

Инновации в образовании по городскому и сельскому планированию и проектированию на основе двойного драйвера «профессиональные знания + искусственный интеллект»: на примере планирования жилых районов

TIAN Li, YANG Xin, ZHANG Yudi, LIN Yuming

Аннотация. Стремительное развитие искусственного интеллекта, трансформация отрасли городского и сельского планирования и перестройка системы профессиональных знаний предъявляют новые требования к реформе профильного образования. Традиционные модели обучения, ориентированные на физическое пространство, экспертный опыт и передачу знаний по принципу «мастер — ученик», все меньше соответствуют многообразию интересов в эпоху городского обновления и темпам технологических изменений. На примере реформы курса по планированию жилых районов в статье рассматривается модель обучения, основанная на двойном драйвере «профессиональные знания + искусственный интеллект». Разработаны интеллектуальные инструменты, включая многоагентную интерактивную систему на базе больших языковых моделей и низкокодový автоматический генератор проектных решений. Эти инструменты охватывают три стадии полного учебного процесса — предварительное планирование, генерацию решений и итоговую оценку, — обновляют содержание и методы обучения и развивают у студентов междисциплинарное мышление и способность к проектным инновациям.

Ключевые слова: искусственный интеллект; образование в области городского и сельского планирования; проектирование жилых районов; большая языковая модель.

Классификационный индекс Китайской библиотечной классификации: TU984. Код документа: A. DOI: 10.16361/j.urpf.202405010. Номер статьи: 1000-3363 (2024) 05-0071-08.

* Статья подготовлена в рамках проекта по созданию учебных ресурсов в приоритетных областях «Новая модель преподавания управления городским обновлением с использованием искусственного интеллекта», проекта SRT «Практика городского обновления и пространственного управления» и Пекинской программы поддержки выдающихся молодых ученых (№ JJWZYJH01201910003010).

1 Трансформация отрасли планирования требует обновления образования

В последние годы внутренние и международные социально-экономические условия существенно изменились. На фоне спада в секторе недвижимости прежняя модель городского развития, опиравшаяся на урбанизацию земель, столкнулась с серьезными ограничениями. Хотя учебные программы по городскому и сельскому планированию пополнились курсами по городскому обновлению, традиционное образование, сосредоточенное на физическом пространстве, отстает от быстрого изменения процесса урбанизации. По-прежнему широко применяется модель «мастер — ученик», в которой преподаватель ведет проектную работу главным образом на основе личного профессионального опыта.

Искусственный интеллект запускает новую волну глобальной технологической революции. После выпуска OpenAI серии GPT в 2022 г. генеративные большие модели с исключительной скоростью распространились по многим отраслям. В образовании по планированию появились курсы по городским большим данным и городской информатике, создающие основу для применения ИИ.

Однако они в основном сосредоточены на обработке и анализе данных и используют data-driven подход к исследованию городских проблем. Под влиянием ИИ инструменты планирования должны постепенно переходить от эмпирической науки, классических теорий и нормативных требований к анализу больших данных и интеллектуальной поддержке решений. Планировщики и студенты должны осваивать научную логику и процессное мышление при решении городских задач; особое значение приобретают разработка инновационных технологий, формирование новых профессиональных команд и повышение общего технического уровня отрасли [1]. Реформа образования с помощью ИИ предполагает не только подготовку разработчиков, но и специалистов, способных понимать, направлять и применять ИИ, обеспечивая взаимодополнение старых и новых технологий [2].

С точки зрения ценностных ориентиров и этики необходимо обсуждать не только то, какие задачи ИИ может заменить или оптимизировать, но и насколько своевременны и эффективны стратегии, возникающие при его интеграции. Ключ к системе поддержки планирования заключается в долгосрочном накоплении базовых теорий и знаний, а также в способности специалиста выбирать переменные и строить модели на основе релевантного опыта. «Профессиональные знания» отличают планировщика от ИИ и позволяют в ряде случаев превосходить его. Пока данные и вычислительные мощности не обеспечивают полноценный цифровой и интеллектуальный переход города, профессиональное суждение и разработанные человеком стандарты сохраняют высокую ценность. Поэтому нельзя полностью отказываться от эмпиризма и впадать в технократизм [3].

Безопасность, этическое регулирование и гуманистическая ответственность также остаются задачами человека. ИИ представляет собой форму «технологического равноправия», переводящую организацию планирования от пирамидальной структуры власти к сетевой структуре связей, в которой планировщики, лица, принимающие решения, управленцы и общественность могут участвовать в процессе. Роль планировщика смещается к формированию базовой логики проектирования, а человеческие потребности, эмоции и ценности становятся центральным предметом внимания [3].

Несмотря на активные профессиональные дискуссии о влиянии ИИ на городское и сельское планирование, в основных дисциплинах — проектировании и теории планирования — практика обучения с поддержкой ИИ пока почти отсутствует, что не соответствует потребностям образовательной реформы [3]. Для более глубокого изучения возможностей ИИ мы совместно с кафедрой электронной инженерии Университета Цинхуа реформировали курс по планированию жилых районов в рамках базовой проектной дисциплины. В трех стадиях — предварительное планирование, генерация решений и итоговая оценка — были объединены функции генерации знаний и ролевого моделирования больших моделей с технологиями вспомогательного проектирования Grasshopper. Так была апробирована новая модель обучения с двойным драйвером «профессиональные знания + искусственный интеллект».

2 Развитие искусственного интеллекта и его применение в планировании

2.1 Взаимодополняемость искусственного интеллекта и профессионального планировщика

Сложность городов постоянно возрастает, как и число заинтересованных сторон и объем знаний, вовлеченных в городское и сельское планирование, что предъявляет высокие требования к специалистам [4]. Планировщик должен владеть значительным массивом информации, инструментов и коммуникативных навыков, чтобы понимать, анализировать и решать сложные городские проблемы и балансировать интересы органов власти, девелоперов, жителей и других групп [5]. Перед лицом все

более сложных городских систем прежняя модель принятия решений на основе опыта становится недостаточной.

