استكشاف الابتكار في تعليم التخطيط والتصميم الحضري والريفي بالاستناد إلى محركين: المعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي: دراسة حالة لتخطيط المناطق السكنية

TIAN Li, YANG Xin, ZHANG Yudi, LIN Yuming

الملخص. أفضت التطورات المتسارعة في الذكاء الاصطناعي، بالتوازي مع تحولات مهنة التخطيط الحضري والريفي وإعادة بناء منظومتها المعرفية، إلى متطلبات جديدة لإصلاح التعليم. ولم يعد النموذج التقليدي لتعليم التخطيط والتصميم، الذي يهيمن عليه تصميم الحيز المادي وخبرة الخبراء والتعليم القائم على التلمذة، قادرًا على الاستجابة الكافية لتنوع مصالح الأطراف المعنية في عصر التجديد الحضري أو للتغير التقني المتسارع. وانطلاقًا من إصلاح تعليم تخطيط وتصميم المناطق السكنية، تستكشف هذه الدراسة نموذجًا مزدوج الدفع لتعليم التخطيط والتصميم الحضري والريفي يقوم على «المعرفة المهنية + الذكاء الاصطناعي». وتطوّر أدوات ذكية، من بينها نظام تفاعل متعدد الوكلاء قائم على نموذج لغوي كبير ومولّد آلي منخفض البرمجة للبدائل التصميمية، لدعم عملية تعليمية متكاملة من ثلاث مراحل: التخطيط التمهيدي، وتوليد البدائل، والتقييم اللاحق. ويسهم هذا النهج في تحديث المحتوى وطرائق التدريس، مع تعزيز التعلم البيني، والاستدلال العلمي، والابتكار التصميمي لدى الطلبة.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ تعليم التخطيط الحضري والريفي؛ تخطيط وتصميم المناطق السكنية؛ النموذج اللغوي الكبير.

تصنيف المكتبة الصينية: TU984. رمز الوثيقة: A. DOI: 10.16361/j.upf.202405010. رقم المقال: 1000-3363 (2024) 05-08-0071.

* يحظى هذا البحث بدعم مشروع تطوير الموارد التعليمية الأساسية «نموذج تعليمي جديد لحوكمة التجديد الحضري المدعومة بالذكاء الاصطناعي»، ومشروع SRT «ممارسة التجديد الحضري والحوكمة المكانية»، وبرنامج بكين للعلماء الشباب المتميزين (رقم المشروع: JJWZYJHO12019100003010).

1 تحوّل مهنة التخطيط الحضري والريفي يستدعي إصلاح التعليم

شهدت البيئة الاجتماعية والاقتصادية، محليًا ودوليًا، تحولات عميقة في السنوات الأخيرة. ومع تراجع قطاع العقارات، يواجه نموذج التنمية الحضرية السابق القائم على التحضر المدفوع بالأرض تحديات كبيرة. وعلى الرغم من إدراج مقررات التجديد الحضري في مناهج التخطيط الحضري والريفي، فإن النموذج التعليمي التقليدي الذي يركز على البيئة المادية لم يواكب التحول السريع في مسار التحضر. وما يزال التعليم الاستوديوي القائم على التلمذة واسع الانتشار، إذ يعتمد الطلبة بدرجة كبيرة على الخبرة المهنية للمدرسين.

يطلق الذكاء الاصطناعي موجة جديدة من التحول التقني العالمي. فمنذ أن أطلقت OpenAI سلسلة GPT عام 2022، انتشرت النماذج التأسيسية التوليدية بسرعة في قطاعات عديدة. وفي تعليم التخطيط، أرست مقررات البيانات الحضرية الضخمة والمعلوماتية الحضرية أساسًا لتطبيق الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري والريفي. غير أن هذه المقررات تركز غالبًا على معالجة البيانات وطرائق التحليل، وتؤكد البحوث الحضرية المدفوعة بالبيانات. واستجابةً للذكاء الاصطناعي، ينبغي أن تنتقل طرائق التخطيط تدريجيًا من الاستدلال التجريبي والنظرية الكلاسيكية والامتثال التنظيمي إلى تحليل البيانات الضخمة واتخاذ القرار بمساعدة الذكاء الاصطناعي. كما ينبغي للمخططين والطلبة معالجة المشكلات الحضرية بمنطق علمي وتفكير موجّه نحو العملية، مع إيلاء اهتمام أكبر للابتكار التقني، وبناء القدرات المهنية، والارتقاء الشامل بالمهنة [1]. ولا يقتصر إصلاح التعليم بالذكاء الاصطناعي على إعداد متخصصين يطوّرون تقنياته، بل يشمل أيضًا إعداد مخططين قادرين على فهمه وتوجيهه وتطبيقه ودمج التقنيات الجديدة والراسخة [2].

على مستوى القيم والأخلاقيات، ينبغي ألا يقتصر الاهتمام على تحديد مهام التخطيط التي يستطيع الذكاء الاصطناعي استبدالها أو تحسينها؛ بل يجب كذلك التساؤل عن مدى ملاءمة الاستراتيجيات الناتجة عن التكامل التقني وفاعليتها. فأنظمة دعم التخطيط تعتمد في نهاية المطاف على التراكم الطويل للنظرية والمعرفة لدى المخططين، وعلى قدرتهم على اختيار المتغيرات وبناء النماذج استنادًا إلى خبرة مناسبة. وتمثل المعرفة المهنية خصائص تميز المخططين عن الذكاء الاصطناعي، وقد تمكنهم حتى من تجاوزه. ولا سيما حين لا تزال قواعد البيانات والقدرات الحاسوبية غير كافية للتحول الرقمي والذكي الشامل للمدن، يحتفظ الحكم المهني والمعايير واللوائح التي يضعها البشر بقيمة كبيرة. ومن ثم ينبغي للتخطيط ألا يتخلى عن جميع أشكال الخبرة العملية أو ينزلق إلى الحتمية التقنية [3].

ويتعين على المخططين البشر مواصلة تحمّل مسؤوليات حوكمة السلامة، والرقابة الأخلاقية، والرعاية الإنسانية. ويمكن فهم الذكاء الاصطناعي بوصفه شكلًا من أشكال دمقرطة التكنولوجيا؛ إذ قد يحوّل البنية التنظيمية للتخطيط من هرم سلطوي إلى شبكة أكثر انفتاحًا يشارك فيها المخططون وصناع القرار والمديرون والجمهور في عملية القرار. وعندئذ يتحول دور المخطط نحو بناء المنطق العميق للتصميم، لتصبح احتياجات الإنسان ومشاعره وقيمه محور الاهتمام [3].

على الرغم من النقاش الواسع داخل المهنة بشأن التخطيط الحضري والريفي المدعوم بالذكاء الاصطناعي، ما تزال التطبيقات العملية في المقررات الأساسية، مثل التخطيط والتصميم الحضري والريفي ومبادئ التخطيط الحضري والريفي، محدودة، وهو ما يصعّب تلبية الحاجة إلى الابتكار التعليمي [3]. وللتعمق في استكشاف الدور الداعم للذكاء الاصطناعي، تعاونّا مع قسم الهندسة الإلكترونية بجامعة تسينغهوا لإصلاح جزء تخطيط المناطق السكنية ضمن الاستوديو الأساسي «التخطيط والتصميم الحضري والريفي». ويجمع المقرر بين وظائف توليد المعرفة وتمثيل الأدوار في النماذج الكبيرة وبين التصميم الحاسوبي القائم على Grasshopper عبر ثلاث مراحل: التخطيط التمهيدي، وتوليد البدائل، والتقييم اللاحق، لاختبار نموذج تعليمي جديد مزدوج الدفع يقوم على المعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي.

