

Формирование интеллектуальной диагностической парадигмы оценки городского обследования на основе индикаторов с интеграцией больших языковых моделей

Авторы

Ван Кансюй, Чжан Шаньци, Чэнь Чэн, Чжэнь Фэн, Цинь Сяо, Чжан Ишу

Аннотация

В условиях цифровой и интеллектуальной трансформации управления территориальным пространством городское обследование и оценка переходят от мониторинга индикаторов к комплексной диагностике. Однако оценка, сосредоточенная на индикаторах, по-прежнему часто ограничивается поверхностным описанием аномалий, тогда как интеграция аналитики данных и профессионального планировочного знания остается недостаточной. В статье оценка индикаторов рассматривается как системный когнитивный процесс интерпретации состояния функционирования сложных городских систем. Предлагается диагностическая онтология S-E-D, включающая три компонента: симптом, объяснение и решение. На этой основе разработан подход с использованием большой языковой модели, усиленной знаниями, который поддерживает анализ индикаторов, объяснение причин и формирование стратегий при ограниченности планировочного знания за счет структурной обработки планировочных документов и технических стандартов. Исследование на примере Нанкина показывает, что предложенный метод хорошо работает при интеграции множества индикаторов, обеспечивает согласованность рассуждений и повышает интерпретируемость стратегических рекомендаций. Работа предлагает методологический ориентир для перехода оценки городских индикаторов от практики, зависящей от опыта, к воспроизводимой и прослеживаемой интеллектуальной диагностике.

Ключевые слова

городское обследование и оценка; управление территориальным пространством; большие языковые модели; интеллектуальная диагностика

1 Предпосылки: цифровая и интеллектуальная трансформация городского обследования и оценки

1.1 Смена парадигмы: от мониторинга индикаторов к интеллектуальному познанию

Городское обследование и оценка являются важным инструментом контроля реализации территориального пространственного планирования и повышения качества пространственного управления. В последние годы, по мере формирования системы мониторинга реализации в рамках «интеграции нескольких планов», городское обследование стало регулярным механизмом понимания функционирования города, выявления проблем реализации планов и поддержки адаптивной корректировки политики [1-3]. Местные практики развиваются вокруг обследования индикаторов, обследования задач и тематического обследования; среди них обследование индикаторов является наиболее прямым входом для восприятия состояния городского пространства [4].

Традиционная оценка индикаторов в основном опирается на статистическое сравнение, сопоставление с целевыми значениями и периодическую отчетность. Она эффективна для

фиксации того, достиг ли отдельный индикатор заданного уровня, но значительно слабее в объяснении причин отклонения и путей реагирования. С расширением цифровой инфраструктуры, пространственно-временных данных и платформ городского функционирования обследование индикаторов переходит от последующей статистической проверки к динамическому восприятию и непрерывному мониторингу. Строительство сети мониторинга реализации территориального пространственного планирования дополнительно усиливает спрос на динамическую оценку, интеллектуальную диагностику и поддержку решений [5-7]. Поэтому ключевая задача обследования индикаторов уже не сводится к наблюдению за значениями; она состоит в построении интеллектуального когнитивного процесса, объединяющего выявление проблем, объяснение механизмов и формирование стратегий.

1.2 Практические ограничения: зависимость от опыта и недостаточная интеграция знания

Хотя данные из многих источников расширили охват и повысили своевременность мониторинга, глубинная диагностическая способность современной практики по-прежнему ограничена двумя проблемами. Первая состоит в высокой зависимости от профессионального опыта. Городские системы сложны, взаимосвязаны, многомасштабны и нелинейны; изменения индикаторов могут включать отложенные эффекты, межсекторные взаимодействия и скрытые причинные связи [8]. Планировщикам часто приходится интерпретировать фрагментарные и высокочастотные данные на основе профессионального суждения, однако устойчивые причинные цепочки трудно извлечь непосредственно. В результате выводы оценки могут оставаться на уровне перечня аномальных индикаторов и чрезмерно зависеть от индивидуального опыта, что затрудняет выявление структурных причин и переносимых правил принятия решений [9].

Вторая проблема заключается в недостаточной интеграции планировочного знания. Политические документы, технические руководства, обязательные планы, оценочные отчеты и экспертный опыт вместе образуют профессиональную логику диагностики здоровья города. Существующие цифровые методы относительно сильны в расчетах и визуализации, но слабы в организации неструктурированных планировочных текстов и их включении в процессы рассуждения. В результате возникает разрыв между данными мониторинга и профессиональным планировочным знанием [10]. Методы, основанные на данных, не способны естественным образом представлять институциональные правила, планировочные механизмы и логику пространственного управления, а традиционное правилочное рассуждение ограничено при интеграции разнородных источников знания [11]. Следовательно, необходима новая рамка, связывающая корреляции данных с ограничениями знания.