Автономность, адаптивность, интеллектуальное взаимодействие, способность обрабатывать большие данные, обучаться, реагировать в реальном времени и интегрировать различные функции обеспечивают ИИ высокий потенциал во многих областях. В планировании он имеет очевидные преимущества перед человеком в хранении и анализе массивов данных, выявлении закономерностей, расчетах, моделировании и генерации решений. Вместе с тем ИИ пока поверхностен в систематизации априорных знаний, определении ценностных ориентиров, проектной инновации, нарративных и эстетических качествах, проектировании сценариев и опыта, а также в понимании глубинной логики общества. Поэтому он не способен заменить планировщика [6].

Сферы, в которых планировщик силен, а ИИ остается слабым, связаны с человеческими нормами, ценностями, эмоциональными потребностями и опытом. Профессионал может применять интеллектуальные технологии для быстрой генерации и итерации решений, а затем проводить многосценарное вмешательство, оценку и оптимизацию. Это позволяет повысить эффективность проектирования, сохраняя человекоцентричную направленность и избегая как абсолютного эмпиризма, так и крайнего технократизма.

2.2 Применение больших языковых моделей в городском и сельском планировании

Появление больших языковых моделей (large language models, LLM), таких как ChatGPT, LLaMA, Alпаса и GLM, не только расширило сферу применения ИИ, но и повысило его способность решать сложные задачи. Оно открыло этап экспоненциального развития искусственного интеллекта общего назначения [7-8], что породило сравнения LLM с «промышленной революцией». Все больше исследователей включают LLM в агентные модели, используя их квазичеловеческие способности к восприятию, памяти, рефлексии, рассуждению, планированию и принятию решений.

Li и др. [9] внедрили LLM в моделирование открытой городской экономической системы, включающей рынок труда, потребление, финансовые рынки и налогообложение. Агенты на основе LLM имитируют решения людей о работе и потреблении и воспроизводят классическую кривую Филлипса. Gao и др. [10] создали систему симуляции социальных сетей, в которой эмоции, установки и взаимодействия агентов позволяют прогнозировать развитие общественного мнения и групповые социальные явления. Park и др. [11] построили виртуальный город из 25 LLM-агентов, способных общаться, устраивать вечеринки и выборы, работать и учиться. Накопленные действия и воспоминания со временем формируют рефлексию, влияющую на последующие решения и поведение.

По мере углубления исследований раскрываются возможности совместной работы нескольких LLM-агентов. Благодаря пониманию и генерации естественного языка они могут разыгрывать роли, менять стиль и тональность, имитировать конкретных персонажей и выполнять соответствующие задачи. Это позволяет решать задачи исследования операций через последовательные цепочки [12] или групповую кооперацию [13-15], а также участвовать в разработке программного обеспечения [16]. Zhou и др. [17] предложили метод общественного участия в планировании, где несколько агентов-планировщиков руководят тысячами агентов-жителей. В процессе обсуждения и переговоров решения постоянно корректируются, что заметно улучшает показатели экологического ландшафта и общественных услуг.

Yang Tianren и др. [18] разработали теорию и структуру городского дизайна на основе AIGC, подчеркнув преимущества этой технологии в обучении на больших массивах данных,

прогнозировании, генерации предложений, оценке и оптимизации дизайна. LLM также применяются для изучения, поиска и оценки планировочных текстов [19-20] и построения графов знаний [21-22]. Их способность воспринимать язык и контекст, а также открытость и обобщаемость систем показывают высокий потенциал в качестве помощников планировщика.

3 Трехэтапная модель обучения проектированию с поддержкой искусственного интеллекта

3.1 Характеристики и проблемы традиционных базовых проектных курсов

Проектирование в области городского и сельского планирования является базовой профильной дисциплиной. Оно развивается почти семьдесят лет — с момента создания специальности после основания КНР. Благодаря практической направленности модель «мастер — ученик» имеет преимущества в передаче опыта и индивидуальном сопровождении, но одновременно приводит к запаздыванию обновления знаний, ограничению инновационного мышления студентов, высокой субъективности преподавателя и отсутствию стандартизированной системы знаний. Современные проблемы можно свести к трем недостаткам.

Во-первых, недостаточность научно-логического мышления. Современные проектные курсы преимущественно сосредоточены на планировке, организации и композиции физического пространства [23]. Проектная логика следует функциональной рациональности и эстетике пространственного размещения, но почти не затрагивает экономические и социальные механизмы формирования пространства. Хотя учебные планы включают экономику и социологию, они слабо интегрируются с проектными дисциплинами. Основной работой остается рисование, а динамичность и теоретическая обоснованность планирования недостаточны. Оценка акцентирует конечный чертеж и игнорирует процесс вывода и научные принципы [24], вследствие чего обучение и оценивание приобретают выраженный личный характер преподавателя, высокую субъективность и слабую научность.

Во-вторых, недостаточность многосторонней перспективы. Традиционная парадигма опирается на экспертный опыт и элитарный взгляд сверху вниз [25]. За восемь или шестнадцать недель студенты проводят обследование территории и интервью, но из-за ограниченного времени, ресурсов и опыта недостаточно глубоко понимают поведение, образ жизни и интересы различных групп на проектируемой территории. Общественное участие часто остается формальным.

В-третьих, повторяющаяся работа ограничивает творчество. В традиционном процессе — предварительное исследование, проектирование, подготовка графики — некреативные задачи отнимают значительную часть времени. Если решение отвергается, студентам приходится заново выполнять ручные или AutoCAD-чертежи, модели и расчеты показателей, что вызывает сопротивление. Вмешательство интеллектуальных технологий необходимо для замены части повторяющихся операций: использование возможностей ИИ для компенсации человеческих ограничений становится одним из направлений обновления образования.