2 تطور الذكاء الاصطناعي وتطبيقه في التخطيط الحضري والريفي

2.1 التكامل بين الذكاء الاصطناعي والمخططين المهنيين

تزداد المدن تعقيدًا، كما يتسع عدد الأطراف المعنية ونطاق المعارف الداخلة في التخطيط الحضري والريفي، بما يفرض متطلبات مرتفعة على الممارسين [4]. ويتعين على المخططين المهنيين إتقان كم كبير من المعلومات وأدوات التخطيط ومهارات الاتصال لفهم المشكلات الحضرية المعقدة وتحليلها وحلها، وتحقيق التوازن بين مصالح الحكومات على مختلف المستويات والمطورين والجمهور [5]. لذلك أصبح اتخاذ القرار التقليدي القائم على الخبرة أقل قدرة على التعامل مع هذه النظم الحضرية المعقدة.

يمتلك الذكاء الاصطناعي الاستقلالية، والقدرة على التكيف، والتفاعل الذكي، ومعالجة البيانات واسعة النطاق، والتعلم، والاستجابة الآنية، والتكامل المرتفع، مما يمنحه إمكانات كبيرة في مجالات عديدة. وفي التخطيط الحضري والريفي، يتفوق على القدرة البشرية في تخزين مجموعات البيانات الضخمة وتحليلها، واكتشاف الأنماط، وإجراء الحسابات والمحاكاة، وتوليد البدائل. ومع ذلك، يظل ضعيفًا في تنظيم المعرفة السابقة، وتحديد التوجهات القيمية، والابتكار التصميمي، وإنتاج السرد والجودة الجمالية، وتصميم السيناريوهات والخبرات، وفهم المنطق العميق للمجتمع البشري؛ ومن ثم لا يستطيع أن يحل محل المخططين المهنيين [6].

يتمتع المخططون المهنيون بقوة خاصة في المجالات التي ما يزال الذكاء الاصطناعي ضعيفًا فيها، مثل القواعد الإنسانية، والقيم الاجتماعية، والاحتياجات العاطفية، والصفات التجريبية. ويمكنهم استخدام التقنيات الذكية لتوليد بدائل التخطيط والتصميم وتكرارها بسرعة، ثم التدخل فيها وتقييمها وتحسينها في ظل سيناريوهات متعددة. وبهذه الطريقة، يرفع الذكاء الاصطناعي الكفاءة، مع بقاء التخطيط متمحورًا حول الإنسان وتجنبه كلًا من التجريبية غير النقدية والحتمية التقنية المتطرفة.

2.2 تطبيق النماذج اللغوية الكبيرة في التخطيط الحضري والريفي

وسّع ظهور النماذج اللغوية الكبيرة، ومنها ChatGPT وLLaMA وAlpaca وGLM، نطاق تطبيقات الذكاء الاصطناعي وعزز قدرته على معالجة المهام المعقدة. وقد أطلق نموًا متسارعًا للذكاء الاصطناعي العام [7-8]، حتى شبّه بعض المراقبين النماذج اللغوية الكبيرة بثورة صناعية. وأدخل عدد متزايد من الباحثين هذه النماذج في النمذجة القائمة على الوكلاء للاستفادة من قدراتها الشبيهة بالبشر في الإدراك والذاكرة والتأمل والاستدلال والتخطيط واتخاذ القرار.

فعلى سبيل المثال، أدخل Li وآخرون [9] النماذج اللغوية الكبيرة في محاكاة نظام اقتصادي حضري يضم سوق العمل والاستهلاك والأسواق المالية والضرائب الحكومية. واتخذ الوكلاء قرارات بشأن التوظيف والاستهلاك أعادت إنتاج منحنى فيليبس الكلاسيكي. وطوّر Gao وآخرون [10] نظامًا لمحاكاة الشبكات الاجتماعية، استُخدمت فيه مشاعر الوكلاء ومواقفهم وتفاعلاتهم للتنبؤ بتطور الرأي العام والظواهر الاجتماعية على مستوى الجماعة، فاتحًا إمكانات جديدة لدراسة المجتمعات الافتراضية. كما أنشأ Park وآخرون [11] بلدة افتراضية تضم 25 وكيلًا قائمًا على نموذج لغوي كبير داخل منصة محاكاة حضرية. تواصل الوكلاء ونظموا الحفلات والانتخابات وعملوا ودرسوا؛ وتراكمت أنشطتهم وذكرياتهم بمرور الوقت، مولدة تأملات وجهت قراراتهم وسلوكهم اللاحق.

ومع تقدم البحوث، حظيت القدرة التعاونية لوكلاء النماذج اللغوية الكبيرة باهتمام متزايد. وتمكّنهم قدرتهم على فهم اللغة الطبيعية وتوليدها من تمثيل الأدوار؛ فبعد التعلم من كميات ضخمة من النصوص والمعارف، يستطيع الوكلاء التعبير بأساليب ونبرات مختلفة، ومحاكاة أشخاص أو أدوار بعينها، وأداء المهام المرتبطة بها. كما يمكنهم حل مسائل بحوث العمليات [15] وتنفيذ تطوير البرمجيات [16] عبر سلاسل عمل [12] أو تعاون جماعي [13-14].

صمّم Zhou وآخرون [17] منهجًا للمشاركة العامة في التخطيط الحضري والريفي قائمًا على وكلاء النماذج اللغوية الكبيرة. وقاد عدد من وكلاء التخطيط آلافًا من وكلاء السكان في النقاش، وراجعوا المقترحات التصميمية مرارًا عبر التفاوض، مما حسّن مؤشرات مثل جودة المشهد البيئي وتوفير الخدمات العامة بدرجة ملحوظة. واقترح Yang Tianren وآخرون [18] نظرية وإطارًا للتصميم الحضري المدعوم بالمحتوى المولّد بالذكاء الاصطناعي، وأبرزوا مزايا AIGC في التعلم من مجموعات البيانات الضخمة، والاستدلال والتنبؤ، وتوليد التوصيات، وتقييم التصميم وتحسينه. كما تكشف الاستفادة من النماذج اللغوية الكبيرة في تعلم نصوص التخطيط واسترجاعها وتقييمها [19-20]، وفي بناء

الرسوم البيانية المعرفية للتخطيط الحضري والريفي [21-22]، عن إمكاناتها كمساعد قوي للمخططين بفضل حساسيتها للغة والسياق وانفتاحها وقابليتها للتعميم.

3 نموذج من ثلاث مراحل لتعليم التخطيط والتصميم الحضري والريفي المدعوم بالذكاء الاصطناعي

3.1 خصائص مقررات التخطيط والتصميم الأساسية التقليدية ومشكلاتها

يُعد مقرر «التخطيط والتصميم الحضري والريفي» مقررًا أساسيًا في مناهج التخطيط، وقد تطور على مدى نحو سبعين عامًا منذ تأسيس تخصص التخطيط الحضري في السنوات الأولى لجمهورية الصين الشعبية. ونظرًا للطابع التطبيقي للتخطيط، يتمتع التعليم الاستوديوي القائم على التلمذة بمزايا واضحة في نقل الخبرة العملية وتقديم التوجيه الفردي. غير أنه ينطوي أيضًا على أوجه قصور رئيسية، منها بطء تحديث المعرفة، وتقييد التفكير الابتكاري لدى الطلبة، وارتفاع ذاتية المدرس، وغياب منظومة معرفية معيارية. ويمكن تلخيص هذه المشكلات في ثلاثة أوجه نقص.

(1) قصور الاستدلال العلمي والمنطقي. تركز استوديوهات التصميم الحالية أساسًا على تنظيم الحيز المادي وتصميمه [23]. ويسترشد منطقها عادة بالعقلانية الوظيفية والجماليات البصرية، مع اهتمام محدود بالآليات الاقتصادية والاجتماعية الكامنة وراء تشكل المكان. وعلى الرغم من اشتمال المناهج على مقررات في الاقتصاد وعلم الاجتماع ومجالات ذات صلة، يصعب دمجها عضويًا في الاستوديوهات التصميمية. ويهيمن الرسم على العمل الاستوديوي، بينما تظل ديناميات التخطيط والصرامة النظرية غير كافيتين، ويركز التقييم على المخطط النهائي بدلًا من عملية الاستدلال والمبادئ العلمية [24]. ونتيجة لذلك، يتأثر التدريس والتقييم بدرجة كبيرة بالمدرس الفرد، مع ارتفاع الذاتية وضعف الأساس العلمي.

