с поддержкой ИИ

В частности, интеллектуальная территориально-пространственная диагностика рассматривает территориальное пространство как сложное живое тело как свою руководящую идею и объективные законы территориально-пространственного развития и эволюции как свою фундаментальную основу. Он дает полную игру соответствующим сильным сторонам человеческой предшествующей мудрости и моделей ИИ на пяти основных этапах восприятия чувств, обучения доказательствам, объяснительного вывода, прогностического суждения и принятия рецептов. Посредством спирального гибридного усиления он определяет нормальное и здоровое состояние, в котором формы и потоки взаимно составляют друг друга, степень и причины отклонения от этого состояния и болевые точки, которые серьезно отклоняются от объективных законов. Затем он выделяет ограниченные ресурсы на эти болевые точки, тем самым преследуя единство естественной и искусственной среды, гармонию между несколькими элементами системы и устойчивость цивилизационной преемственности и инноваций.

3.3 Общая модель архитектуры для территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ



Рис. 2 Ромбовидная рамка территориально-пространственной диагностики с поддержкой ИИ

Основываясь на парадигме «Дуал-Хеликс» интеллектуальной территориально-пространственной диагностики, это исследование встраивает человеческую предыдущую мудрость и модели ИИ в пять основных этапов территориально-пространственной диагностики и создает модель «человек-в-петле» для гибридной расширенной интеллектуальной диагностики. Как показано на рисунке 2, модель состоит из пятиугольного фрустума, представляющего предшествующую мудрость человека, и пятиугольной пирамиды, представляющей модели ИИ. Их совокупный объем указывает на общую производительность гибридной усовершенствованной интеллектуальной диагностической модели для территориального пространства.

4 Изменения в когнитивных методах и методах действий после внедрения ИИ в территориально-пространственную диагностику

4.1 От односторонней пассивности к коллективной инициативе

Метод одностороннего пассивного мышления имеет два значения. Во-первых, одностороннее лечение боли в голове путем лечения боли в голове и ноге путем лечения стопы отрицает влияние других систем вне системы и обсуждает систему только внутри себя [46]. Во-вторых, пассивность означает, что диагноз часто основывается на личной воле, привычках, опыте и предпочтениях и рассматривает рутинизированный и формализованный анализ статуса как территориально-пространственную диагностику. Такой диагноз часто заканчивается поспешно и становится анализом ради самого себя [8]. После вмешательства ИИ метод территориально-пространственной диагностики переходит к коллективной инициативе. По сравнению с односторонним режимом, коллективный режим требует как

многосистемного мышления, так и координации между ними. По сравнению с пассивностью, инициатива опирается на возможности ИИ для многоисточникового восприятия, глубокого обучения, строгих рассуждений, чувствительной обратной связи и поддержки принятия решений для проведения активного медицинского обследования характеристик территориального пространственного развития и эффектов планирования реализации [47]. Поэтому пространственная диагностика рассматривается как задача, столь же важная, как и пространственное планирование.

4.2 От определяемого формой потока к взаимному образованию форм и потоков

Метод мышления, определяемый формой, принимает физическую пространственную форму в качестве основного диагностического объекта, рассматривает потоки как придатки физической формы и уделяет ограниченное внимание самим потокам. Взаимообразование форм и потоков рассматривает потоки в территориальном пространстве как происхождение форм. Если форма не соответствует законам спроса на потоки, потоки блокируются, и это влияет на здоровье территориального пространства. Поэтому территориально-пространственная диагностика должна диагностировать состояние здоровья потоков и судить о том, соответствуют ли формы законам спроса потоков, чтобы формы могли лучше следовать потокам и обеспечивать плавное обращение [1].

4.3 От ориентированной на опыт диагностики к ориентированной на закон диагностике

Опытно-ориентированная диагностика имеет две характеристики. Во-первых, он линейный.