3.2 Трехэтапная модель обучения

Для преодоления проблем традиционного подхода предлагается сочетать технологии ИИ с профессиональными знаниями, развивать междисциплинарные способности студентов и помогать им в ограниченное учебное время лучше проводить социальные исследования и выявлять запросы разных групп. На основе модулей профессиональных знаний формируется динамичный, корректируемый и постоянно оптимизируемый проектный процесс. Трехэтапная модель обучения, усиленная LLM и основанная на двойном драйвере «профессиональные знания + искусственный

интеллект», включает: «предварительное планирование → генерация решения → итоговая оценка». На каждом этапе используются LLM и другие интеллектуальные технологии.

3.2.1 Этап предварительного планирования

Этап включает определение проектной позиции и анализ потребностей пользователей. Профессиональные знания поддерживают анализ сверху вниз: выполнение требований вышестоящих планов, осмысление роли и ценности участка в структуре города и т. п. В традиционной модели позиционирование часто бывает слишком общим и всеобъемлющим; отсутствует точное определение на уровне улицы и сообщества, основанное на запросах жителей. Ограниченность времени и высокая стоимость исследований приводят к неполному охвату респондентов и поверхностным интервью. Поэтому LLM необходимо использовать снизу вверх для понимания требований жителей к компенсации при переселении, ожиданий будущих пользователей относительно пространственной структуры и общественных услуг, а также интересов девелоперов.

В процессе проектирования LLM-агенты моделируют заинтересованные стороны и позволяют студентам воспроизводить реальные сценарии общественного участия посредством многоагентного взаимодействия, углубляя понимание проектной позиции и потребностей пользователей (рис. 1). Агент может выступать жителем с определенными характеристиками и предъявлять требования к землепользованию и общественным услугам; чиновником с профессиональными знаниями, определяющим предельные условия и «красные линии»; девелопером, предлагающим жилищные продукты с учетом потенциала участка; или профессиональным планировщиком, консультирующим по нормам и стандартам. Такое взаимодействие помогает глубже понять проектируемую территорию.

В многоагентном взаимодействии критически важны априорные профессиональные знания, которые должны быть систематизированы в тематические модули. На основе полевого обследования, сбора материалов и углубленных интервью вопросы задаются агентам в рамках этих модулей, что позволяет имитировать реальные процессы участия и согласования интересов. Студенты быстро понимают потребности разных пользователей и практическую логику реализации проекта, одновременно осваивая нормы проектирования и модели эксплуатации. После комплексного анализа требований агентов они объединяют положения вышестоящего планирования и запросы групп населения, формируя «проектное позиционирование» — основу для дальнейшей генерации решений.

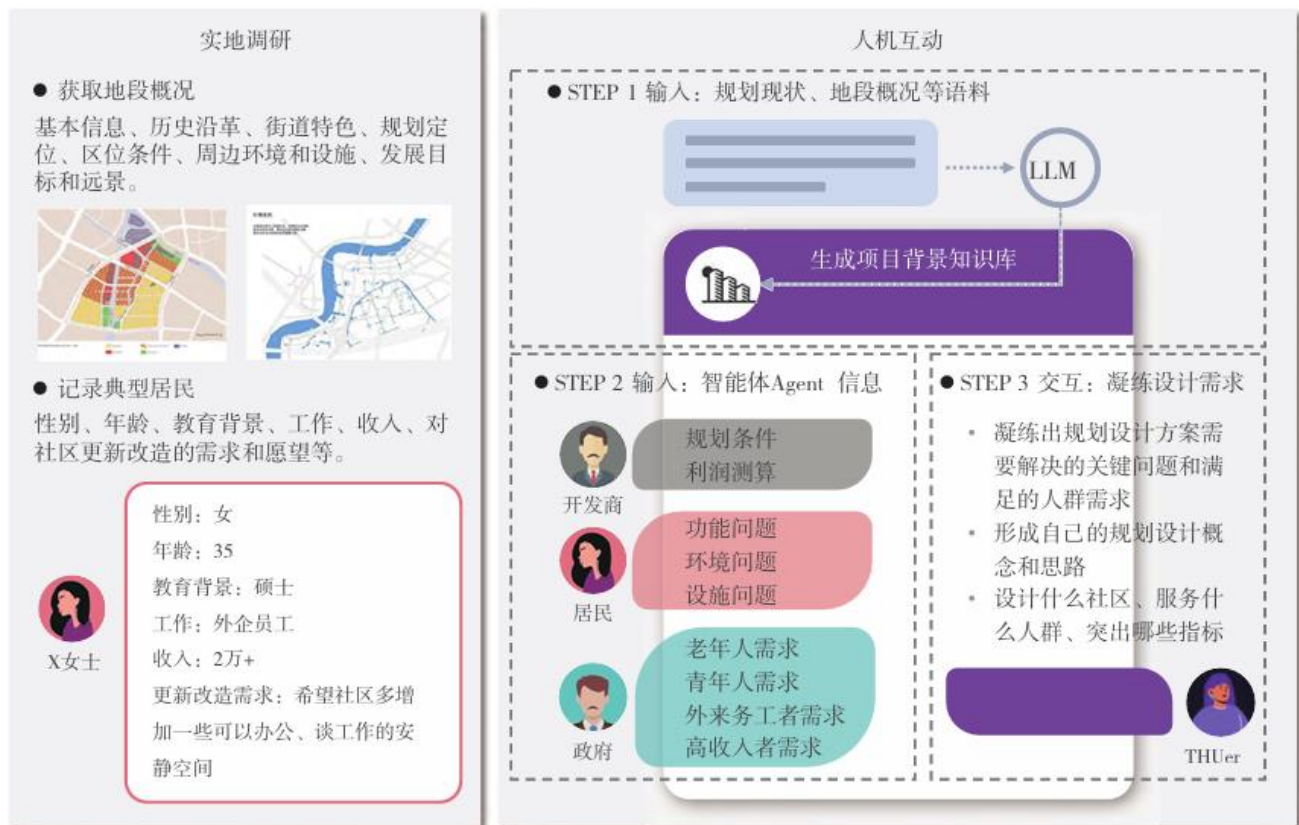


Рисунок 1. Многоагентная интерактивная система на основе большой языковой модели

3.2.2 Этап генерации проектных решений

В традиционном процессе студенты обычно готовят несколько вариантов в виде эскизов или макетов, представляют их и постепенно совершенствуют под руководством преподавателя, после чего выбирают один вариант для углубления. Возникают две проблемы. С одной стороны, рекомендации преподавателя основаны на накопленном экспертном опыте, а студентам с ограниченной базой знаний трудно быстро их принять, что иногда вызывает сопротивление. С другой стороны, каждое изменение требует повторных чертежей, изготовления модели и расчета показателей, оставляя мало времени для творческой работы.

Для повышения эффективности и быстрого сравнения множества вариантов можно создать низкокодový генератор решений на базе Rhino и Grasshopper с визуальным программированием. Студенты вводят несколько показателей, после чего генератор на основе генетического алгоритма быстро формирует большое число объемно-планировочных решений. Показатели включают: (1) предельные — границы и площадь участка, назначение земли, отступы, инсоляция и другие не подлежащие нарушению требования; (2) диапазонные — коэффициент интенсивности, высота зданий и доли различных функций, которые должны находиться в заданном интервале; (3) оптимизационные — доступность общественных объектов, качество видов с этажей, соотношение затрат и выгод, используемые для сравнения; (4) расширяемые — индивидуальные показатели и компоненты Grasshopper, самостоятельно разработанные студентами с учетом особенностей проекта для повышения адаптивности решения.

Перед параметрической генерацией студенты формируют исходную планировочную структуру, определяют основные дороги, функциональные оси, типы общественных зданий и жилья и вводят эти

данные в Grasshopper. Под руководством принятого позиционирования создаются и сравниваются несколько вариантов. Например, на участке с высокой ландшафтной ценностью оптимизация видов может стать одной из главных целей.

В процессе оптимизации студенты могут в любой момент загружать чертежи и тексты в многоагентную систему. Агенты в ролях органов власти, жителей и девелоперов оценивают решения и дают рекомендации, которые объединяются с замечаниями преподавателя. Использование LLM и параметрического проектирования создает непрерывный контур обратной связи и помогает избежать необоснованных интуитивных решений. Профессиональные ответы и объяснение мотивов позволяют студентам лучше понять согласование интересов. Затем они выбирают, углубляют и корректируют автоматически созданные варианты, добавляя элементы, которые алгоритм не способен сформировать: малые архитектурные формы, фасады, общественные здания и др.

3.2.3 Этап итоговой оценки

Традиционная оценка основана главным образом на коллективном разборе преподавателем, а участие реальных заинтересованных сторон в учебных проектах трудно организовать. Поэтому многоагентная оценка с помощью LLM становится эффективным способом соединить подходы сверху вниз и снизу вверх, экспертную и партисипаторную оценку. Преподаватель может сформировать систему, сочетающую объективные и субъективные показатели. К объективным относятся интенсивность освоения, размещение общественных услуг и соотношение затрат и выгод; к субъективным — эстетика, комфорт и другие качества.

В традиционной модели доминирует оценка по перспективным и обзорным изображениям, а взгляд жителей снизу вверх учитывается недостаточно. С помощью LLM студенты последовательно загружают чертежи и тексты в систему и направляют агентов, представляющих власти, девелоперов и жителей, к обсуждению и выставлению оценок по различным аспектам: размещение зданий, общение и приватность, доступность объектов, комфорт, выразительность и природность. В сочетании с профессиональным мнением преподавателя формируется итоговая оценка. Такой процесс делает оценивание интереснее и создает близкую к реальности симуляцию общественного участия.

Таким образом, разработан учебный маршрут «предварительное планирование — генерация решения — итоговая оценка», поддерживаемый большими языковыми моделями и другими технологиями ИИ (рис. 2). Модель с двойным драйвером побуждает студентов искать научную логику, осваивать процессное мышление и решать городские проблемы в реальных ситуациях и при реальных запросах. Учебная ориентация смещается от эмпирической науки, классических теорий и нормативов к системной науке, теориям сложности и эмпирической проверке. Студенты учатся истории и текущему состоянию у жителей, логике реализации и управления — у органов власти, а междисциплинарным знаниям — у девелоперов и партнеров. Они выявляют проблемы, исследуют механизмы и отвечают на потребности, раскрывая многообразие и научность проектного процесса.