(2) قصور الاهتمام بتعدد الأطراف المعنية. تعتمد نماذج التصميم التقليدية على خبرة الخبراء ومنظور النخبة من أعلى إلى أسفل [25]. وفي استوديو يستمر ثمانية أو ستة عشر أسبوعًا، قد يجري الطلبة مسوحات ميدانية ومقابلات، لكن قيود الوقت والجهد والخبرة تمنعهم من فهم سلوك المجموعات المختلفة داخل الموقع وأنماط حياتها ومصالحها بالعمق الكافي. ولذلك تظل المشاركة العامة في كثير من الأحيان شكلية.

(3) تقييد الإبداع بسبب العمل المتكرر. عبر التسلسل التقليدي للبحث التمهيدي وتصميم البدائل وإنتاج الرسومات، تستهلك المهام غير الإبداعية حصة كبيرة من جهد الطلبة. وعندما يُرفض بديل ما، يضطرون إلى تكرار إجراءات الرسم اليدوي أو استخدام AutoCAD، مما قد يولد المقاومة والإحباط. لذا ثمة حاجة ملحّة إلى التقنيات الذكية لتحل محل جزء من هذا العمل المتكرر، وتوظف الذكاء الاصطناعي في المجالات التي يتفوق فيها، وتعوض أوجه قصور المخططين. ويشكل ذلك مسارًا مهمًا لإصلاح تعليم التخطيط.

3.2 نموذج من ثلاث مراحل لتعليم التخطيط والتصميم المدعوم بالذكاء الاصطناعي

لمعالجة قيود التعليم الاستوديوي التقليدي، نمزج الذكاء الاصطناعي بالمعرفة المهنية لتنمية القدرات البينية. وفي الزمن التعليمي المحدود، يساعد النموذج الطلبة على إجراء البحث الاجتماعي بكفاءة أكبر، وتحديد مطالب مجموعات المصالح المتعددة، وإنشاء عملية ديناميكية للتخطيط والتصميم يمكن تعديلها وتحسينها باستمرار من خلال وحدات المعرفة المهنية. وبناءً على ذلك، نقترح نموذجًا مزدوج الدفع من ثلاث مراحل، مدعومًا بالنماذج اللغوية الكبيرة: التخطيط التمهيدي ← توليد البدائل ← التقييم اللاحق. وتدعم النماذج اللغوية الكبيرة وغيرها من التقنيات الذكية كل مرحلة.

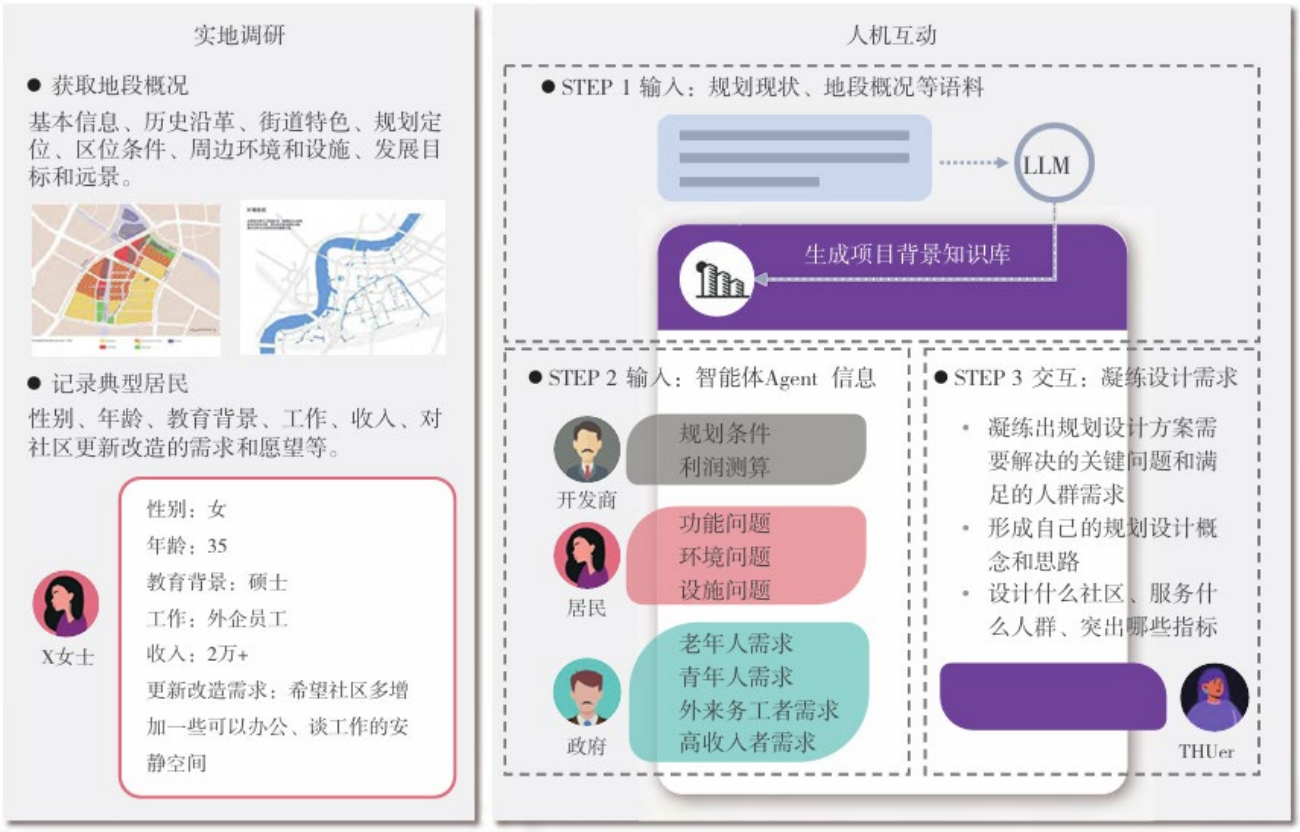
3.2.1 مرحلة التخطيط التمهيدي

تشمل المرحلة التمهيدية تحديد موقع المشروع وظيفيًا وتحليل احتياجات المستخدمين. وتدعم المعرفة المهنية التحليل من أعلى إلى أسفل، بما في ذلك تنفيذ متطلبات التخطيط الأعلى مستوى والتفكير في دور الموقع وقيمته داخل المدينة. وفي التدريس التقليدي، غالبًا ما يصبح تحليل التموضع واسعًا وشاملًا وعامًا، بدلًا من إنتاج تعريف دقيق للموقع على مستوى الشارع والمجتمع استنادًا إلى احتياجات السكان. كما تؤدي الجداول الضيقة وارتفاع تكاليف المسح إلى نقص عينات المقابلات وضعف عمق النقاش، فيتحول البحث الميداني إلى إجراء شكلي. ويمكن للنماذج اللغوية الكبيرة استكمال هذه العملية من أسفل إلى أعلى، من خلال استكشاف مطالب السكان بشأن تعويضات الانتقال، وتوقعات السكان المحتملين لتوزيع المكان والخدمات العامة، ومصالح المطورين.

أثناء التصميم، نستخدم وكلاء النماذج اللغوية الكبيرة لمحاكاة الأطراف المشاركة في التخطيط، ونوجّه الطلبة عبر تفاعل متعدد الوكلاء يقارب سيناريوهات المشاركة العامة في المشروعات الواقعية. وتعمّق هذه العملية فهمهم لتموضع الموقع واحتياجات المستخدمين (الشكل 1). فقد يؤدي الوكيل دور ساكن ذي خصائص محددة، ويعبر عن مطالبه المتعلقة باستعمالات الأرض والخدمات العامة؛ أو دور مسؤول

حكومي مطلع يحدد الحدود الدنيا والخطوط الحمراء للتخطيط؛ أو دور مطور يوصي بمنتجات سكنية وفق إمكانات تطوير الموقع؛ أو دور مخطط مهني يقدم للطلبة المشورة بشأن الأكواد والمعايير التصميمية.