Традиционная территориально-пространственная диагностика часто основывается на прошлом опыте и опирается на линейные пути рассуждения, что затрудняет адаптацию к нелинейной сложности территориального пространства. Во-вторых, она жесткая. Традиционная диагностика имеет тенденцию ожидать результатов, соответствующих существующим знаниям и опыту, и поэтому несет в себе присущую субъективность.

После того, как ИИ вводится в территориально-пространственную диагностику, метод мышления меняется в сторону правоориентированной диагностики двумя способами. Во-первых, привычка к случайной выборке и фрагментарному обобщению опыта на основе личной воли отменяется и заменяется раскрытием законов территориального пространственного развития и эволюции и диагностикой отклонений от этих законов. Во-вторых, простое использование высоких или низких значений данных в качестве хороших или плохих стандартов оценки заменяется фармакологической концепцией эффективной дозы. Это разъясняет минимальную эффективную дозу и максимально допустимую дозу для коррекции закона и выделяет ограниченные ресурсы на болевые точки с серьезными отклонениями от законов.

4.4 От государственной диагностики до прогностической диагностики

Государственная диагностика относится к использованию определенных аналитических и экзаменационных методов для понимания и оценки рабочего состояния и состояния развития конкретного территориального пространства, выявления проблем и выявления их причин. Диагностика исторических и текущих состояний [1].

Классическая точка зрения гласит, что хорошее управление лечит болезнь до того, как она появляется, и расстройство до того, как она возникает. В медицине прогноз используется для прогнозирования вероятного или ожидаемого развития заболевания, в том числе того, улучшатся ли признаки и симптомы, ухудшатся или останутся стабильными с течением времени, а также возможности осложнений и связанных с ними проблем со здоровьем [48]. Территориальная пространственная диагностика требует аналогичного подхода. Он не может знать только недавнее прошлое, не понимая будущего. Поэтому

прогноз является насущной необходимостью и одной из основных технических трудностей при планировании. Технология ИИ может моделировать и прогнозировать возможные будущие состояния и потенциальные проблемы территориального пространства на основе его объективных законов развития и эволюции. Это может помочь решить проблемы до их возникновения и перенести территориально-пространственную диагностику из государственной в прогностическую.

4.5 От разделения человека и машины к совместному человеческому интеллекту

Разделение человека и машины также имеет два значения. Во-первых, территориально-пространственная диагностика полностью зависит от предварительных знаний человека, а субъективный отбор используется для выбора случаев и данных, которые проверяют прошлый опыт и заданные пространственные проблемы. Во-вторых, диагностика полностью зависит от моделей ИИ. В настоящее время модели ИИ остаются методологически неполными для территориально-пространственной диагностики и в значительной степени зависят от прошлого аналогичного опыта и человеческой аннотации. Их смоделированный интеллект часто достигает только локального, а не глобального обобщения, и их способность противостоять вмешательству в изменяющихся условиях ограничена[49]. Территориальная пространственная диагностика должна, таким образом, интегрировать человеческие предварительные знания и модели ИИ и двигаться к совместному интеллекту человека и машины. Это выражается через человеко-машинное гибридное усиление, спиральное улучшение и итеративный симбиоз. Люди обладают сильной теоретической строительной способностью и индуктивным суждением о территориальных пространственных расстройствах, в то время как ИИ может количественно раскрывать объективные законы территориального пространственного развития и эволюции, определять состояния отклонения, степени и ключевые причины и, с точки зрения сложных рецептов, прогнозировать положение ключевых факторов и их комбинированные эффекты в рецепте, чтобы сформулировать скоординированный план лечения.