1.3 Техническая возможность: интеллектуальное рассуждение, усиленное знаниями

Большие языковые модели открывают новую техническую возможность для диагностики городских индикаторов благодаря способности к семантическому пониманию, установлению связей между знаниями и генерации естественного языка. Предобученные языковые модели, усиленные знаниями, генерация с дополненным поиском, плотный поиск и агентное рассуждение уже применяются в финансах, бухгалтерском учете, медицине, образовании и программной поддержке [13-21]. Их ценность заключается не только в генерации текста, но и в организации предметного знания, извлечении релевантных доказательств и построении структурированных цепочек рассуждения.

В городском обследовании большие языковые модели могут объединять планировочные тексты, политические стандарты, данные индикаторов и контекстную информацию, поддерживая семантическую интерпретацию и многошаговое рассуждение. Однако нынешние приложения в планировании в основном сосредоточены на интерпретации политики, интеллектуальных вопросно-ответных системах или объяснении отдельных индикаторов. Они еще не сформировали целостную парадигму, которая связывает понимание индикатора, причинное объяснение и комплексное планировочное суждение [22-23]. Поэтому данная статья рассматривает обследование индикаторов как процесс когнитивной диагностики сложных городских систем, строит онтологию S-E-D и исследует метод интеллектуального анализа на основе большой языковой модели, усиленной знаниями.

2 Построение когнитивной онтологии и механизм усиления знаниями

2.1 Реконструкция диагностической онтологии: когнитивная онтология S-E-D

Городское обследование индикаторов следует понимать не как простое техническое наблюдение, а как комплексный диагностический процесс, ориентированный на сложные адаптивные городские системы [24]. Его объектом является не статическое сравнение изолированных индикаторов, а связи, отклонения и риски между пространственной, социальной, экономической, экологической и институциональной подсистемами [25-26]. Традиционное сопоставление с нормативами и линейное взвешивание могут определить, отклонился ли индикатор от цели, но не способны полноценно объяснить причины, траектории и управленческие последствия такого отклонения.

Для преодоления этого ограничения статья предлагает когнитивную онтологию диагностики индикаторов S-E-D: симптом, объяснение и решение. Эта онтология реорганизует процесс оценки в замкнутую когнитивную цепочку от восприятия состояния к атрибуции механизма и затем к планировочному реагированию.

2.1.1 Уровень симптома: восприятие состояния и выявление отклонения

Уровень симптома переводит состояние функционирования города в распознаваемые и сопоставимые сигналы проблемы. Он определяет, отклоняются ли индикаторы от целей планирования, технических стандартов, исторических траекторий или ожидаемых диапазонов, а также учитывает временную динамику и связи между индикаторами. По сравнению со статическим сравнением значений этот уровень подчеркивает семантический смысл индикаторов в конкретном планировочном контексте. Его результатом являются структурированные единицы симптомов, такие как снижение, колебание, несоответствие, давление порога или недостаточная координация.

2.1.2 Уровень объяснения: понимание причин и атрибуция механизмов

Уровень объяснения переводит анализ от вопроса «что изменилось?» к вопросу «почему это изменилось?». Он связывает аномальное поведение индикаторов с пространственной структурой, ресурсными условиями, стадией развития, институциональными ограничениями и социально-экономическими процессами. Благодаря ограничениям планировочного знания модель может избегать обобщенных объяснений, оторванных от местного контекста, и преобразовывать аномальные значения в причинные интерпретации с прослеживаемыми доказательствами. Этот уровень является ключевым мостом между мониторингом данных и профессиональным планировочным суждением.

2.1.3 Уровень решения: формирование стратегий и выход решений

Уровень решения преобразует диагностическое понимание в стратегии управления. Формируемая стратегия должна соответствовать выявленным причинам, целям планирования, институциональным условиям и путям реализации. Она не должна сводиться к общим рекомендациям, а должна организовывать меры в соответствии с цепочкой распознавания симптомов, диагностики механизма и стратегического вмешательства. В этом смысле обследование индикаторов становится процессом доказательного планировочного рассуждения, а не только описательным оценочным отчетом.

2.2 Интеллектуальное рассуждение в условиях ограничений знания

Путь рассуждения, усиленного знаниями, включает три взаимосвязанных процесса. Первый процесс - моделирование и структурная организация знания. Планировочные документы, технические стандарты, тексты политики, оценочные отчеты и экспертный опыт очищаются, сегментируются, нормализуются и преобразуются в вычислимые семантические единицы. Модели эмбедингов, такие как S-BERT и BGE, могут отображать эти единицы в плотное векторное пространство и формировать предметную базу планировочного знания [27-30].

Второй процесс - семантический поиск и динамическое планирование вызова знаний. Когда обнаруживается аномалия индикатора, система извлекает высокорелевантные фрагменты знания в зависимости от типа индикатора, планировочного объекта, пространственного контекста и описания проблемы. Плотный векторный поиск улавливает семантическое сходство, а разреженный поиск по ключевым словам и символические ограничения поддерживают точное соответствие местным политическим терминам, стандартам и планировочным категориям [31-32].

Третий процесс - объединенная генерация и управление траекторией рассуждения. Генерация с дополненным поиском вводит планировочные доказательства в контекст модели, а структурированные подсказки направляют модель по цепочке S-E-D [33-36]. Гиперпараметры генерации дополнительно ограничивают поведение выборки, чтобы вывод оставался стабильным, согласованным и основанным на извлеченном знании. По сравнению с тонкой настройкой под предметную область этот подход имеет более низкую стоимость обучения и снижает риск переобучения. Он меняет роль модели: от внутреннего хранения планировочного знания к его вызову, организации и использованию в рассуждении.