تُعد المعرفة المهنية السابقة ضرورية لهذه التفاعلات، ويجب تنظيمها منهجيًا في وحدات معرفية. وخلال المسوح الميدانية وجمع الوثائق والمقابلات المعمقة، يصوغ الطلبة أسئلة استنادًا إلى الوحدات المحددة مسبقًا ويوجهونها إلى الوكلاء. وبذلك يحاكون المشاركة العامة والتفاوض بين الأطراف، ويفهمون بسرعة مطالب المستخدمين المختلفين والمنطق العملي لتشغيل المشروع، ويتعلمون المعايير التصميمية ونماذج التشغيل ذات الصلة. وبعد المراجعة الشاملة لاحتياجات الوكلاء المختلفين، يدمج الطلبة متطلبات التخطيط الأعلى مستوى مع مطالب المستخدمين لتحديد التموضع التخطيطي الذي يشكل أساس توليد البدائل اللاحقة.



الشكل 1. نظام تفاعل متعدد الوكلاء قائم على نموذج لغوي كبير

3.2.2 مرحلة توليد البدائل

في التوليد التقليدي للبدائل، يعد الطلبة عادة عدة خيارات في صورة رسومات يدوية أو نماذج مادية، ثم يعرضونها ويحسنونها تحت إشراف المدرس حتى اختيار البديل النهائي. وتظهر مشكلتان شائعتان: أولًا، تعتمد توصيات المدرسين على خبرة تراكمت طويلًا، وقد يصعب على الطلبة ذوي المعرفة المهنية المحدودة استيعابها بسرعة، مما يثير أحيانًا مقاومة لديهم. وثانيًا، تتطلب كل مراجعة تكرار الرسم وصنع النماذج وحساب المؤشرات، فلا يتبقى سوى وقت وطاقة محدودين للتصميم الإبداعي.

لرفع الكفاءة وإتاحة المقارنة السريعة، يمكن استخدام النمذجة القائمة على Rhino وGrasshopper لبناء مولد بدائل منخفض البرمجة عبر البرمجة البصرية. ويدخل الطلبة أنواعًا متعددة من المؤشرات، ثم يولد النظام القائم على الخوارزمية الجينية عددًا كبيرًا من بدائل الكتل الأولية بسرعة. وتشمل المؤشرات: (1) قيودًا غير قابلة للتفاوض، مثل حدود الموقع ومساحته ونوع استعمال الأرض وارتدادات المباني ومتطلبات التعرض الشمسي؛ (2) مؤشرات نطاقية، مثل معامل مساحة الطوابق وارتفاع المباني ونسب الوظائف المختلفة؛ (3) مؤشرات للتحسين، مثل سهولة الوصول إلى المرافق العامة، والإطلالات من الطوابق العليا، والأداء من حيث التكلفة والمنفعة، وتستخدم لمقارنة البدائل؛ و(4) مؤشرات توسعية يطور الطلبة من خلالها مقاييس مخصصة ومكونات Grasshopper تناسب خصائص مشروعاتهم واحتياجاتها.

قبل التوليد البارامتري، يضع الطلبة هيكلًا تخطيطيًا أوليًا، ويحددون الطرق الرئيسة والمحاور الوظيفية وأنواع المباني العامة وأنماط الإسكان، ثم يدخلونها في Grasshopper. وتُولد بدائل متعددة في ضوء التموضع التخطيطي. فإذا كان الموقع يتمتع بقيمة مناظر طبيعية

استثنائية، مثلًا، يمكن اعتماد تحسين المشهد هدفًا رئيسًا. وخلال التحسين، يستطيع الطلبة في أي وقت رفع الرسومات والنصوص إلى النظام متعدد الوكلاء. ويقيّم وكلاء الحكومة والسكان والمطورين البديل ويقدمون مقترحات؛ ثم يدمج الطلبة هذه الملاحظات مع نصائح المدرس ويواصلون التنقيح. ويُنشئ التكامل بين النماذج اللغوية الكبيرة والتصميم البارامتري حلقة تغذية راجعة مستمرة ويحد من القرارات الاعتباطية. ومن خلال الإجابة عن الأسئلة المهنية وشرح مبرراتها، تساعد الوكلاء الطلبة على اختبار تنسيق المصالح المتنافسة للأطراف المعنية. وبعد ذلك يختار الطلبة البدائل المولدة آليًا ويعمقونها ويراجعونها، ويضيفون محتوى يتجاوز قدرات الخوارزمية، مثل عناصر تنسيق الموقع وواجهات المباني وتصميم المباني العامة.

3.2.3 مرحلة التقييم اللاحق

يهيمن نقد المدرس المركزي على تقييم الاستوديو التقليدي، ويصعب دعوة الأطراف الواقعية لتقييم مقترحات الطلبة. لذلك يقدم التقييم المدعوم بعدة وكلاء وسيلة فاعلة للجمع بين النهجين من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى، ودمج تقييم الخبراء والتقييم التشاركي. ويمكن للمدرسين بناء إطار تقويم يجمع بين المؤشرات الموضوعية والذاتية. وتشمل المؤشرات الموضوعية مقاييس قابلة للحساب مثل كثافة التطوير، وتوزيع المرافق العامة، والأداء من حيث التكلفة والمنفعة؛ بينما تتناول المؤشرات الذاتية الجمال والراحة وغيرها من الصفات.

غالبًا ما يعتمد التقييم التقليدي على مناظير مثل اللقطات الجوية، ولا يستطيع دمج أحكام السكان من أسفل إلى أعلى بصورة كاملة. وبمساعدة النماذج اللغوية الكبيرة، يرفع الطلبة الرسومات والنصوص التصميمية إلى النظام متعدد الوكلاء، بما يتيح لوكلاء الحكومة والمطورين والسكان مناقشة البدائل وتقييمها من أبعاد مختلفة، منها ترتيب المباني، والتفاعل الاجتماعي والخصوصية، والوصول إلى المرافق، والراحة، والجاذبية، والطابع الطبيعي. وعند دمج هذه التقييمات بالحكم المهني للمدرس، تتكون حصيلة تقييم نهائية. ولا يجعل ذلك عملية التقييم أكثر تفاعلًا فحسب، بل يقارب أيضًا بيئة المشاركة العامة الواقعية.

يوضح الشكل 2 المسار التعليمي الناتج: التخطيط التمهيدي، وتوليد البدائل، والتقييم اللاحق. ومن خلال المحركين، المعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي، يُوجَّه الطلبة إلى كشف المنطق العلمي، واعتماد التفكير الموجّه نحو العملية، وحل المشكلات الحضرية في سياقات واقعية. ويتحول توجه التعلم من العلم التجريبي والنظرية الكلاسيكية والمتطلبات التنظيمية إلى علم النظم ونظرية التعقيد والاستدلال القائم على الأدلة. ويتعلم الطلبة المعرفة التاريخية والمعاصرة من السكان، وتفكير التنفيذ والإدارة من الجهات الحكومية صاحبة المشروع، والمعرفة العابرة للقطاعات من المطورين والشركاء. وبذلك يحددون المشكلات، ويفحصون آلياتها، ويستجيبون للاحتياجات، مع إدراك الطبيعة التعددية والعلمية للتخطيط والتصميم.