5 Системы совершенствования методов работы в области территориально-пространственной диагностики с помощью ИИ

进行国土空间诊断，主观挑选能够验证

府、企业、市民等多方利益相关者的需

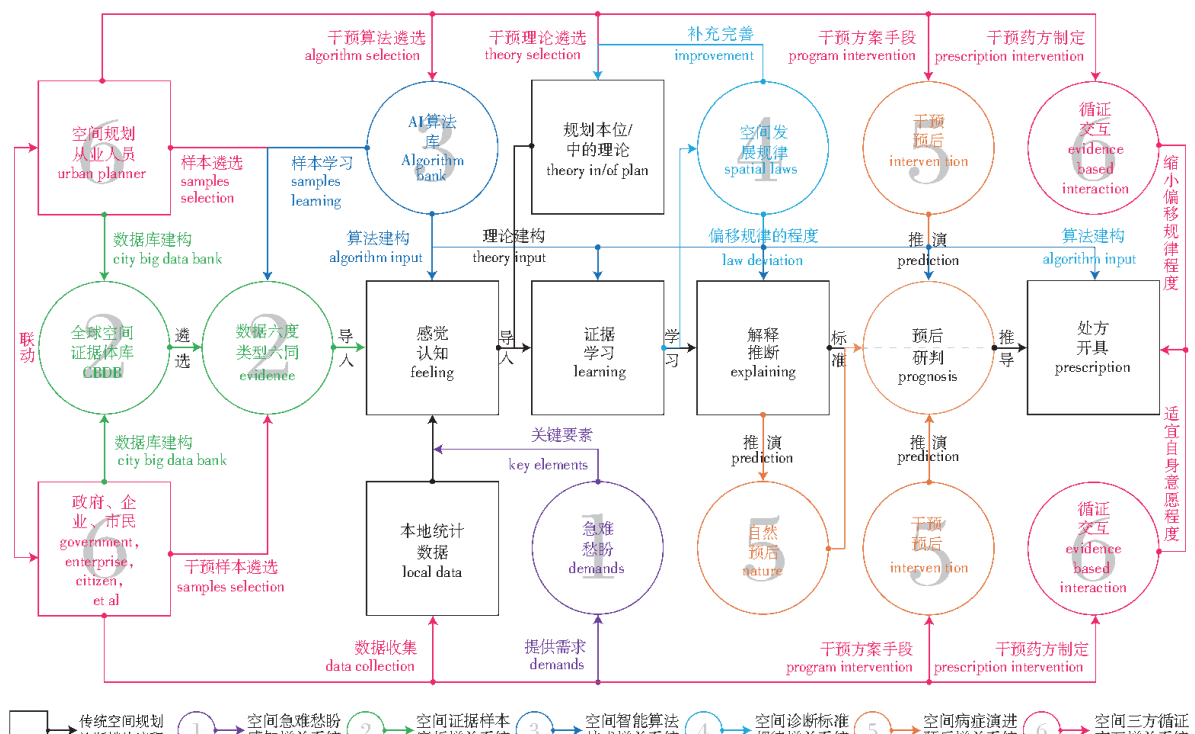


Рис. 3 Шесть систем совершенствования методов работы в территориально-пространственной диагностике с поддержкой ИИ

В традиционной территориально-пространственной диагностике основной рабочий процесс заключается в вводе статических и низкочастотных данных панели, проведении обучения доказательствам с помощью конкретной процедуры расчета, а затем оценке территориальных пространственных проблем. В ответ на недостатки этого процесса в территориально-пространственную диагностику с помощью ИИ войдут шесть систем для совершенствования методов работы (рис.3), которые уже эффективно применяются в нескольких проектах территориально-пространственной диагностики в Китае.

5.1 Система улучшения восприятия для неотложных пространственных потребностей

Традиционная территориально-пространственная диагностика обычно понимает насущные проблемы многих заинтересованных сторон посредством интервью и ручной классификации и обобщения. На практике, однако, повествовательные центры этих источников часто отличаются. Внедрение технологии ИИ позволяет более полно и эффективно воспринимать потребности правительств, предприятий, граждан и других заинтересованных сторон из массивных кросс-медийных данных, включая изображения, тексты, видео и аудио.