Таблица 1. Конфигурация гиперпараметров генерации большой языковой модели и механизмы их регулирования.

Параметр	Значение	Диапазон	Функция	Механизм регулирования
Temperature	0.3	0-2	Управляет случайностью и разнообразием генерации	Более низкое значение используется для повышения устойчивости рассуждения и логической

				согласованности.
Top P	0.1	0-1	Ограничивает набор возможных токенов по накопленной вероятности	Сжимает пространство кандидатов, сокращает низковероятные выражения и повышает определенность вывода.
Frequency penalty	0	0-1	Снижает вероятность повторного появления высокочастотных слов	Сохраняет повторение терминов для поддержания согласованности структурированного диагностического текста.
Presence penalty	0	0-1	Стимулирует введение нового содержания	Устанавливается так, чтобы избежать отхода от извлеченного знания и удерживать анализ вокруг заданной информации.
Max tokens	16384	0-16384	Определяет максимальную длину одной генерации	Поддерживает ввод длинных текстов и многошаговое рассуждение.

3 Метод интеллектуального рассуждения на основе онтологии S-E-D

В статье разрабатывается метод интеллектуального рассуждения для оценки городского обследования на основе индикаторов, в центре которого находится большая языковая модель. Метод объединяет базу планировочного знания, контекстную информацию об индикаторах и ограниченные подсказки рассуждения, направляя модель через цепочку анализа симптомов,

объяснительной атрибуции и формирования решений. Цель состоит в том, чтобы сделать диагностику индикаторов более воспроизводимой, прослеживаемой и интерпретируемой.

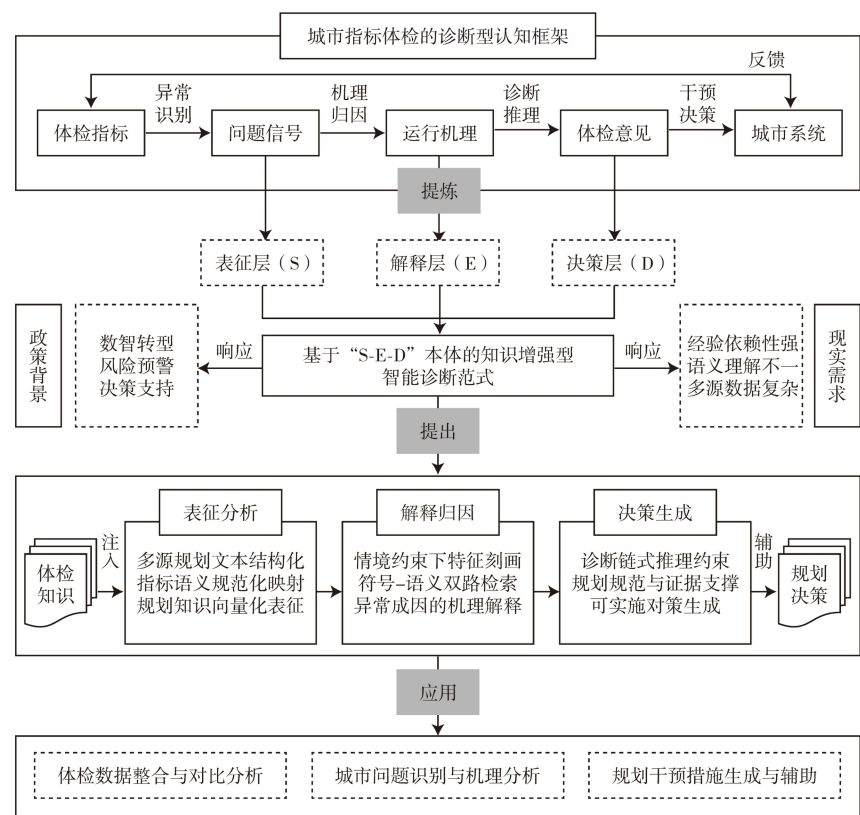


Рисунок 1. Техническая рамка интеллектуальной диагностики оценки городского обследования на основе индикаторов в соответствии с когнитивным замкнутым циклом S-E-D.

3.1 Анализ симптомов: построение базы планировочного знания

Анализ симптомов начинается с построения базы планировочного знания. Политические документы, технические процедуры, обязательные планировочные тексты и отчеты городского обследования преобразуются в извлекаемые и вычисляемые единицы знания посредством очистки текста, структурного разбора и нормализации терминологии. Данные индикаторов маркируются по категории, году, значению, стандарту, порогу и планировочной цели, а планировочные тексты раскладываются на семантические элементы: объект, состояние, проблема, причина и контрмера.

Для обеспечения точного поиска и восстановления контекста база знания использует двухуровневую семантическую структуру. Верхний уровень фиксирует тематическую область, планировочный объект и институциональный источник каждой единицы знания; нижний уровень фиксирует соответствующий диагностический смысл, причинную логику и политический ответ. После векторизации база данных поддерживает поиск сходства, извлечение доказательств и сборку контекста для рассуждения модели.