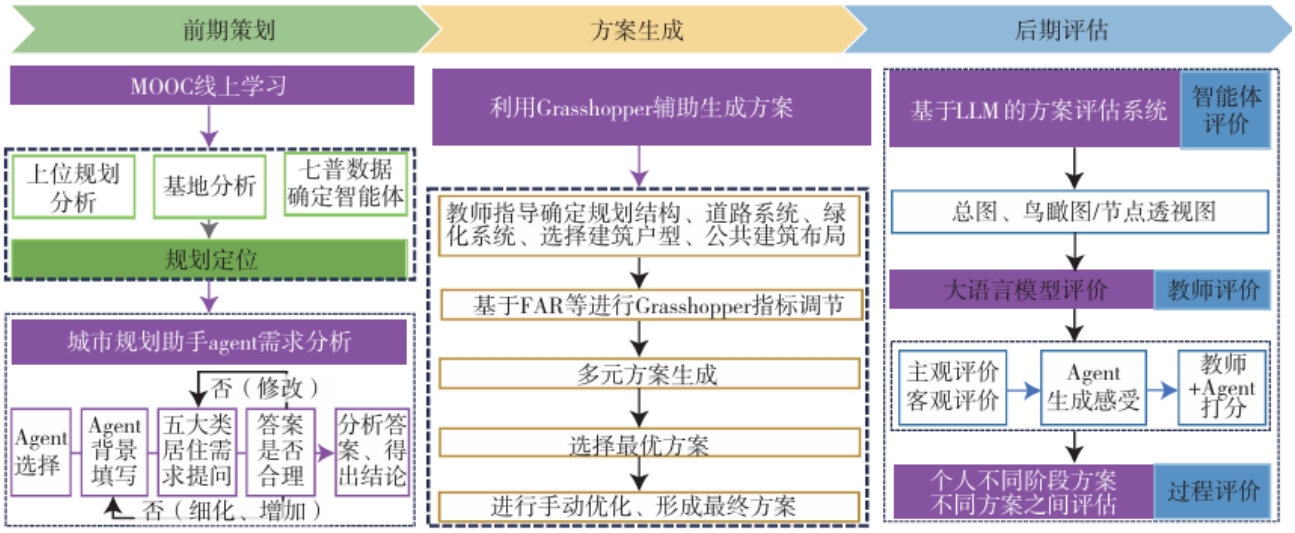


Figure 2. 教学路径：用于设计的规划：初步规划、生成和后续评估

4 三阶段模型在规划设计教育中的实践

三阶段模型已在斯坦福大学设计学院的城市设计工作室中实施，用于为本科生的毕业设计项目设计一个社区。

4.1 التخطيط التمهيدي: تموضع المنطقة السكنية ووظائفها

طوّر فريق البحث نظام تفاعل متعدد الوكلاء قائمًا على نموذج لغوي كبير. وخلال العمل الميداني التمهيدي، سجّل الطلبة معلومات الموقع وجمعوها ونظموها في مواد نصية وبصرية. كما أجروا مقابلات معمقة مع سكان ممثلين، ووثقوا خصائصهم، ولخصوا توصياتهم ومصالحهم المتعلقة بمشروع التصميم.

من جهة، وُلدت مئات الوكلاء التي تتطابق سماتها مع الظروف الواقعية اعتمادًا على بيانات التعداد، باستخدام الاحتمالات الشرطية والنسب. ومن جهة أخرى، أُدخلت إلى النظام معلومات المقابلات المعمقة مع السكان الممثلين. وعمل هؤلاء المشاركون بوصفهم قادة رأي ذوي مصالح أكثر وضوحًا. كما رُفعت النصوص والصور لكي تتعلم الوكلاء سياق المشروع.

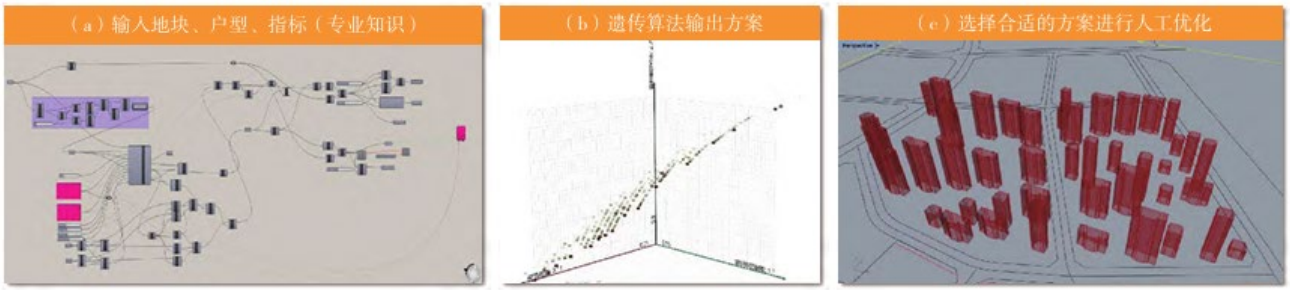
بعد ذلك أمكن للطلبة التفاعل مع السكان المحاكيين في أي وقت، والتواصل مع أشخاص من أعمار ودخول ومستويات تعليمية ومهن مختلفة، والتفاوض مع وكلاء الحكومة والمطورين. وأعد فريق التدريس استبانة معيارية تضم نحو 60 سؤالًا موزعة على خمس وحدات: الوحدة السكنية والطراز المعماري، وأنماط تجميع المباني، والطرق والمرور، ونظم المساحات الخضراء، ومرافق الخدمات العامة. وأضاف الطلبة أسئلة عند الحاجة، واستخدموا الحوار لفهم التفضيلات. ومن خلال التفاعل بين الإنسان والحاسوب وتوجيه المدرس، استخلصوا أهم أهداف التصميم السكني لموقع محدد وصاغوا موقفهم التصميمي الخاص (الشكل 3).

الشكل 3. بلورة المفاهيم التصميمية بدعم التفاعل بين الإنسان والحاسوب

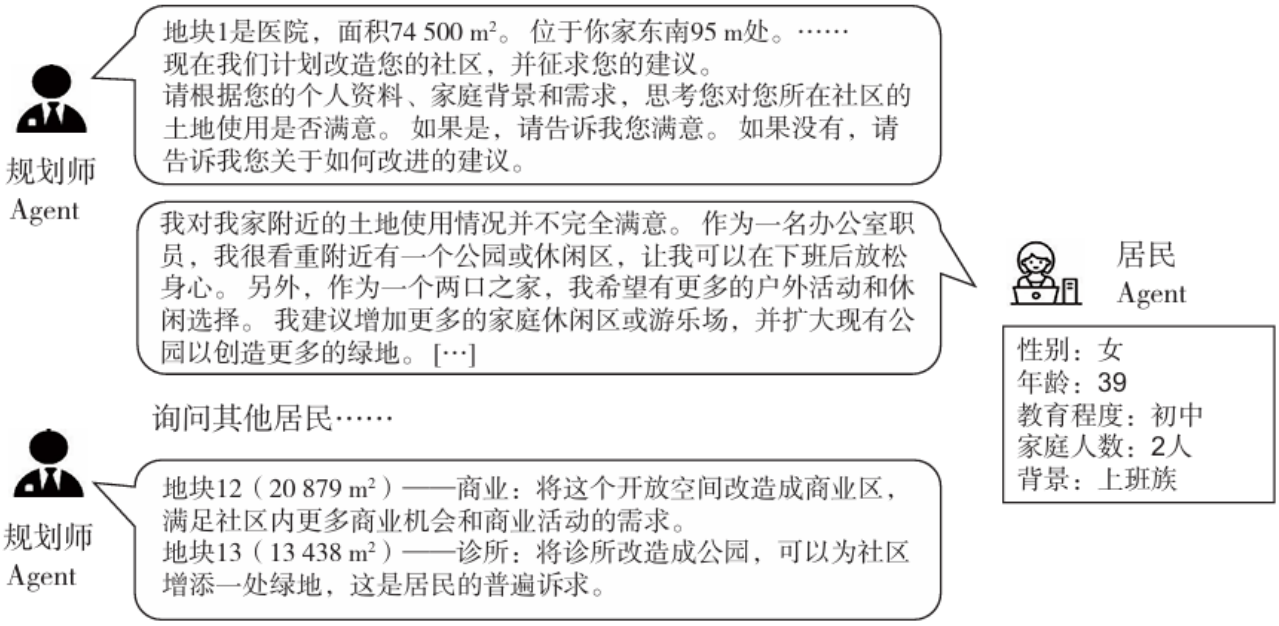
4.2 دعم توليد البدائل: مقارنة خيارات متعددة وانتقاؤها

استنادًا إلى البحث والتخطيط التمهيديين، حدّد الطلبة نوع المنتج السكني وأدخلوا المؤشرات الأساسية، ومنها حدود الموقع، وارتدادات المباني، ومعامل مساحة الطوابق، ومعاملات التباعد، وارتفاع المباني، وأنواع الوحدات. وخلال توليد البدائل، ساعدهم مولد منخفض البرمجة قائم على Rhino وGrasshopper على إنتاج مقترحات أولية بسرعة. كما أمكنهم إضافة مؤشرات توسعية خاصة بهم. وبعد تشغيل النظام، ولّدت خوارزمية جينية عددًا من بدائل الكتل، ورُسم كل بديل في نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد تمثل محاوره كثافة البناء ومعامل مساحة الطوابق ومؤشرات أخرى. واختار الطلبة البدائل المناسبة وفق تفضيلاتهم ومتطلبات المشروع لمواصلة التطوير (الشكل 4). ولم تكن هذه المقترحات الأولية مكتملة، إذ ظلت تتطلب إسهامًا كبيرًا من الطلبة في تنظيم الطرق ونظم تنسيق الموقع والمظهر المعماري.