5.2 Базовая система усовершенствования образцов пространственных доказательств

Глобальный банк выборки пространственных данных имеет характеристики шести размеров данных и шести типов сходств. Шесть измерений данных относятся к постоянному улучшению и расширению размеров, ширины, протяженности, гранулярности, частоты и скорости разнородных данных с несколькими источниками. Эти усовершенствования позволяют более точно выявлять закономерности территориально-пространственного развития и эволюции и строить масштабный глобальный банк выборки территориально-пространственных данных.

Шесть типовых сходств относятся к сходству в региональном пространстве, пространстве местности, пространстве масштаба, морфологическом пространстве, имущественном пространстве и сценическом пространстве [10]. Клиническая медицина часто показывает значительные различия между взрослыми и детьми, мужчинами и женщинами, а также молодыми и пожилыми людьми. Территориальное пространство – это сложное живое тело. Его вынашивание, рождение, развитие, мутация, обновление, упадок и эволюция — это не только физические движения от простого к сложному, от беспорядка к порядку и от более низкого к более высокому уровню. Они также показывают различные жизненные характеристики в зависимости от региона, местности, масштаба, морфологии, свойств и стадии. Таким образом, типологическое исследование сходных жизненных характеристик является ключевой предпосылкой для научного установления эталонных стандартов территориально-пространственной диагностики [50].

5.3 Система технического усовершенствования алгоритмов пространственного интеллекта

В территориально-пространственной диагностике алгоритмы ИИ могут быть реорганизованы вокруг пяти уровней, а именно: восприятие чувств, изучение доказательств, объяснительный вывод, прогностическое суждение и составление рецептов, формируя систему улучшения алгоритма FLEPP.

Уровень 1 требует, чтобы алгоритмы ИИ воспринимали характеристики территориального пространства на стадии разработки и эффекты планирования. Примеры включают алгоритмы увеличения данных, такие как вариационные автокодеры и модели диффузии, и алгоритмы уменьшения размерности, такие как автокодеры и сверточные нейронные сети. Уровень 2 требует, чтобы алгоритмы ИИ изучали объективные законы территориального пространственного развития и эволюции, используя такие методы, как спектральная кластеризация, машины для повышения градиента, байесовское обучение и нейронные сети. Уровень 3 требует, чтобы алгоритмы ИИ определяли степень отклонения от объективных законов и выявляли причины отклонения, используя глобальные модельно-агностические алгоритмы, такие как участки частичной зависимости и локальные модельно-агностические алгоритмы, такие как SHAP, для выявления важных особенностей и объяснения пороговых эффектов.

Уровень 4 требует, чтобы алгоритмы ИИ оценивали краткосрочные и долгосрочные эффекты после пространственного самовосстановления или вмешательства, включая восстановление или прогрессирование. Обучение на дереве решений, нейронные сети и генеративные состязательные сети могут использоваться для моделирования и прогнозирования. Уровень 5 требует, чтобы алгоритмы ИИ дополняли и пересматривали пространственное самооздоровление или планирование. Для определения оптимального портфеля стратегий территориально-пространственного планирования может быть использовано обучение с подкреплением, основанное на ценностных функциях или градиентах политики, в том числе структурах, характеризующих действующих лиц.

5.4 Законодательная система усовершенствования стандартов пространственной диагностики

Технология ИИ имеет характеристики системной ассоциации, глубокого мышления и экологического мышления. Она может добывать эволюционные законы территориального пространственного развития посредством глубокого обучения и формулировать диагностические стандарты на этой основе.

Территориальное пространство охватывает региональные связи, экологическую среду, экономическую промышленность, динамику науки и инноваций, социальное население, историческую культуру, транспортные потоки, морфологию и функцию, а также здоровье, отдых и устойчивость [51-52]. Он реализует идеи единства между человеком и природой, системной гармонии и устойчивости между поколениями и реагирует на три ключевых расстройства: отсутствие соответствия, а именно конфликт между естественной и искусственной средой; отсутствие гармонии, а именно дисбаланс между

несколькими элементами системы; и отсутствие непрерывности, а именно разъединение между цивилизационным продолжением и инновациями [10]. Эти идеи формируют систему усовершенствования закона HOS для территориально-пространственной диагностики.