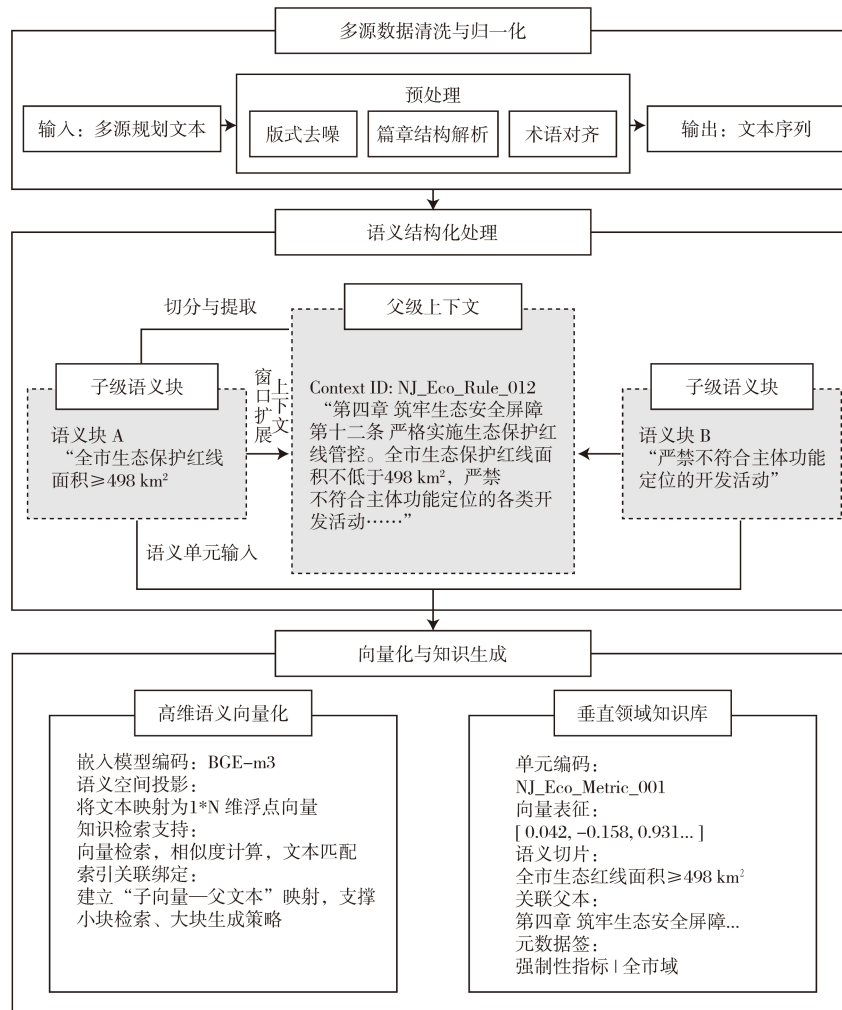


Рисунок 2. Процесс семантической декомпозиции и построения базы планировочного знания для диагностики индикаторов.

3.2 Объяснительная атрибуция: стратегия поиска, управляемая знаниями

После выявления аномальных индикаторов фокус анализа смещается от вопроса о наличии аномалии к вопросу о причинах ее возникновения. Чтобы предотвратить порождение общей моделью объяснений, оторванных от пространственного контекста, предложенный метод помещает изменения индикаторов в условия местоположения, функциональные характеристики, стадию развития и институциональные ограничения с помощью базы планировочного знания. Поиск осуществляется путем сочетания символических ограничений и семантического сходства. Символические ограничения сужают предметную область и гарантируют соответствие извлеченных доказательств правильной планировочной категории, пространственной единице и политическому контексту. Семантическое сходство затем выявляет связь между аномалией индикатора и релевантным планировочным знанием. Взвешенное объединение формирует набор фрагментов доказательств, поддерживающих причинную интерпретацию.

3.3 Формирование решений: доказательная парадигма диагностического рассуждения

Формирование решений следует за выявлением аномалий и объяснением причин. Оно преобразует диагноз в планировочные стратегии и рекомендации по управлению. Структурированный шаблон подсказки встраивает распознавание индикатора, анализ причин и формирование контрмер в процесс рассуждения, а извлеченное знание предоставляет нормативные стандарты, политические основания и местные планировочные ограничения. Благодаря генерации с дополненным поиском и контролю гиперпараметров модель снижает число неподкрепленных скачков и пробелов в доказательствах. Итоговый вывод становится более прослеживаемым и более пригодным для планировочной практики.

4 Эмпирическое исследование: экспериментальная проверка на примере Нанкина

4.1 Общая характеристика территории исследования и система индикаторов

Нанкин, столица провинции Цзянсу, расположен в нижнем течении Янцзы и регионе Цзянхуай и является ключевым узловым городом дельты реки Янцзы. К концу 2024 года его постоянное население достигло 9,577 млн человек, а уровень урбанизации составил 87,3%. С 2019 года Нанкин последовательно продвигает городское обследование и оценку, сформировав относительно стабильные данные индикаторов и ежегодные оценочные отчеты. Это создает подходящую основу для проверки интеллектуальной диагностики.