لا يهدف التوليد الآلي إلى استبدال تنمية القدرة التصميمية. فمن خلال إنتاج عدد كبير من المسودات التي تتوافق إجمالًا مع الأكواد التصميمية خلال وقت قصير، يساعد الطلبة على تكوين فهم مكاني أولي للمناطق السكنية واستيعاب المعرفة الكامنة في معايير التصميم. ويتجلى الإبداع في البنية التخطيطية وفي التنقيح التفصيلي. وخلال هذه العملية، يواصل الطلبة التفاعل مع الوكلاء والاستجابة لأسئلة السكان والحكومة والمطورين ومقترحاتهم (الشكل 5).



الشكل 4. التوليد السريع للبدائل بمساعدة خوارزمية جينية

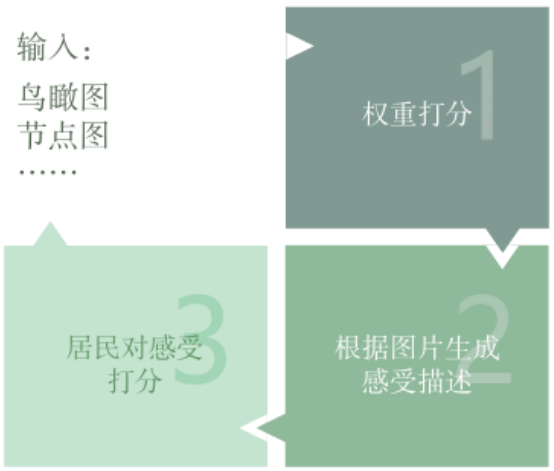


الشكل 5. التفاعل الآني أثناء تطوير البديل

4.3 التقييم اللاحق: الجمع بين تقييم الخبراء والوكلاء

في مرحلة التقييم، يرفع الطلبة مخرجاتهم، من نصوص ورسومات، إلى النظام متعدد الوكلاء، ويدخلون تعليمات منظمة حول أبعاد محددة (الشكل 6)، بما يتيح للوكلاء المختلفين منح درجات لكل جانب من جوانب البديل. ويمكن حساب المؤشرات الموضوعية، مثل سهولة الوصول إلى الخدمات ونسبة تغطية المساحات الخضراء، في حين يمكن الحصول على درجات الرضا الذاتية من وكلاء الحكومة والمطورين والجمهور الافتراضيين. ويكمل هذا التقييم الشامل النموذج التقليدي الذي يكون فيه المدرس المقوّم الوحيد.

يمكن للطالب تقييم تطور قدرته التصميمية بمقارنة نتائج المراحل المختلفة، كما يمكن تقييم المقترحات النهائية لطلبة مختلفين معًا لتوفير مقارنة بصرية مباشرة بين البدائل (الشكل 7).



PROMPT示例:
请你对图中建筑间距进行评价，5分代表非常满意，4分代表满意，3分代表不一定，2分代表不满意，1分代表非常不满意。请只回答分数，不要包含其他内容。

评价类型	评价指标	非常满意	满意	不一定	不满意	非常不满意
建筑布局评价	建筑间距	5	4	3	2	1
	建筑高度	5	4	3	2	1
	建筑排布	5	4	3	2	1
	交往与隐私性	5	4	3	2	1
公共空间评价	舒适性	5	4	3	2	1
	趣味性	5	4	3	2	1
	交往性	5	4	3	2	1
	多功能性	5	4	3	2	1
	自然性	5	4	3	2	1

الشكل 6. إطار تقييم البديل

يعالج تطبيق النموذج الثلاثي المراحل في تعليم التصميم السكني عدة نقاط ضعف في التدريس التقليدي. أولًا، ينقل الاهتمام من تصميم الحيز المادي وحده إلى الإشباع المشترك للاحتياجات المكانية والإنسانية، ويحاكي التنفيذ التشاركي عبر مشاركة عامة افتراضية. ثانيًا، يعزز التصميم الموجّه نحو العملية؛ إذ يستند كل تعديل إلى طلب واقعي مقابل، لا إلى حدس اعتباطي. ثالثًا، يقلل الذكاء الاصطناعي أعباء

العمل المتكرر، ويتيح للطلبة تخصيص مزيد من الوقت والطاقة للاستدلال العلمي، والتفكير في العملية، والحلول الإبداعية للمشكلات الواقعية.

经济技术指标	
用地面积	10.1 hm²
容积率	22.27%
总建筑面积	22.9万m²
绿化率	49%
建筑密度	19.54%
住宅户数	2110
公寓户数	520
B地块停车位数	702

		方案一		方案二		方案三	
		感受描述	满意度	感受描述	满意度	感受描述	满意度
建筑布局评价	建筑间距	2	4	3	4	3	4
	建筑高度	2	5	4	3	4	3
	建筑排布	2	4	2	4	3	4
	交往与隐私性	3	4	3	3	2	5
公共空间评价	舒适性	3	2	3	2	5	4
	趣味性	5	1	5	2	4	3
	交往性	3	3	4	2	4	5
	自然性	4	3	3	3	3	4
			3.25		2.93		3.89

		方案1		方案2		方案3		方案4		方案5	
		感受描述	满意度	感受描述	满意度	感受描述	满意度	感受描述	满意度	感受描述	满意度
建筑布局评价	建筑间距	3	4	3	5	3	5	3	4	3	5
	建筑高度	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4
	建筑排布	3	4	3	3	4	4	2	4	4	4
	交往与隐私性	2	5	3	4	4	5	3	4	4	3
公共空间评价	舒适性	5	4	4	3	3	4	3	5	4	3
	趣味性	4	3	3	3	4	3	4	3	5	4
	交往性	4	5	4	4	4	5	4	4	3	4
	自然性	3	4	2	3	3	4	2	4	2	3
			3.89		3.69		4.14		3.92		3.71

الشكل 7. تقييم قائم على الوكلاء لمخرجات تصميم طالب واحد في مراحل مختلفة (أعلى)، وللمقترحات النهائية لطلبة مختلفين (أسفل)

المصدر: أعمال طلبة السنة الثانية في قسم التخطيط الحضري، جامعة تسينغهوا.

5 تأملات في تعليم التخطيط الحضري والريفي المدفوع بالمعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي

استنادًا إلى التمكين المزدوج للمعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي، بنينا محتوى تعليميًا يجمع بين المعرفة النظرية والطرائق والتقنيات والتحسين القائم على الممارسة. ويركز المقرر على مواقف واقعية في التخطيط والتصميم، ويمكّن الطلبة من فهم نظم السياسات ومصالح الأطراف المتعددة. وبالاستناد إلى التقنيات الذكية، ينمي قدرات مركبة في النظرية والتقنية، تشمل تحليل البيانات والبحث التخطيطي وإعداد النماذج الأولية، مع تطوير التفكير الإبداعي والمنظومي والمتمحور حول الإنسان.