在国土空间诊断中的AI开发应用 国土空间智能诊断的AI开发应用 国土空间智能诊断的AI开发应用

“感觉认知（feeling）—证据学习（learn—（演员—评论家框架）确定国土空间规划 律集群；③空间康乐永续规律集群。

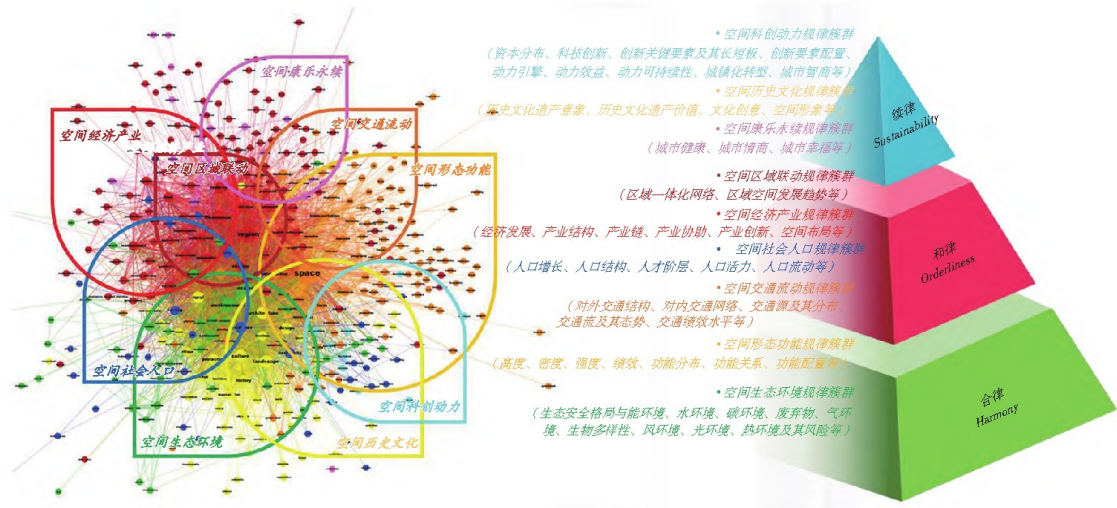


图4 国土空间智能诊断的“HOS”规律增益系统
Fig.4 The "HOS" law gain system of AI-assisted territorial spatial diagnosis

Рис. 4 Система усиления закона HOS для территориально-пространственной диагностики

(1) Пространственный закон соответствия включает совокупность пространственных экологических законов. (2) Пространственный закон гармонии включает кластеры законов для пространственной экономической промышленности, пространственного социального населения, пространственных транспортных потоков, пространственной морфологии и функции и пространственной региональной связи. (3) Пространственный закон непрерывности включает кластеры законов пространственной науки и инновационной динамики, пространственной исторической культуры и пространственного здоровья, отдыха и устойчивости.

5.5 Прогностическая система улучшения эволюции пространственных расстройств

В медицине прогноз относится к основанному на опыте прогнозированию развития заболевания. Его можно разделить на естественный прогноз и прогноз вмешательства, которые соответственно предсказывают процесс развития и последствия заболевания с помощью или без медицинского лечения или вмешательства.

Точно так же территориально-пространственная диагностика после внедрения ИИ добавляет систему прогностического улучшения для эволюции пространственных расстройств. Его также можно разделить на естественный прогноз и прогноз вмешательства. В условиях планового вмешательства или без него эта система моделирует и прогнозирует процесс развития и последствия того или иного территориально-пространственного расстройства на основе объективных законов территориально-пространственного развития и эволюции[53].

Система прогностического совершенствования должна уделять особое внимание механизму устойчивости территориального пространства. Если механизм имеет положительный эффект, планирование должно

работать с ним; если он имеет отрицательный эффект, планирование должно улучшить его против тенденции [13]. Соблюдение законов самооздоровления территориального пространства позволит снизить затраты на планирование, что также является одной из основ территориально-пространственной диагностики.