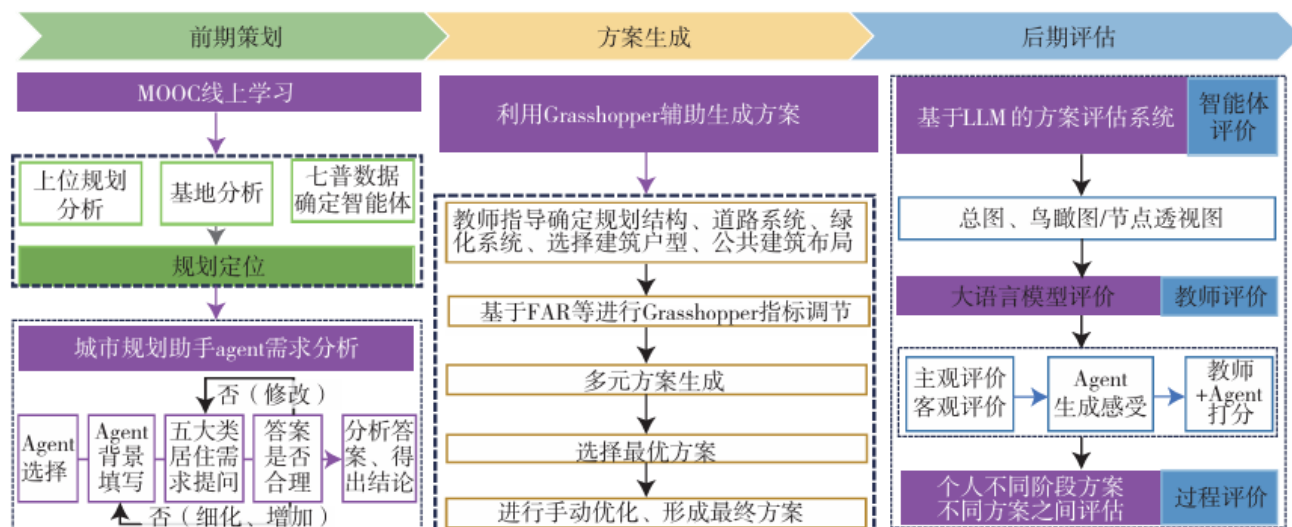


Рисунок 2. Учебный маршрут «предварительное планирование — генерация решения — итоговая оценка»

4 Практическое применение трехэтапной модели в обучении планированию жилых районов

Модель была применена в учебном проекте по планированию жилого района в рамках серии бакалаврских проектных курсов кафедры городского и сельского планирования Университета Цинхуа. Участниками стали студенты второго курса.

4.1 Предварительное планирование: позиционирование и функции жилого района

Исследовательская группа разработала многоагентную интерактивную систему на базе LLM. На этапе предварительного исследования студенты фиксируют, собирают и систематизируют информацию об участке в текстовой и графической форме. Одновременно проводятся углубленные интервью с типичными жителями, записываются их характеристики, рекомендации и интересы. С одной стороны, на основе данных переписи с учетом условных вероятностей и пропорций создаются сотни агентов, параметры которых соответствуют реальному населению. С другой стороны, сведения из интервью вводятся в систему для формирования лидеров мнений с четко выраженными интересами. Тексты и изображения также загружаются, чтобы агенты предварительно освоили контекст проекта.

После этого студенты могут в любое время взаимодействовать с моделируемыми группами, общаться с жителями разных возрастов, доходов, уровней образования и профессий, а также вести переговоры с представителями органов власти и девелоперов. Учебная группа подготовила стандартизированный опросник почти из шестидесяти вопросов, сгруппированных в пять модулей: отдельное жилье и архитектурный стиль, комбинация зданий, улично-дорожная сеть и транспорт, зеленая система и общественные услуги. Студенты дополняют опросник собственными вопросами и общаются с агентами для выявления предпочтений.

Посредством человеко-машинного взаимодействия и консультаций преподавателя студенты формулируют наиболее важные цели проектирования жилого района на конкретном участке и вырабатывают собственную проектную позицию (рис. 3).



Рисунок 3. Процесс уточнения проектной идеи с помощью человеко-машинного взаимодействия

4.2 Этап поддержки генерации: сравнение и выбор нескольких вариантов

На основе предварительного исследования и планирования студенты определяют тип жилищного продукта и вводят базовые показатели: границы участка, отступы, коэффициент интенсивности, расстояние между зданиями, высоту и типы квартир. На стадии генерации низкокодový инструмент на базе Rhino и визуального программирования Grasshopper быстро создает эскизные варианты. Также могут добавляться расширяемые показатели, заданные самими студентами.

После запуска система на основе генетического алгоритма быстро формирует несколько объемных моделей. Каждый вариант размещается в трехмерной системе координат, где измерения отражают плотность застройки, коэффициент интенсивности и другие показатели. Студенты выбирают несколько подходящих решений и углубляют их в соответствии со своими предпочтениями и требованиями (рис. 4). Эти начальные варианты остаются незрелыми в части транспортной организации, ландшафта и архитектурного облика, поэтому дальнейшее проектирование требует самостоятельной творческой работы.

Технология генерации решений не предназначена для замены обучения проектированию. Ее задача — за короткое время предоставить большое число эскизов, в основном соответствующих нормам, чтобы студенты быстрее сформировали первоначальное пространственное восприятие жилого района и лучше усвоили стандарты. Творчество проявляется в формировании планировочной структуры, детализации и оптимизации. В ходе углубления студенты продолжают взаимодействовать с агентами, получая вопросы и предложения жителей, органов власти и девелоперов (рис. 5).