يستبدل هذا النهج النموذج أحادي الاتجاه الذي ينقل فيه المدرسون المعرفة ويتلقاها الطلبة بصورة سلبية. فهو يشجع الاستكشاف المستقل، ويرفع المشاركة الصفية وشعور الطلبة بالإنجاز، ويحسن كفاءة نقل المعرفة والتدريب على المهارات والتغذية الراجعة التصميمية. وبذلك يصبح التدريس والتعلم والنظام والمستخدمون عناصر تعزز بعضها بعضًا.

5.1 المعرفة والكفاءة المهنيتان شرطان مسبقان لتعليم التخطيط المدعوم بالذكاء الاصطناعي

على الرغم من إظهار الذكاء الاصطناعي قدرات معينة في التخطيط، يمتد العمل المهني عبر أبعاد متعددة: فهم المكان والبيئة والاحتياجات الاجتماعية؛ وتحديد المطالب العاطفية للسكان؛ والحفاظ على الحساسية تجاه التغير الاجتماعي؛ وممارسة الإبداع. وما تزال هذه الجوانب صعبة على الذكاء الاصطناعي. وحتى في التحليل الكمي، حيث يتمتع بميزة نسبية، قد تكون النتائج بلا معنى إذا غاب توجيه المعرفة المهنية [26].

تبيّن التجربة التعليمية الحالية أن على المدرسين تنظيم النقاط المعرفية وشرحها عبر التسلسل الكامل للتخطيط التمهيدي وتوليد البدائل والتقييم اللاحق، قبل استخدام النماذج اللغوية الكبيرة لدعم الفهم. ففي المرحلة التمهيدية، تُحوّل المعارف الرئيسة للتصميم السكني إلى بنك أسئلة، تستكمله أسئلة يضعها الطلبة، ثم تُوجَّه إلى وكلاء مختلفين للحصول على صورة شاملة للاحتياجات من أسفل إلى أعلى ودعم التموضع التخطيطي والتوزيع الوظيفي. وفي مرحلة التوليد، يتعين على الطلبة أولًا تحديد تخطيط الطرق وإطار المساحات المفتوحة قبل استخدام Grasshopper. وأخيرًا، يُبنى إطار التقييم وفق الأهداف التخطيطية التي حددها الطلبة مسبقًا، وتُستخدم النماذج اللغوية الكبيرة لتقييم البدائل وتعميق فهم مبادئ التصميم السكني.

5.2 تعليم التصميم المدعوم بالذكاء الاصطناعي يمكن أن يرفع الثقافة العلمية وجودة التصميم

يسهم تعليم التصميم السكني بمساعدة الذكاء الاصطناعي في ثلاثة جوانب رئيسة. أولًا، في تحديد التموضع وتحليل الطلب، تعتمد الممارسة التقليدية بدرجة كبيرة على الأحكام الذاتية للمصممين، بينما تتيح الوكلاء التي تمثل الأدوار تحليل عينة أوسع بكثير من الفئات ذات الصلة. ثانيًا، في توليد البدائل، يمكن استخدام أهداف تخطيطية مختلفة، مثل تحسين المشهد أو تعظيم سهولة الوصول إلى الخدمات العامة، لتوليد بدائل مكانية متعددة للاختيار. ثالثًا، بعد أن يحسن الطلبة المقترح، تقيّمه الوكلاء في ضوء التموضع والأهداف المحددة في المرحلة الأولى. وعند الجمع بين ذلك والحكم المهني للمدرس، تتكون صورة أكثر شمولًا لنقاط القوة والضعف، وتعوّض قيود التقييم القائم على الخبرة، وتتقوى الثقافة العلمية، ويتسع فهم البدائل من منظورات الأطراف المختلفة.

5.3 دمج المعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي ضرورة للابتكار التعليمي

تظهر تجربة التصميم السكني أنه لا ينبغي إهمال المعرفة المهنية ولا الذكاء الاصطناعي؛ بل يجب أن يتعاونا بصورة وثيقة ويتكاملا في مجالات القوة الخاصة بكل منهما. وتجسد كل مرحلة من النموذج الثلاثي هذا الدفع المزدوج: يعلّم المدرسون المعرفة المهنية؛ ويستوعبها الطلبة ويترجمونها إلى حوار مع النماذج الكبيرة؛ ثم توجه الأهداف التخطيطية التصميم التوليدي؛ وبعد التنقيح البشري، تدعم النماذج الكبيرة عملية التقييم.

وعمومًا، ينبغي التعامل مع الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة لا بديلًا عن تعليم التخطيط. فهو يستطيع مساعدة الطلبة في مهام مختارة، لكن القرارات التصميمية النهائية والمخرجات الإبداعية تظل معتمدة على الحكم والخبرة المهنيين. ومن المرجح أن يغيّر الذكاء الاصطناعي طريقة عمل الطلبة أكثر مما يستبدلهم. لذا ينبغي لطلبة التخطيط التكيف مع التقنيات الناشئة واستخدام الذكاء الاصطناعي لرفع الكفاءة والإبداع.

6 الخلاصة والمناقشة

يمثل تعليم التخطيط والتصميم الحضري والريفي، المدفوع بصورة مشتركة بالمعرفة المهنية والذكاء الاصطناعي، نموذجًا تعليميًا ناشئًا يهدف إلى توفير خبرة تعلم شاملة وعميقة وعملية. ويسعى إلى تحسين القدرة على التصميم والابتكار، وتطبيق التكنولوجيا، والتفكير النقدي والتحليل، والعمل الجماعي، والتواصل، بما يهيئ الطلبة للتطور المهني مستقبلًا.

في هذه التجربة لتعليم التصميم السكني، طوّر فريق تدريس بيني من قسم التخطيط الحضري والريفي وقسم الهندسة الإلكترونية بجامعة تسينغهوا، بالتعاون مع iFLYTEK، منتجات تعليمية ذكية وأدوات تقييم لدعم أعمال التخطيط لدى الطلبة. وتبين النتائج أن الفريق متعدد التخصصات عنصر أساسي، إذ يستطيع حل المشكلات المهنية والتقنية بسرعة ومساعدة الطلبة على بناء فهم شامل لتخطيط وتصميم المناطق السكنية.

ينبغي تجنب تصورين خاطئين. يفترض الأول أن الذكاء الاصطناعي قادر على توليد أعداد كبيرة من البدائل بسرعة، ومن ثم يمكنه الهيمنة على التخطيط والتصميم. أما الثاني فيتمسك بالتعليم التقليدي القائم على التلمذة ويرفض التقنيات المتقدمة. وقد حدد Wu Zhiqiang وآخرون [27] ثلاثة أنماط نموذجية لتطوير المدن الذكية: النمط T بقيادة مزود التكنولوجيا (Technology Mode)، والنمط D الموجّه نحو حل المطالب الفعلية (Demand Mode)، والنمط الشكلي E (Exhibition Mode) الذي يتقدم عبر قاعات العرض من دون الاندماج في التشغيل الحضري الحقيقي. ويمكن للنمط E أن يستهلك موارد كبيرة، وينفصل عن الاحتياجات اليومية، ويصبح غير مستدام.

يجب ألا يتحول تعليم التخطيط المدعوم بالذكاء الاصطناعي إلى استعراض للتعقيد التقني ينسى الهدف الأصلي من تعليم التصميم السكني، أي إتقان نظريات البيئة المعيشية والمهارات التصميمية الشاملة. وتظل المعرفة والكفاءة المهنيتان لا غنى عنهما. وفي الوقت نفسه، لا ينبغي رفض الطرائق المتقدمة. فالذكاء الاصطناعي قادر على تعميق فهم الطلبة للقوى والأدوار الاجتماعية المشاركة في التصميم السكني، بما فيها الحكومة والمطورون والسكان والمخططون، وعلى توسيع ثقافتهم العلمية.