5.6 Интерактивная система совершенствования для трехсторонних доказательств

Интеллектуальная территориально-пространственная диагностика добавляет трехстороннюю систему улучшения взаимодействия, основанную на объективных законах территориально-пространственного развития и эволюции, практическом опыте практиков пространственного планирования и насущных проблемах многих заинтересованных сторон. В нем совместно формулируются методы диагностики и планы лечения территориально-пространственных нарушений, что позволяет достичь оптимальных диагностических и лечебных эффектов. Трехстороннее взаимодействие на основе фактических данных в основном отражается в шести аспектах.

(1) Практикующие специалисты по пространственному планированию и многочисленные заинтересованные стороны могут участвовать в выборе системы отсчета выборки пространственных данных в соответствии с шестью типами сходства пространства. (2) Они могут вмешиваться в построение диагностических теоретических моделей в соответствии с теорией планирования (ТОП) и теорией планирования (ТИП). (3) Они могут вмешиваться в выбор диагностических технических моделей в соответствии с точностью, эффективностью, надежностью, интерпретируемостью и обобщением различных алгоритмов ИИ.

(4) Законы территориально-пространственного развития и эволюции, основанные на глобальной выборке пространственных данных, еще больше улучшают ТОП и СОВП и еще больше повышают практический опыт практиков пространственного планирования. (5) Практикующие специалисты по пространственному планированию и многочисленные заинтересованные стороны могут вмешиваться в схемы пространственного планирования и моделировать процесс и последствия территориальных пространственных нарушений. (6) Следуя принципам минимизации степени отклонения от законов и максимального соответствия предпочтениям заинтересованных сторон, специалисты по пространственному планированию и многочисленные заинтересованные стороны совместно разрабатывают планы профилактики и лечения территориальных пространственных расстройств в скоординированной логике предписаний.

6 Заключение

Содействие глубокой интеграции технологий искусственного интеллекта и территориальной пространственной диагностики является насущной необходимостью для повышения теоретических характеристик территориальной пространственной диагностики, ориентированной на объективные законы, множественную координацию, временную эволюцию и взаимное формирование форм и потоков. Руководствуясь идеей о том, что территориальное пространство является сложным живым телом и основано на объективных законах территориального пространственного развития и эволюции, это исследование строит парадигму Dual-Helix и алмазную архитектуру для территориальной пространственной диагностики после внедрения технологии искусственного интеллекта с точки зрения принципов, теории и моделей.

На этой основе исследование объясняет пять направлений изменения методов мышления после того, как ИИ вводится в территориально-пространственную диагностику: от односторонней пассивности к коллективной инициативе, от определяемого формой потока к взаимному формированию форм и потоков, от ориентации на опыт до ориентации на закон, от государственной диагностики до

прогностической диагностики и от разделения человека и машины до совместного интеллекта человека и машины. Кроме того, предлагается шесть систем для улучшения методов работы, а именно: восприятие неотложных проблем, базовые образцы доказательств, технология интеллектуальных алгоритмов, законы диагностических стандартов, прогноз эволюции расстройств и трехстороннее взаимодействие на основе доказательств. Эти системы призваны решать проблемы и симптомы традиционной территориально-пространственной диагностики, способствовать дальнейшему повышению научной рациональности территориально-пространственного планирования и устойчивому развитию территориального пространства.

Авторы благодарят анонимных рецензентов за их предложения и комментарии, а редакцию Форума городского планирования — за помощь в процессе публикации.

Заметки

1 С одной стороны, во время практики пяти стадий территориально-пространственной диагностики практикующие врачи могут непрерывно проводить человеко-мозговое изучение доказательных органов (EBn), тем самым улучшая теоретическую высоту (THn) и эмпирическое богатство (ERn) территориально-пространственной диагностики. В общем, эмпирическое богатство индивида не превышает ширину доказательств полного набора, а именно $ERn \leq EBn$, и человеческая предшествующая мудрость тем самым всеобщее укрепляется. С другой стороны, модели ИИ могут непрерывно проводить машинное обучение (LDn) из органов доказывания (EBn), улучшать применение знаний, полученных из ограниченных доказательств, в новых ситуациях и всеобщее повышать способность модели к обобщению. Таким образом, постоянное улучшение THn, ERn, EBn и LDn может повысить общую производительность модели.