В эксперимент были включены базовые индикаторы, тесно связанные с территориальным пространственным планированием и имеющие непрерывные сопоставимые данные. После исключения двух индикаторов с прерывистыми данными было сохранено 29 экспериментальных индикаторов. Исследование систематизировало отчеты о городском обследовании Нанкина за 2019-2023 годы и интегрировало 59 ключевых документов политики и планирования для построения структурированной базы планировочного знания и базы стандартов и политики.

Таблица 2. Состав системы индикаторов городского обследования и оценки Нанкина в 2023 году.

Компонент	Состав, сохраненный для эксперимента	Диагностическая роль
Измерения первого уровня	Безопасность, инновации, координация, зеленое развитие, открытость и совместное пользование	Задают общую структуру оценки функционирования города.
Тип индикаторов	Базовые и рекомендательные индикаторы	Разграничивают обязательные элементы мониторинга и локально расширенные элементы оценки.
Экспериментальная выборка индикаторов	29 базовых индикаторов после исключения двух индикаторов с прерывистыми данными	Поддерживает межгодовое сравнение и модельное рассуждение.
Материалы знания	Оценочные отчеты 2019-2023 годов и 59 ключевых	Обеспечивают местные доказательства, политические

	документов политики и планирования	ограничения и основания планировочной интерпретации.
--	------------------------------------	--

4.2 Экспериментальная проверка на основе онтологии S-E-D

В эксперименте использовалась большая языковая модель DeepSeek с 671 млрд параметров, усиленная знаниями. От модели требовалось диагностировать поведение индикаторов в соответствии с онтологией S-E-D, извлекать релевантное планировочное знание и формировать объяснения и стратегии с явными доказательствами.

4.2.1 Распознавание индикаторов и вызов информации

Площадь красной линии экологической охраны служит показательным примером. База знания определяет нормативный ориентир этого индикатора как «не допускать сокращения, поддерживать стабильность или умеренное увеличение при наличии условий». Данные показывают, что площадь красной линии экологической охраны Нанкина составляла 505,74 км2 в 2020 году, снизилась до 496,64 км2 в 2022 году и слегка восстановилась до 498 км2 в 2024 году. Модель распознала траекторию первоначального расширения, последующего снижения и небольшого восстановления. При рассмотрении этой динамики вместе со стабилизацией или незначительным снижением площади городских и сельских строительных земель модель заключила, что давление пространственного развития сохраняется, но политическая нижняя граница не была принципиально нарушена. Вывод объединил распознавание состояния, оценку временной тенденции и проверку соответствия норме.

4.2.2 Объяснение проблемы и причинное рассуждение

На этапе объяснения модель интегрировала индикаторы, относящиеся к безопасности, экологии, землепользованию, инновациям и пространственному развитию. Она поместила аномальные значения в контекст ресурсных условий, стадии развития и институциональных ограничений Нанкина. Например, индикаторы постоянных основных сельскохозяйственных угодий, уровня грунтовых вод и расширения строительных земель были связаны с ограничениями природных ресурсов и недостаточной аллокацией строительных земель, что выявило давление на земельную и экологическую безопасность. Рост городских и сельских строительных земель, снижение доли промышленных земель и низкая эффективность высвобождения неиспользуемых земель указали на отставание промышленной реструктуризации и обновления земельного фонда от потребностей инновационного развития. Индикаторы плотности населения, плотности застройки и обеспеченности общественными услугами показали, что расширение новых городских районов опережало привлечение населения и функций, отражая недостаточную координацию планов и усиление автономии решений на районном уровне.

Через этот процесс модель преобразовала аномалии индикаторов в прослеживаемые причинные объяснения, а не в изолированные описательные суждения.

Таблица 3. Примеры многоуровневых отношений сопоставления между индикаторами и знаниями.

Типичный индикатор	Смысл симптома	Возможная причина и основание знания	Ориентация стратегии
--------------------	----------------	--------------------------------------	----------------------

Постоянные основные сельскохозяйственные угодья	Отражают нижнюю границу защиты пахотных земель и безопасность сельскохозяйственного пространства	Поэтапное снижение может указывать на давление строительного расширения или недостаточность механизмов компенсации пахотных земель; интерпретация ограничена политикой защиты пахотных земель и требованиями территориального пространственного планирования.	Усилить защиту постоянных основных сельскохозяйственных угодий, совершенствовать строительство высокостандартных сельхозугодий и координировать реализацию компенсации пахотных земель.
Точки городского подтопления	Отражают устойчивость дренажа, способность к защите от паводков и функционирование инфраструктуры	Подтопление может быть связано со старением трубопроводных сетей, недостаточной емкостью задержания дождевых вод и слабым интеллектуальным мониторингом; доказательства связаны со стандартами «губчатого города» и планированием дренажной системы.	Продвигать строительство «губчатого города», устранять точки подтопления, обновлять дренажные сети и совершенствовать интеллектуальный мониторинг и раннее предупреждение.

4.2.3 Интеграция стратегий и выход решений

На этапе решений модель сформировала стратегические рекомендации путем межгодовой и межизмерительной интеграции. Для индикаторов инноваций она связала снижение доли промышленных земель, неэффективность земельного фонда и пространственное несоответствие между инновационными функциями и общественными услугами. Модель предложила совершенствовать механизм активизации земельного фонда, координировать размещение промышленных и инновационных пространств, усиливать связь инновационных районов с общественными услугами и транспортными сетями, а также уточнять механизмы политической

поддержки и мониторинга. По сравнению с общими рекомендациями эти выводы были более явно связаны с доказательствами индикаторов и планировочными ограничениями.

4.3 Сравнительный анализ возможностей моделей

4.3.1 Дизайн эксперимента и оценочная рамка

Для сравнения возможностей предобученной большой языковой модели и модели, усиленной знаниями, в исследовании была построена иерархическая рамка оценки. Тест включал 50 объективных вопросов и 5 эссе-вопросов. Объективные вопросы проверяли распознавание индикаторов, сопоставление с текстами политики, нормативное сопоставление и межпериодное рассуждение. Эссе-вопросы проверяли интеграцию множества индикаторов, атрибуцию проблем и поддержку решений. Экспертная оценка учитывала результативность ответа, ясность логики, отсутствие очевидных ошибок, готовность к применению, уверенность в оценке и общее предпочтение.

Таблица 4. Иерархическая рамка оценки.

Уровень оценки	Дизайн вопросов	Проверяемая способность
Базовое распознавание	Объективные вопросы о значении индикаторов и сопоставлении с текстами политики	Распознавание индикаторов, извлечение информации и сопоставление с местной политикой
Нормативное сопоставление и межпериодное рассуждение	Объективные вопросы о стандартах, временном сравнении и институциональной применимости	Сопоставление правил, временная логика и согласованность доказательств
Комплексная диагностика	Пять эссе-вопросов	Распознавание множества индикаторов, причинная атрибуция и комплексная поддержка решений

4.3.2 Результаты объективных вопросов и их анализ

Результаты объективных вопросов показывают, что различия между двумя моделями наиболее заметны в задачах, требующих понимания местной политики и межпериодного рассуждения. В вопросах, связанных с сопоставлением местных политических текстов и базовым распознаванием индикаторов, обе модели работали относительно стабильно. Предобученная модель допустила одну ошибку, неверно связав местный контекст с другими городами, что указывает на риск семантического дрейфа при работе с несколькими локальными документами.

В нормативном сопоставлении и межпериодном рассуждении предобученная модель допустила четыре ошибки. Ее слабые стороны концентрировались в неясной институциональной применимости, недостаточном использовании ключевых доказательств и нестабильном временном выводе. Модель, усиленная знаниями, сохранила более высокую правильность в этой

части, что показывает: база знания предоставила эффективные семантические якоря и ограничения рассуждения.

4.3.3 Результаты эссе-вопросов и их анализ

Субъективная оценка дополнительно подтверждает преимущество модели, усиленной знаниями. В целом эксперты предпочли эту модель в 54,5% сравнений, предобученную модель - в 28,9%, а в 16,7% случаев сочли их сопоставимыми. Сильное предпочтение модели, усиленной знаниями, также было выше, чем сильное предпочтение предобученной модели. Модель, усиленная знаниями, получила лучшие оценки по результативности ответа, ясности логики, отсутствию очевидных ошибок, готовности к применению и уверенности оценщиков.

Профессиональная подготовленность оценщиков повлияла на результаты. Респонденты, знакомые с городским обследованием и планировочной диагностикой, чаще предпочитали модель, усиленную знаниями; в группе высокой осведомленности доля предпочтений достигла 86,7%. Профессиональные оценщики уделяли больше внимания доказательной базе индикаторов и поддержке данными и лучше распознавали обобщения и пробелы доказательств в предобученной модели. Менее подготовленные пользователи сильнее реагировали на беглость формулировок и видимую полноту ответа. Это означает, что усиление знаниями повышает информационную плотность, логическую завершенность и потенциал поддержки решений, но его ценность особенно заметна в задачах, требующих профессионального суждения.

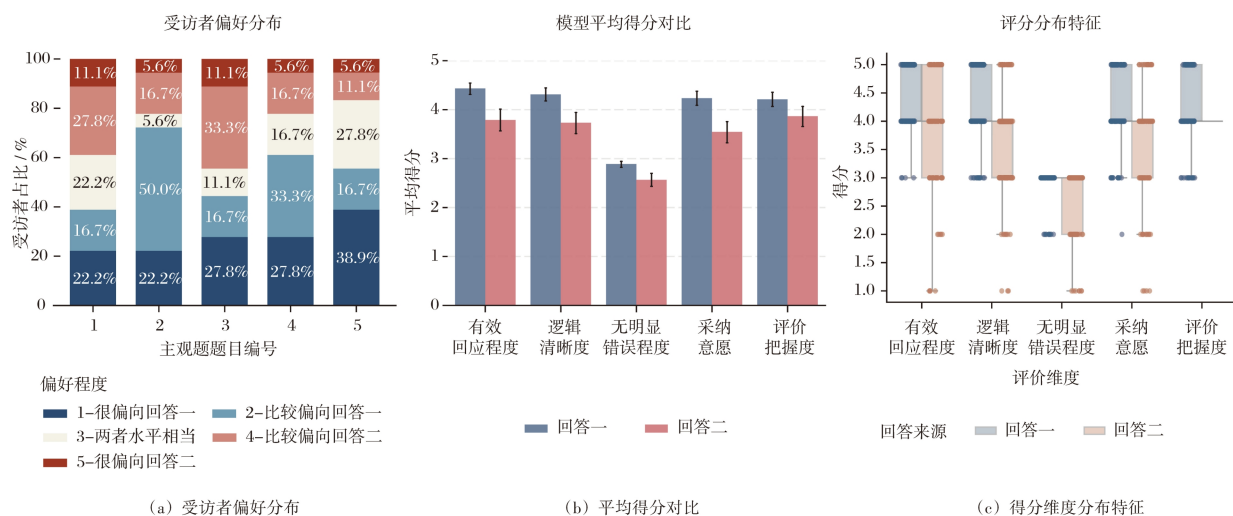


Рисунок 3. Сравнительный анализ результатов по эссе-вопросам.

5 Выводы и перспективы

В статье утверждается, что центральная проблема городского обследования и оценки состоит не только в получении данных, но и в построении рассуждающей связи между мониторингом индикаторов, профессиональным знанием и планировочным суждением. Исследование переосмысливает обследование индикаторов как диагностический процесс, который движется от распознавания симптомов к объяснительной атрибуции и затем к формированию решений. На этой основе предложены когнитивная онтология S-E-D и метод большой языковой модели, усиленной знаниями.

Метод структурирует планировочное знание и контекстные ограничения так, чтобы генерация модели была ограничена планировочными доказательствами, институциональной логикой и

местным профессиональным контекстом. Он поддерживает интеграцию индикаторов, атрибуцию проблем и стратегическое рассуждение. Эксперимент в Нанкине показывает, что механизм усиления знаниями предоставляет семантические якоря и ограничения рассуждения, повышая устойчивость и точность при понимании местного контекста, сопоставлении нормативного знания и межпериодном логическом выводе. По сравнению с предобученной моделью модель, усиленная знаниями, формировала выводы с более сильной опорой на данные, более глубоким анализом и большей ценностью для поддержки решений.

В то же время улучшение не является равномерным для всех задач. Метод лучше работает в количественных, локальных и насыщенных доказательствами задачах, но все еще имеет ограничения в абстрактном пространственном выводе, сложном причинном рассуждении и оптимизации выражения. Большие языковые модели, усиленные знаниями, не могут заменить профессиональное суждение; скорее, они предоставляют структурированный вспомогательный механизм для профессиональной диагностики. Построение и обновление базы знания пока частично зависят от ручной или полуавтоматической работы, а динамическая адаптация требует дальнейшего улучшения. Эмпирическая проверка основана на одном городе, поэтому межрегиональная применимость нуждается в дополнительной верификации. В дальнейшем следует усиливать мультимодальное объединение знаний, сравнительную проверку на нескольких городах и механизмы доказательной генерации, чтобы поддержать более устойчивую интеллектуальную диагностическую систему для управления территориальным пространством.

Список литературы

- [1] У Чжицян, Го Жэньчжун, Чжан Бин и др. Академическая дискуссия о системном построении национального пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1-11.
- [2] Чжао Минь, Чжан Сюйчэнь. Процесс развития и эффективное функционирование городского обследования и оценки: с позиции процесса публичной политики[J]. City Planning Review, 2022, 46(8): 65-74.
- [3] Хуан Ицзин, Чжан Шаньци, Линь Юнь и др. Идеи и практика построения системы мониторинга реализации муниципального территориального пространственного планирования: пример Нинбо[J]. Journal of Natural Resources, 2024, 39(4): 823-841.
- [4] Ян Мин, Ван Цили, Гу Юэкунь. Механизм функционирования, система и методы городского обследования и оценки в условиях реформы[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2022(1): 16-24.
- [5] Министерство природных ресурсов КНР. Письмо о сборе замечаний к Техническим руководящим указаниям по строительству сети мониторинга реализации территориального пространственного планирования (проект для обсуждения)[EB/OL]. [2025-12-11].
- [6] Цай Юймэй. Основные идеи и общая рамка строительства CSPON[J]. China Land, 2024(5): 9-13.
- [7] У Чжицян, Шэнь Цинцзи, Ван Яцзюань и др. Новая парадигма планирования: концепция, методическая система и практический путь[J]. Urban Planning Forum, 2025(6): 11-17.
- [8] Batty M. The new science of cities[J]. Building Research & Information, 2010, 38: 123-126.
- [9] Лю Сяочан, У Чжицян. Построение теоретической парадигмы и трансформация методов мышления-действия для диагностики территориального пространства с помощью ИИ[J]. Urban Planning Forum, 2026(1): 12-20.
- [10] Caldarelli G, Arcaute E, Barthelemy M, et al. The role of complexity for digital twins of cities[J]. Nature Computational Science, 2023, 3(5): 374-381.

- [11] Нью Синь, Лю Сыхань, Сан Тянь и др. Профессиональное обучение больших моделей: построение модели генерации изображений, интегрирующей знания проектирования городской пространственной морфологии[J]. Urban Planning Forum, 2025(1): 55-63.
- [12] У Чжицян, Янь Цзюань, Сюй Хаовэнь и др. Десять ключевых ежегодных вопросов развития дисциплины городского и сельского планирования (2024-2025)[J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8-11.
- [13] Hu L, Liu Z, Zhao Z, et al. A survey of knowledge-enhanced pre-trained language models[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2024, 36(4): 1413-1430.
- [14] Sasaki M, Watanabe N, Komanaka T. Enhancing contextual understanding of Mistral LLM with external knowledge bases[EB/OL]. Research Square, 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4215447/v1.
- [15] Han X, Zhang S, Zhu X. Does ChatGPT provide better advice than robo-advisors?[J]. Finance Research Letters, 2024, 58: 104398.
- [16] Bommarito J, Bommarito M, Katz D M, et al. GPT as knowledge worker: a zero-shot evaluation of AI CPA capabilities[EB/OL]. arXiv, 2023.
- [17] Lee J, Stevens N, Han S C. Large language models in finance (FinLLMs)[J]. Neural Computing and Applications, 2025, 37(30): 24853-24867.
- [18] Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine[J]. New England Journal of Medicine, 2023, 388(13): 1233-1239.
- [19] Kung T H, Cheatham M, Medenilla A, et al. Performance of ChatGPT on the United States Medical Licensing Examination: potential for AI-assisted medical education using large language models[J]. PLoS Digital Health, 2023, 2(2): e0000198.
- [20] Gilson A, Safranek C W, Huang T, et al. How does ChatGPT perform on the United States Medical Licensing Examination? The implications of large language models for medical education and knowledge assessment[J]. JMIR Medical Education, 2023, 9(1): e45312.
- [21] Kasneci E, Sessler K, Kuchemann S, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education[J]. Learning and Individual Differences, 2023, 103: 102274.
- [22] Линь Юнцзюнь. Исследование и прикладная практика локальной интеллектуальной вопросно-ответной системы планировочного знания на основе больших языковых моделей[J]. Natural Resources Informatization, 2024(6): 63-70.
- [23] Ван Тэн, Сун Чжида, Цзян Дунжуй и др. Исследование совместного метода для нескольких типов городского обследования на основе графа знаний[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2022(1): 25-31.
- [24] Ма Сюань, Чжэн Дэгао, Сунь Цзюань и др. Интеграция планирования, строительства и управления: инновационная практика и методы «оценки планирования-строительства» в Ханчжоу[J]. Urban Planning Forum, 2025(2): 81-88.
- [25] У Цзян, Ван Синь, Чэнь Е и др. Вызовы городского обследования в мегаполисах и практика Шанхая[J]. Urban Planning Forum, 2022(4): 28-34.
- [26] Ши Сяодун, Сюй Циньчжэн, Цао Цивэнь и др. Новое ядро планировочного управления: «первая миля» и «последняя миля»: пример Пекина[J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 18-24.
- [27] Wang Q, Mao Z, Wang B, et al. Knowledge graph embedding: a survey of approaches and applications[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2017, 29(12): 2724-2743.

- [28] Tang J, Qu M, Mei Q. PTE: predictive text embedding through large-scale heterogeneous text networks[C]//Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2015: 1165-1174.
- [29] Xiong L, Xiong C, Li Y, et al. Approximate nearest neighbor negative contrastive learning for dense text retrieval[C]//International Conference on Learning Representations. 2021.
- [30] Xiao S, Liu Z, Zhang P, et al. C-Pack: packaged resources to advance general Chinese embedding[EB/OL]. arXiv, 2023.
- [31] Cheng Y, Zhang C, Zhang Z, et al. Exploring large language model based intelligent agents: definitions, methods, and prospects[EB/OL]. arXiv, 2024.
- [32] Karpukhin V, Oguz B, Min S, et al. Dense passage retrieval for open-domain question answering[C]//Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. 2020: 6769-6781.
- [33] Lewis P, Perez E, Piktus A, et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks[C]//Advances in Neural Information Processing Systems. 2020, 33: 9459-9474.
- [34] Orru G, Piarulli A, Conversano C, et al. Human-like problem-solving abilities in large language models using ChatGPT[J]. Frontiers in Artificial Intelligence, 2023, 6: 1199350.
- [35] Ross S I, Martinez F, Houde S, et al. The programmer's assistant: conversational interaction with a large language model for software development[C]//Proceedings of the 28th International Conference on Intelligent User Interfaces. 2023: 491-514.
- [36] Zhao W X, Liu J, Ren R, et al. Dense text retrieval based on pretrained language models: a survey[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2024, 42(4): 1-60.

Перевод выполнен при содействии ИИ