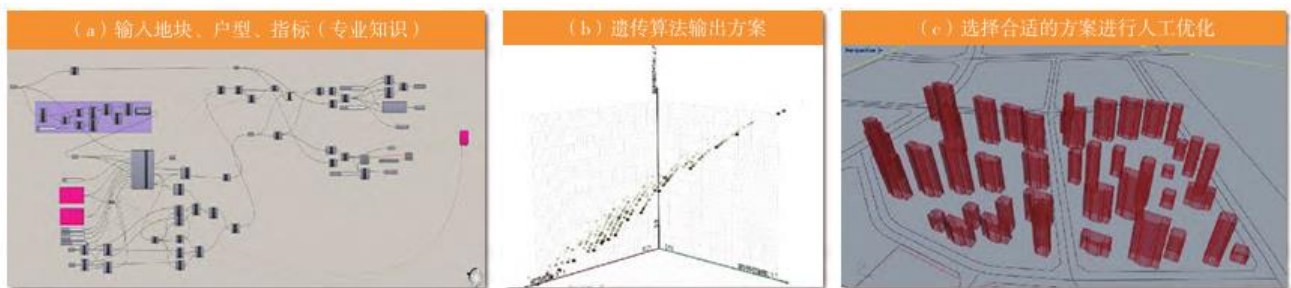


Рисунок 4. Процесс быстрой генерации вариантов с помощью генетического алгоритма

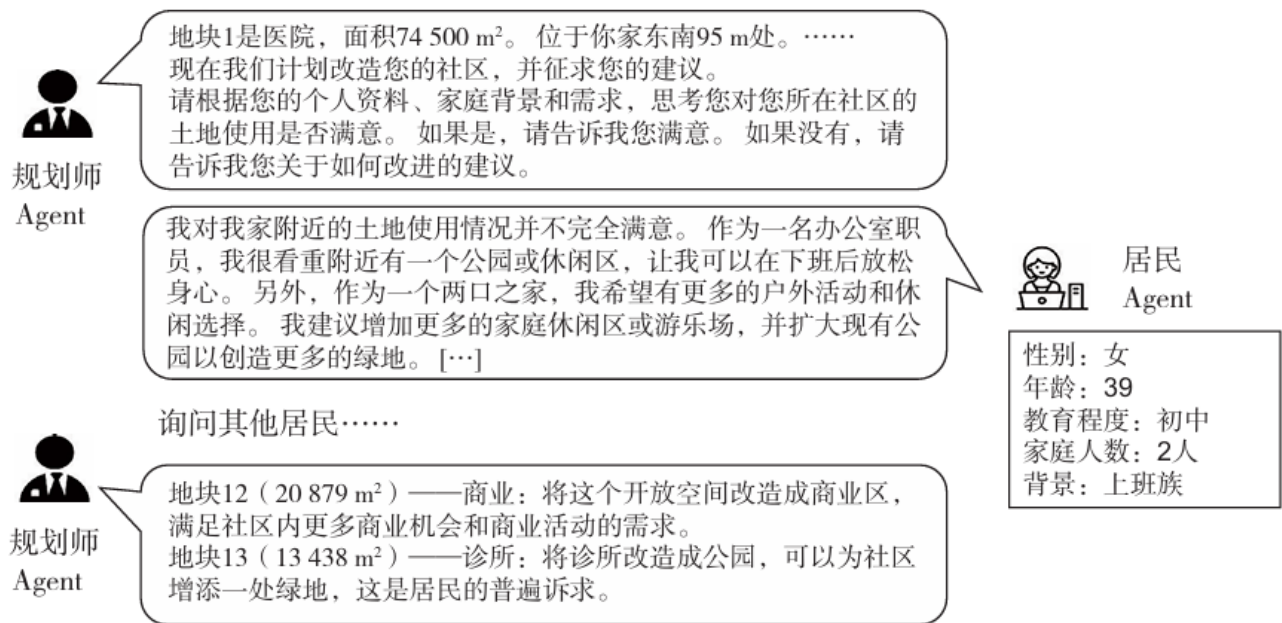


Рисунок 5. Взаимодействие в реальном времени при углублении проекта

4.3 Итоговая оценка: сочетание экспертной оценки и оценки агентов

На этапе оценки результаты — тексты и чертежи — загружаются в многоагентную систему. Вводятся подсказки по заданным измерениям (рис. 6), после чего разные агенты оценивают отдельные аспекты решения. Объективные показатели, такие как доступность услуг и доля озеленения, рассчитываются количественно; субъективные показатели отражают удовлетворенность виртуальных представителей власти, девелоперов и жителей.

Совокупная оценка позволяет определить преимущества и недостатки проектов и дополняет традиционную модель, где единственным критерием служит мнение преподавателя. Один студент может сравнивать свои результаты на разных этапах и оценивать изменение проектных способностей; итоговые проекты разных студентов также можно анализировать совместно для наглядного сопоставления вариантов (рис. 7).



Рисунок 6. Система показателей оценки проектных решений



Рисунок 7. Оценка агентами проектов одного студента на разных этапах (сверху) и итоговых решений разных студентов (снизу)

Источник: работы студентов второго курса кафедры городского планирования Университета Цинхуа.

Таким образом, применение трехэтапной модели в обучении проектированию жилых районов компенсирует ряд недостатков традиционного подхода: (1) внимание смещается от почти исключительного акцента на физическом пространстве к сочетанию пространственных и человекоцентричных потребностей, а виртуальное общественное участие имитирует путь партисипаторного планирования; (2) проектирование становится более процессным, поскольку каждое изменение опирается на соответствующий «реальный» запрос, а не на произвольное решение; (3) ИИ снижает объем повторяющейся работы и освобождает больше времени для творческих задач — поиска научной логики, освоения процессного мышления и решения реальных проблем.

5 Размышления об образовании с двойным драйвером «профессиональные знания + искусственный интеллект»

На основе двойного усиления сформировано учебное содержание «теоретические знания + методы и технологии + практическое совершенствование». Оно сосредоточено на реальных сценариях городского и сельского проектирования, помогает студентам освоить систему профильной политики и интересы разных участников и учит применять интеллектуальные технологии. В результате развиваются способности, объединяющие теоретические знания и цифровые инструменты: анализ данных, планировочное исследование, прототипирование, а также творческое, системное и человекоцентричное мышление.

Модель изменяет традиционную передачу знаний от преподавателя к пассивному студенту и стимулирует самостоятельное исследование. Она повышает вовлеченность и чувство результата, делает передачу знаний, тренировку навыков и проектную обратную связь эффективнее и формирует взаимное развитие преподавания, обучения, системы и пользователей.

5.1 Профессиональные знания и компетентность как предпосылка применения ИИ

Хотя ИИ демонстрирует определенные возможности в планировании, работа профессионала охватывает множество измерений: понимание пространства, среды и социальных потребностей, глубокое выявление эмоциональных запросов жителей, чувствительность к общественным изменениям и инновационность. Современный ИИ пока не способен полноценно реализовать эти качества. Даже в количественном анализе, где он особенно силен, вывод без профессионального руководства может оказаться бессодержательным [26].

Проведенная педагогическая апробация показывает, что на всем пути «предварительное планирование — генерация решения — итоговая оценка» преподаватель должен сначала систематизировать и объяснить знания, а затем использовать LLM для поддержки понимания. На предварительном этапе ключевые положения по проектированию жилых районов превращаются в банк вопросов, дополняемый студентами, и задаются различным агентам для всестороннего выявления запросов снизу вверх и поддержки позиционирования и функциональной структуры. На этапе генерации студенты сначала определяют дорожную сеть и каркас открытых пространств, а затем используют Grasshopper. В финале на основе заранее поставленных целей формируется система критериев, и решения оцениваются при помощи LLM. Такой процесс обеспечивает комплексное понимание основных аспектов жилой среды.

5.2 Искусственный интеллект способствует повышению научной культуры и качества проектирования

Поддержка проектирования жилых районов с помощью ИИ проявляется в трех направлениях. Первое — позиционирование и анализ потребностей. Традиционно дизайнер определяет их субъективно на основе опыта, тогда как ролевые агенты LLM позволяют анализировать весь спектр соответствующих групп. Второе — генерация решений. Различные цели, например оптимизация ландшафта или доступности общественных услуг, позволяют сформировать разные пространственные варианты для выбора. Третье — оценка после оптимизации: агенты анализируют решение в соответствии с позицией и целями, заданными на первом этапе, а результаты объединяются с профессиональным мнением преподавателя.

Такой подход в значительной мере компенсирует ограничения оценки, основанной только на индивидуальном опыте преподавателя, укрепляет научную культуру студентов и углубляет понимание проектов с позиций разных участников.

5.3 Сочетание профессиональных знаний и искусственного интеллекта как ключ к инновации в образовании

Опыт курса показывает, что нельзя пренебрегать ни профессиональными знаниями, ни технологиями ИИ. Необходимо тесное сотрудничество и взаимодополнение в тех сферах, где каждая сторона наиболее сильна. На каждом этапе проявляется двойной драйвер: преподавание профильных знаний, их усвоение и преобразование в диалог с большой моделью, генеративное проектирование после постановки целей, ручная оптимизация и оценка при помощи LLM.

В целом ИИ следует рассматривать как инструмент образования, а не как замену специалисту. Он помогает выполнять отдельные задачи, но итоговые проектные решения и творческий результат по-прежнему зависят от профессионального суждения и опыта. ИИ, вероятно, изменит способ работы студентов, а не непосредственно заменит их. Будущие планировщики должны адаптироваться к новым технологиям и использовать ИИ для повышения эффективности и креативности.

6 Заключение и обсуждение

Модель образования в области городского и сельского проектирования с двойным драйвером является новым подходом, который призван обеспечить студентам всесторонний, глубокий и практический опыт. Она развивает способности к проектированию и инновации, применению технологий, критическому и аналитическому мышлению, командной работе и коммуникации и помогает подготовиться к будущей профессиональной деятельности.

В эксперименте междисциплинарная команда из кафедры городского и сельского планирования, кафедры электронной инженерии Университета Цинхуа и компании iFLYTEK разработала интеллектуальные учебные продукты и инструменты оценки для поддержки проектной работы. Результаты показывают, что междисциплинарная команда необходима: она позволяет быстро решать профессиональные и технические проблемы и формировать у студентов комплексное понимание планирования жилых районов.

При внедрении модели следует избегать двух крайностей. Первая — считать, что ИИ способен массово и быстро генерировать решения и должен доминировать в проектировании. Вторая — придерживаться исключительно традиционной модели передачи опыта и отвергать передовые технологии. Wu Zhiqiang и др. [27] выделяют три типичных модели умного города: Т-модель, определяемую поставщиками технологий (Technology Mode); D-модель, ориентированную на реальные потребности (Demand Mode); и формалистическую Е-модель, развивающуюся как выставочный зал без внедрения в реальную жизнь города (Exhibition Mode). Е-модель может поглощать значительные ресурсы, отрываться от повседневных потребностей населения и быть неустойчивой.

Поэтому применение ИИ в образовании не должно превращаться в демонстрацию технологий, забывающую исходную цель курса — освоение теорий жилой среды и комплексных навыков проектирования. Профессиональные знания и культура остаются незаменимыми. В то же время нельзя отказываться от современных средств: ИИ помогает глубже понять социальные силы и роли, участвующие в проекте — органы власти, девелоперов, жителей и планировщиков — и расширяет научную культуру студентов.

Тем не менее апробация имеет ограничения. Командная проектная практика под руководством преподавателя и междисциплинарное обучение предъявляют высокие требования к знаниям и широте профессионального взгляда преподавателей. Понимание того, что ИИ способен и не способен делать в проектном обучении, само по себе требует постоянных экспериментов; техническая поддержка специализированной команды необходима. Кроме того, без предварительных знаний о проектировании жилых районов диалог студентов с большой моделью может не давать полезных результатов, поэтому требуется сопровождение преподавателя и повторные попытки. Наконец, предварительное освоение Rhino и визуального программирования Grasshopper требует дополнительных времени и усилий, поэтому эффективнее использовать групповую работу.

В будущем необходимо дополнительно развивать интеллектуальные учебные инструменты, банки вопросов и базы кейсов, формируя масштабируемые ресурсы, которые помогут студентам быстро освоить методы ИИ. В более широком смысле вызов традиционной системе образования состоит в адаптации к быстро меняющейся технологической среде и запросам отрасли. Выход заключается в активном обновлении содержания и методов, развитии будущей конкурентоспособности и способности к обучению на протяжении всей жизни. Поощрение выхода за дисциплинарные границы, интеграции знаний и навыков, инновационного мышления и решения сложных проблем позволит лучше отвечать требованиям образования в области планирования в новую технологическую эпоху.

Благодарности: авторы благодарят студентов второго курса кафедры городского планирования Школы архитектуры Университета Цинхуа — Zhou Yifei, Wang Yirou, Liu Zhanqing, Cao Kaiwen, Wu Hao, Chen Qiushi, Sun Qi, Zhao Haotian и других — за участие и вклад в учебный проект.

Литература

- [1] MA Xiangming, SHI Huaiyu, ZHANG Lipeng, et al. Профессиональное развитие планировщиков: вызовы и будущее — академическая дискуссия [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 1-8.
- [2] WU Zhiqiang, HUANG Xiaochun, LI Dong, et al. Влияние искусственного интеллекта на городское планирование — академическая дискуссия [J]. Urban Planning Forum, 2018(5): 1-10.
- [3] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. Искусственный интеллект нового поколения в городском планировании: возможности и вызовы [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11.
- [4] ZHANG Tingwei. Применение теории сложности и искусственного интеллекта в планировании [J]. Urban Planning Forum, 2017(6): 9-15.
- [5] HONG Q Y. Развитие систем поддержки планирования: систематический обзор китайскоязычной литературы [J]. Transactions in Urban Data, Science, and Technology, 2024, 3(1-2): 27541231241251409.
- [6] GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, et al. Построение теоретической модели городского дизайна с поддержкой AIGC [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18.
- [7] BUBECK S, CHANDRASEKARAN V, ELDAN R, et al. Искры общего искусственного интеллекта: ранние эксперименты с GPT-4 [J]. arXiv preprint arXiv:2303.12712, 2023.
- [8] YANG Z, LI L, LIN K, et al. Рассвет мультимодальных больших моделей: предварительные исследования с GPT-4V(ision) [J]. arXiv preprint arXiv:2309.17421, 2023, 9(1): 1.
- [9] LI N, GAO C, LI Y, et al. Агенты на основе больших языковых моделей для моделирования макроэкономической активности [J]. arXiv preprint arXiv:2310.10436, 2023.

- [10] GAO C, LAN X, LU Z, et al. Система моделирования социальных сетей с агентами на основе больших языковых моделей [J]. arXiv preprint arXiv:2307.14984, 2023.
- [11] PARK J S, O'BRIEN J, CAI C J, et al. Генеративные агенты: интерактивные симулякры человеческого поведения [C]// Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2023: 1-22.
- [12] KOENIG R, MIAO Y, AICHINGER A, et al. Интеграция городского анализа, генеративного дизайна и эволюционной оптимизации для решения задач городского проектирования [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2020, 47(6): 997-1013.
- [13] WU Q, BANSAL G, ZHANG J, et al. AutoGen: приложения нового поколения на базе LLM посредством многоагентной диалоговой среды [J]. arXiv preprint arXiv:2308.08155, 2023.
- [14] ZHANG J, XU X, DENG S. Механизмы сотрудничества LLM-агентов: взгляд социальной психологии [J]. arXiv preprint arXiv:2310.02124, 2023.
- [15] XIAO Z, ZHANG D, WU Y, et al. Цепочка экспертов: когда большие языковые модели решают сложные задачи исследования операций [C]// The Twelfth International Conference on Learning Representations, 2023.
- [16] HONG S, ZHENG X, CHEN J, et al. MetaGPT: метапрограммирование для многоагентной совместной среды [J]. arXiv preprint arXiv:2308.00352, 2023.
- [17] ZHOU Z, LIN Y, JIN D, et al. Большая языковая модель для партисипаторного городского планирования [J]. arXiv preprint arXiv:2402.17161, 2024.
- [18] YANG Tianren, JIN Ying, FANG Zhou. Принятие решений в городском и сельском планировании и проектировании в условиях многокомпонентных данных: модели городских систем и применение искусственного интеллекта [J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 1-6.
- [19] FU X, LI C, ZHAI W. Использование обработки естественного языка для анализа планов: исследование 78 планов устойчивости сети 100 Resilient Cities [J]. Journal of the American Planning Association, 2023, 89(1): 107-119.
- [20] ZHU H, ZHANG W, HUANG N, et al. PlanGPT: совершенствование городского планирования с помощью специализированной языковой модели и эффективного поиска [J]. arXiv preprint arXiv:2402.19273, 2024.
- [21] NING Y, LIU H. UrbanKGent: унифицированная агентная среда большой языковой модели для построения городских графов знаний [J]. arXiv preprint arXiv:2402.06861, 2024.
- [22] LI Z, XIA L, TANG J, et al. UrbanGPT: пространственно-временные большие языковые модели [J]. arXiv preprint arXiv:2403.00813, 2024.
- [23] YANG Hui, WANG Yang. «Старые болезни» и «новые вопросы»: образование в области городского и сельского планирования в контексте территориального пространственного планирования [J]. Planners, 2020, 36(7): 16-21.
- [24] PENG Lijun, XIANG Mingming, YU Minghong. Практико-ориентированная реформа курса городского дизайна [J]. Education and Teaching Forum, 2020(37): 168-169.
- [25] LIU Dan, XIONG Ying. Исследование и практика образования в области планирования в системе территориального пространственного планирования [J]. Anhui Architecture, 2021, 28(12): 96-97.
- [26] NIU Xinyi, LIN Shijia, SANG Tian, et al. Цифровые технологии планирования: данные и знания [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 18-24.

[27] WU Zhiqiang, WANG Jian, LI Deren, et al. «Холодные» размышления на фоне ажиотажа вокруг умных городов — академическая дискуссия [J]. Urban and Rural Planning Forum, 2022(2): 1-11.

Переработанная версия: август 2024 г.

Перевод выполнен с использованием ИИ