2 <http://www.wupen.org/lectures/190?lesson=446>

Список литературы

- [1] 叶锺楠, 吴志强. 城市诊断的概念、思想基础和发展思考[J]. 城市划, 2022, 46(1): 53-59.
- [2] 中国自然资源报. 新版《国土空间规划城市体检评估规程》发布[EB/OL]. (2025-05-19) [2025-07-25]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202505/t20250519_2884504.html.
- [3] 石晓冬, 王吉力, 杨明. 北京城市总体规划实施评估机制的回顾与新探索[J]. 城市规划学刊, 2019(3): 66-73.
- [4] 伍江, 王信, 陈烨, 等. 超大城市城市体检的挑战与上海实践[J]. 城市规划学刊, 2022(4): 28-34.
- [5] 吴志强, 刘晓畅, 赵刚, 等. 空效益向替代: 城市治理关键评价指标[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 15-22.
- [6] KLOSTERMAN R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(3): 393-408.
- [7] 吴志强, 甘惟, 刘朝, 等. AI 城市: 理与模型架构[J]. 城市规划学刊, 2022(5): 17-23.
- [8] 张庭伟. 复杂性理论及人工智能在规划中的应用[J]. 城市规划学刊, 2017(6): 9-15.
- [9] 肖飞, 吴洪涛, 郭文华, 等. 自然资源行业大模型建设框架与典型场景研究[J]. 自然资源信息化, 2024(6): 54-62.
- [10] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 19-23.
- [11] 钮心毅, 林诗佳, 桑田, 等. 数字化规划技术: 数据与知[J]. 城市规划学刊, 2024(2): 18-24.
- [12] 吴志强, 李欣. 城市规划设计的永续理性[J]. 南方建筑, 2016(5): 4-9.
- [13] 吴志强. 国土空间规划原理[M]. 上海: 同济大学出版社, 2022.
- [14] 万学红, 卢雪峰. 诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.

- [15] 季聪华, 刘姗, 张颖, 等. 基于诊疗大数据研究的循证医学证据等级思考[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(12): 5540-5542.
- [16] 新华社. 中央城市工作会议在北京举行 习近平发表重要讲话[EB/OL]. (2025-07-12) [2025-07-25]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202507/content_7032083.htm.
- [17] MAYER-SCHÖNBERGER V, CUKIER K. Big data: a revolution that will transform how we live, work, and think[M]. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- [18] 夏征农, 陈至立. 大辞海[M]. 上海: 上海辞出版社, 2016.
- [19] BATTY M. Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [20] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018(1): 6-11.
- [21] 张磊. 证实抑或证伪? 经验科学证实的困难与证伪的局限[J]. 山东师范大学学报(人文社会科学版), 2012, 57(3): 148-153.
- [22] 张浩. 城市规划范式的转变: 从定性规划向定性与定量相结合的过渡[J]. 美与时代(城市版), 2017(8): 24-25.
- [23] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.
- [24] SHOVAL N. Tracking technologies and urban analysis[J]. Cities, 2008, 25(1): 21-28.
- [25] LIU L, ANDRIS C, RATTI C. Uncovering cabdrivers' behavior patterns from their digital traces[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2010, 34(6): 541-548.
- [26] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1339-1352.
- [27] LIU X C, QIAO R L, ZHANG X N. Dissecting the nonlinear economic implications of urban extreme thermo-environment using a Monte Carlo simulation-based ensemble learning model[J]. Habitat International, 2025, 156: 103274. DOI: 10.1016/j.habitatint.2025.103274.
- [28] 王劲峰, 葛咏, 李连发, 等. 地理学时空数据分析方法[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1326-1345.
- [29] 郁亚娟, 郭成, 刘永, 等. 城市病诊断与城市生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008(4): 1736-1747.
- [30] GEERTMAN S, STILLWELL J. Planning support systems: an inventory of current practice[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2004, 28(4): 291-310.
- [31] 钮心毅. 规划支持系统: 一种运用计算机辅助规划的新方法[J]. 城市规划学刊, 2006(2): 96-101.
- [32] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005(1): 19-27.
- [33] 甘惟, 吴志强, 王元楷, 等. AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 12-18.
- [34] 王德, 王灿, 谢栋灿, 等. 基于手机信令数据的上海市不同等商中心商圈的比: 以南京东路、五角场、鞍山路例 [J]. 城市规划学刊, 2015(3): 50-60.
- [35] WU Z Q, QIAO R L, ZHAO S, et al. Nonlinear forces in urban thermal environment using Bayesian optimization-based ensemble learning[J]. Science of the Total Environment, 2022, 838(3): 156348.
- [36] LIU X C, QIAO R L, WU Z Q, et al. Unveiling the spatially varied nonlinear effects of urban built environment on housing prices using an interpretable ensemble learning model[J]. Applied Geography, 2024, 173: 103458.
- [37] LIU X C, LIU Z Y, ZHU Z L, et al. Decoupling the multi-drivers of urban extreme heat environment in urban agglomerations using ensemble learning[J]. Building and Environment, 2024, 258: 111618.
- [38] 谢永杰, 智贺宁. 基于机器视觉的图像识别技术研究综述[J]. 科学技术创新, 2018(7): 74-75.
- [39] 周飞燕, 金林鹏, 董军. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(6): 1229-1251.
- [40] 万里鹏, 兰旭光, 张翰博, 等. 深度强化学习理论及其应用综述[J]. 模式识别与人工智能, 2019, 32(1): 67-81.

- [41] 吴一凡, 雷国平, 路昌, 等. 基于改进 TOPSIS 模型的大庆市城市土地利用绩效评价及障碍度诊断[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4): 85-90.
- [42] 白光润. 城市商业区位诊断研究[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2006(3): 74-80.
- [43] 陆路, 刘静, 周旋. 城市公共开放空间意度合断模型[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(6): 915-919.
- [44] 杨谦柔, 张世典. 可持续都市住区环境诊断模式之研究[J]. 城市发展研究, 2008, 15(6): 43-48.
- [45] BAEHRENS D, SCHROETER T, HARMELING S, et al. How to explain individual classification decisions[J]. Journal of Machine Learning Research, 2010, 11: 1803-1831.
- [46] 林家彬. 我国“城市病”的体制性成因与对策研究[J]. 城市规划学刊, 2012(3): 16-22.
- [47] 石晓冬, 杨明, 金忠民, 等. 更有效的城市体检评估[J]. 城市规划, 2020, 44(3): 65-73.
- [48] CROFT P, ALTMAN D G, DEEKS J J, et al. The science of clinical practice: disease diagnosis or patient prognosis? evidence about "what is likely to happen" should shape clinical practice[J]. BMC Medicine, 2015, 13(1): 20.
- [49] 段伟文. 人工智能时代的价值审度与伦理调适[J]. 中国人民大学学报, 2017, 31(6): 98-108.
- [50] 朱劼. 城市研究中生命视角的引入[J]. 城市规划学刊, 2008(2): 24-30.
- [51] 刘晓畅. 改革开放 40 年来中国城乡规划研究领域演进[J]. 城市发展研究, 2021, 28(1): 6-12.
- [52] 吴志强, 刘晓畅. 改革开放 40 年来中国城乡规划知识网络演进[J]. 城市学刊, 2018(5): 11-18.
- [53] 吴志强, 刘晓畅, 刘琦, 等. 基于水资源约束的我国城市发展策略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(5): 75-88.

Перевод с помощью ИИ