تواجه التجربة كذلك بعض القيود. فالممارسة المشروعِية الجماعية والتعلم البيني تحت إشراف المدرس يفرضان متطلبات مرتفعة على الخلفية المعرفية للمدرسين ورؤيتهم العابرة للتخصصات. كما أن تحديد ما يستطيع الذكاء الاصطناعي فعله وما لا يستطيع في تعليم التصميم يتطلب تجريبًا مستمرًا، مما يجعل الدعم التقني من فريق متخصص في الذكاء الاصطناعي ضروريًا. وقد يحصل الطلبة الذين لم يكتسبوا بعد أساسيات التصميم السكني على فائدة محدودة من الحوار مع النماذج الكبيرة، لذلك يلزم توجيه المدرس وتكرار المحاولات. فضلًا عن ذلك، يتطلب تعلم نمذجة Rhino والبرمجة البصرية في Grasshopper وقتًا وجهدًا إضافيين، وهو ما يجعل العمل الجماعي أكثر فاعلية. وينبغي مواصلة توسيع أدوات التدريس الذكية وبنوك الأسئلة ومكتبات الحالات لبناء موارد تعليمية قابلة للنقل، تمكّن الطلبة من إتقان طرائق الذكاء الاصطناعي خلال فترة قصيرة.

عمومًا، يتمثل التحدي المركزي أمام تعليم التخطيط التقليدي في كيفية التكيف مع التقنيات والاحتياجات المهنية سريعة التغير. ويتمثل المسار المستقبلي في الاستجابة الاستباقية، وتجديد المحتوى وطرائق التدريس، وتنمية التنافسية المستقبلية والقدرة على التعلم مدى الحياة. وينبغي تشجيع الطلبة على تجاوز الحدود التقليدية للتخصصات، ودمج المعارف والمهارات من مجالات مختلفة، وتطوير التفكير الابتكاري، وتعزيز قدرتهم على حل المشكلات المعقدة في العصر التقني الجديد.

شكر وتقدير: يتقدم المؤلفون بالشكر إلى طلبة السنة الثانية في قسم التخطيط الحضري، كلية العمارة، جامعة تسينغهوا — Zhou Yifei، Sun Qi، Zhao Haotian، Chen Qiushi، Wu Hao، Cao Kaiwen، Liu Zhanqing، Wang Yirou، وغيرهم — على مشاركتهم وإسهاماتهم في الاستوديو التصميمي.

المراجع

[1] MA Xiangming, SHI Huaiyu, ZHANG Lipeng, et al. مناقشة أكاديمية حول التطور المهني للمخططين: التحديات والمستقبل [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 1-8.

[2] WU Zhiqiang, HUANG Xiaochun, LI Dong, et al. مناقشة أكاديمية حول أثر الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري [J]. Urban Planning Forum, 2018(5): 1-10.

[3] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. تمكين التخطيط الحضري بالجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي: الفرص والتحديات [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11.

[4] ZHANG Tingwei. تطبيقات نظرية التعقيد والذكاء الاصطناعي في التخطيط [J]. Urban Planning Forum, 2017(6): 9-15.

[5] HONG Q Y. تطور أنظمة دعم التخطيط: مراجعة منهجية للأدبيات الصينية [J]. Transactions in Urban Data, Science, and Technology, 2024, 3(1-2): 27541231241251409.

[6] GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, et al. بناء نموذج نظري للتصميم الحضري بمساعدة المحتوى المولّد بالذكاء الاصطناعي [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18.

[7] BUBECK S, CHANDRASEKARAN V, ELDAN R, et al. شرارات الذكاء الاصطناعي العام: تجارب مبكرة باستخدام GPT-4 [J]. arXiv preprint arXiv:2303.12712, 2023.

[8] YANG Z, LI L, LIN K, et al. فجر النماذج متعددة الوسائط الكبيرة: استكشافات أولية باستخدام GPT-4V(ision) [J]. arXiv preprint arXiv:2309.17421, 2023, 9(1): 1.

[9] LI N, GAO C, LI Y, et al. وكلاء مدعومون بالنماذج اللغوية الكبيرة لمحاكاة الأنشطة الاقتصادية الكلية [J]. arXiv preprint arXiv:2310.10436, 2023.

[10] GAO C, LAN X, LU Z, et al. نظام لمحاكاة الشبكات الاجتماعية باستخدام وكلاء مدعومين بالنماذج اللغوية الكبيرة [J]. arXiv preprint arXiv:2307.14984, 2023.

[11] PARK J S, O'BRIEN J, CAI C J, et al. الوكلاء التوليديون: محاكيات تفاعلية للسلوك البشري [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. دمج التحليل الحضري والتصميم التوليدي والتحسين التطوري لحل مسائل التصميم الحضري [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: تمكين الجيل التالي من تطبيقات النماذج اللغوية الكبيرة عبر إطار محادثة متعدد الوكلاء [J]. arXiv preprint arXiv:2308.08155, 2023.

[14] ZHANG J, XU X, DENG S. استكشاف آليات التعاون بين وكلاء النماذج اللغوية الكبيرة: منظور من علم النفس الاجتماعي [J]. arXiv preprint arXiv:2310.02124, 2023.

[15] XIAO Z, ZHANG D, WU Y, et al. سلسلة الخبراء: عندما تلتقي النماذج اللغوية الكبيرة بمسائل بحوث العمليات المعقدة [C]// The Twelfth International Conference on Learning Representations, 2023.

[16] HONG S, ZHENG X, CHEN J, et al. MetaGPT: البرمجة الفوقية لإطار تعاوني متعدد الوكلاء [J]. arXiv preprint arXiv:2308.00352, 2023.

[17] ZHOU Z, LIN Y, JIN D, et al. نموذج لغوي كبير للتخطيط الحضري التشاركي [J]. arXiv preprint arXiv:2402.17161, 2024.

[18] YANG Tianren, JIN Ying, FANG Zhou. : قرارات التخطيط والتصميم الحضري والريفي في سياق البيانات متعددة المصادر تطبيقات نماذج النظم الحضرية والذكاء الاصطناعي [J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 1-6.

[19] FU X, LI C, ZHAI W. استخدام معالجة اللغة الطبيعية لقراءة الخطط: دراسة 78 خطة للمرونة من شبكة 100 مدينة مرنة [J]. Journal of the American Planning Association, 2023, 89(1): 107-119.

[20] ZHU H, ZHANG W, HUANG N, et al. PlanGPT: تعزيز التخطيط الحضري بنموذج لغوي مخصص واسترجاع كفؤ [J]. arXiv preprint arXiv:2402.19273, 2024.

[21] NING Y, LIU H. UrbanKGent: إطار موحد لوكيل نموذج لغوي كبير لبناء الرسم البياني للمعرفة الحضرية [J]. arXiv preprint arXiv:2402.06861, 2024.

[22] LI Z, XIA L, TANG J, et al. UrbanGPT: نماذج لغوية كبيرة مكانية-زمانية [J]. arXiv preprint arXiv:2403.00813, 2024.

[23] YANG Hui, WANG Yang. « مشكلات قديمة «و»أسئلة جديدة: «تعليم التخطيط الحضري والريفي في ظل نظام التخطيط المكاني الإقليمي [J]. Planners, 2020, 36(7): 16-21.

[24] PENG Lijun, XIANG Mingming, YU Minghong. إصلاح تعليم استوديو التصميم الحضري الموجّه نحو الممارسة [J]. Education Teaching Forum, 2020(37): 168-169.

[25] LIU Dan, XIONG Ying. استكشاف تعليم التخطيط وممارسته في ظل نظام التخطيط المكاني الإقليمي [J]. Anhui Architecture, 2021, 28(12): 96-97.

[26] NIU Xinyi, LIN Shijia, SANG Tian, et al. تقنية التخطيط الرقمي: البيانات والمعرفة [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 18-24.

[27] WU Zhiqiang, WANG Jian, LI Deren, et al. مناقشة أكاديمية: في خضم ازدهار المدن الذكية «هادئة» تأملات [J]. Urban and Rural Planning Forum, 2022(2): 1-11.

تاريخ المراجعة: أغسطس 2024

ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي