التعلم المتخصص للنماذج الكبيرة: بناء نموذج لتوليد الصور يدمج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري

NIU Xinyi, LIU Sihan, SANG Tian, GU Ruixing, WU Xuefei, WANG Jiang

ملخص: تكمن الصعوبة الأساسية في بناء نموذج كبير متخصص انطلاقا من نموذج كبير عام في كيفية إدماج معرفة المجال المهني في النموذج العام. ويتضمن تصميم الشكل المكاني الحضري قدرا كبيرا من المعرفة الضمنية، كما أن الطبيعة السياسية العامة للتخطيط الحضري تفرض نقل هذه المعرفة إلى الجمهور بكفاءة. وبالاستفادة من القدرة الخاصة للنماذج الكبيرة على تعلم المعرفة الضمنية ونقلها، يقترح هذا البحث إطارا تقنيا لإدماج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري في نموذج عام لتوليد الصور عبر التعلم المتخصص للنماذج الكبيرة. وينطلق الإطار من توجيهات التصميم بوصفها النواة، فينظم المعرفة الضمنية والصريحة في تصميم الشكل المكاني، ويوجه التعلم المتخصص للنموذج، ثم يحقق، عبر الضبط الدقيق للنموذج الكبير، إدماج هذه المعرفة في نموذج توليد الصور العام. وباتخاذ تجديد الفضاءات العامة المجتمعية حالة تطبيقية، يبني البحث نموذجا كبيرا متخصصا مدمجا بمعرفة تصميم الشكل المكاني الحضري. وتبين الحالة أن النموذج المتخصص يؤدي دورا محوريا في نقل المعرفة الضمنية بكفاءة، ويرفع كفاءة التواصل في تجديد المجتمعات، ويدعم التصميم التشاركي بفاعلية.

الكلمات المفتاحية: نموذج كبير متخصص للتخطيط؛ معرفة تصميم الشكل المكاني؛ المعرفة الضمنية؛ نموذج توليد الصور؛ الضبط الدقيق للنماذج الكبيرة؛ تجديد الفضاءات العامة المجتمعية

تصنيف المكتبة الصينية: TU984؛ رمز الوثيقة: A

DOI: 10.16361/j.upf.202501008؛ رقم المقال: 09-0055-01(2025)1000-3363

نبذة عن المؤلفين: Xinyi NIU، أستاذ ومشرف دكتوراه في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي، والمختبر الرئيسي لتقنيات التخطيط الذكي للفضاء الإقليمي التابع لوزارة الموارد الطبيعية، البريد الإلكتروني: niuxinyi@tongji.edu.cn؛ LIU Sihan، طالب دكتوراه في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي؛ Tian SANG، طالب ماجستير في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي؛ Ruixing GU، طالب ماجستير في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي؛ WU Xuefei، طالبة ماجستير في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي؛ Jiang WANG، طالب ماجستير في كلية العمارة والتخطيط الحضري بجامعة تونغجي.

التمويل: مشروع من البرنامج الوطني الرئيسي للبحث والتطوير «التقنيات المحورية لتقييم الكفاءة الشاملة وتنظيمها في سيناريوهات متعددة للفضاء الإقليمي» (رقم المشروع: 2022YFC3800804).

مع تطور الذكاء الاصطناعي التوليدي (GenAI)، أصبحت النماذج الكبيرة (Large Models) قادرة على التعلم من كميات هائلة من البيانات اللغوية والبصرية والصوتية وغيرها، وعلى توليد محتوى جديد. وقد أظهرت قدرات قوية في معالجة اللغة الطبيعية والرؤية الحاسوبية، وتدخل بسرعة إلى مختلف التخصصات[1]. كما أثار ظهور نماذج كبيرة عامة متعددة اهتماما واسعا في مجال التخطيط[2]. وتعد نماذج توليد الصور اليوم فئة مهمة من النماذج الكبيرة؛ إذ يمكن توجيه نماذج توليد الصور العامة الحالية بإرشادات نصية مثل prompt لتوليد الصور، وقد وجدت تطبيقات مباشرة في الفنون التطبيقية، والتصميم الجرافيكي، والقصص المصورة، وكتب الرسوم وغيرها من قطاعات التصميم.

يمثل بناء النماذج الكبيرة المتخصصة موضوعا تستكشفه تخصصات عديدة. فالتطبيقات المهنية تنطوي على متطلبات مهام محددة، وتوزيعات بيانات خاصة، ومعايير تقييم مميزة، ولذلك لا يستطيع الاستخدام المباشر للنموذج الكبير العام تلبية هذه المتطلبات. فمن جهة، يتطلب تدريب النماذج الكبيرة كميات ضخمة من البيانات وموارد الحوسبة، مما يفضي إلى كلفة عالية جدا. ومن جهة أخرى، يحمل النموذج الكبير العام نفسه معنى «النموذج الأساسي»، إذ يكتسب النموذج المعتمد على التعلم الذاتي الإشراف معرفة عامة في مرحلة ما قبل التدريب، الأمر الذي يوفر أساسا للتطبيقات المتخصصة. لذلك تتمثل الطريقة الشائعة حاليا في بناء النموذج الكبير المتخصص على أساس النموذج الكبير العام. وقد اكتسبت نماذج توليد الصور العامة بالفعل معارف واسعة في توليد الصور من خلال التدريب المسبق واسع النطاق، فلا حاجة إلى إعادة بناء نموذج صور متخصص من مرحلة ما قبل التدريب. وقد ظهرت بالفعل محاولات لبناء نماذج متخصصة على أساس نماذج توليد الصور العامة؛ ففي التصميم المعماري، بدأ استكشاف استخدام التدريب المتخصص لتوظيف نماذج توليد الصور في توليد مقترحات التصميم والصور التصويرية[3-4].

كما أن بناء نماذج كبيرة متخصصة للتخطيط بات حاجة راهنة في هذا التخصص. فالذكاء الاصطناعي يهدف إلى تمكين الآلات من اكتساب المعرفة البشرية بغرض محاكاة السلوك البشري. وبما أن النماذج الكبيرة العامة لم تُدرَّب على المعرفة المهنية للتخطيط الحضري، فإن النموذج الكبير المتخصص في التخطيط يحتاج كذلك إلى أن يُبنى فوق نموذج عام. وإذا أخذنا نموذج توليد الصور مثالا، فإنه يستطيع فهم صور توليدها ضمن موضوعات وأنماط واسعة، تشمل المناظر الطبيعية، وصور الأشخاص، والفنون والثقافة، بل وحتى المدينة والعمارة، لكنه لا يزال يفتقر إلى المعرفة المهنية في التخطيط الحضري. وعندما يُستخدم نموذج توليد الصور العام مباشرة في تصميم الشكل المكاني الحضري، فإنه إما لا يفهم المصطلحات المهنية التخطيطية فلا يولد الصورة المقصودة، أو يولد

صورا لفضاءات حضرية شديدة الشذوذ. والسبب الجوهري أن النموذج العام لا يمتلك بعد معرفة التخطيط الحضري. ومن ثم فإن التحدي الحاسم في بناء نموذج كبير متخصص للتخطيط هو كيفية إدماج معرفة التخطيط المهنية في النموذج العام.

تعد معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري مكونا مهما من المعرفة المهنية للتخطيط الحضري، وهي معرفة مهنية خاصة بهذا التخصص. وينطلق هذا البحث من هدف دراسة المسار التقني لبناء نموذج متخصص للتخطيط، وذلك عبر تنظيم نظام معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري، واستكشاف سبيل إدماج هذه المعرفة في نموذج عام لتوليد الصور من خلال التعلم المتخصص، ثم اتخاذ تطبيق تجديد الفضاءات العامة المجتمعية مثالا لبناء نموذج كبير متخصص لهذا التجديد على أساس نموذج توليد صور عام.

1 معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري والنماذج الكبيرة

1.1 المعرفة الصريحة والمعرفة الضمنية والنماذج الكبيرة

يتطلب إدماج المعرفة المهنية في تصميم الشكل المكاني الحضري داخل النماذج الكبيرة أولا فهما واضحا لهذه المعرفة. وفي إدارة المعرفة ضمن علوم الإدارة، تُقسم المعرفة بحسب إمكان التعبير عنها بوضوح ونقلها بفاعلية إلى معرفة صريحة (explicit knowledge) ومعرفة ضمنية (tacit knowledge)[5]. ويمثل هذان النوعان جزأين مختلفين من منظومة المعرفة الإنسانية.

المعرفة الصريحة معرفة عقلانية مجردة، تركز على الوضوح والنسقية. ويمكن التعبير عنها بصورة كاملة عبر منظومة رمزية معينة، مثل اللغة، والصيغ الرياضية، والرسوم البيانية[6]. وتعد النظريات الرياضية مثالا نموذجيا على المعرفة الصريحة؛ فصيغة نظرية فيثاغورس ($a^2 + b^2 = c^2$) واضحة، ويسهل نقلها وتعلمها عبر الكتب الدراسية وغيرها. وبمجرد فهم هذه الصيغة، يمكن استخدامها لحل مسائل المثلثات القائمة.

أما المعرفة الضمنية فهي معرفة خبرية قائمة على المشاركة المباشرة، وتعتمد أساسا على التجربة الفردية. ولا يمكن التعبير عنها كاملا بمنظومة رمزية واضحة[6]. وتمثل مهارات الإبداع الفني لدى الفنانين نموذجا للمعرفة الضمنية. فعلى الرغم من أن الفنان قد يشارك مهارات الرسم الأساسية، فإن القدرة الإبداعية والإلهام الفنيين الحقيقيين غالبا ما ينبعان من سنوات طويلة من الممارسة وتراكم الخبرة. وهذه الخبرات والأحاسيس يصعب نقلها باللغة، لكنها تشكل مفتاح فرادة العمل الفني.

ظلت تقنيات الذكاء الاصطناعي التقليدية عاجزة إلى حد كبير عن التعامل مع المعرفة الضمنية[7]، إلى أن أحدث ظهور النماذج الكبيرة تحولا في هذا الوضع. فهذه النماذج تُدرَّب على كميات هائلة من بيانات الإنترنت غير الموسومة، ويحاكي تدريبها بيئة التعلم والتواصل لدى البشر داخل الجماعات، مما يتيح لها تعلم المعرفة الصريحة والمعرفة الضمنية معا. فاللغة الطبيعية، على سبيل المثال، تحتوي على كم كبير من المعرفة الضمنية؛ وقد تعلمت النماذج اللغوية الكبيرة، عبر التدريب المسبق، قدرا واسعا من المعرفة اللغوية وأتقنت ما يتضمنه من معرفة ضمنية[8]. كما أن قدرة نماذج توليد الصور العامة على الاستخدام في الرسم والإبداع الفني تبين أن النماذج الكبيرة يمكنها أيضا، عبر التدريب المسبق الكثيف، أن تكتسب المعرفة الضمنية الكامنة في الرسم.

1.2 المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني الحضري

تتضمن منظومة معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري كلا من المعرفة الصريحة والمعرفة الضمنية. فبعض معارف الشكل المكاني الحضري يمكن التعبير عنها بصيغ واضحة، مثل نسبة عرض الشارع إلى ارتفاع المباني على جانبيه، أي نسبة انغلاق الشارع (D/H). غير أن الجزء الأكبر من معرفة تصميم الشكل المكاني ينبع من الخبرة ويصعب التعبير عنه أو تدوينه بدقة. فعلى سبيل المثال، يستطيع المخطط المتمرس، أمام توجيه مثل «حيوية الشارع»، أن يصمم فضاء شارع حضريا متوافقا مع هذا التوجيه، لكنه يجد صعوبة في وصف هذه المعرفة بعبارات أو صيغ محددة. وفي تصميم الشكل المكاني الحضري معارف ضمنية كثيرة مشابهة لـ«حيوية الشارع»، تعتمد على سنوات الخبرة المهنية لدى المخططين.

تضم المعرفة المهنية في التخطيط الحضري قدرا كبيرا من المعرفة الضمنية، ولا سيما في تصميم الشكل المكاني الحضري حيث تحتل هذه المعرفة موقعا غالبا. وهذا هو السبب في صعوبة استخراج معرفة تصميم الشكل المكاني والتعبير عنها نسقيا عبر النصوص، أو القواعد الثابتة، أو الصيغ[9]. فالمخطط، عند تعلمه معرفة التصميم، يحتاج إلى قدر كبير من الملاحظة والمحاكاة حتى يدرك ما فيها من معرفة ضمنية. وعلى الرغم من أن دراسات عديدة ظلت تستكشف طرائق كمية لتحليل الشكل المكاني الحضري، مثل تحليل خصائص الشكل[10] والنحو المكاني[11]، فإنها في جوهرها تسعى إلى تحويل المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني الحضري إلى معرفة صريحة. غير أنه لا يزال من المتعذر حتى اليوم تحويل جميع معارف تصميم الشكل المكاني إلى معرفة صريحة.

1.3 ضرورة نقل المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني الحضري

ما يزال التعبير عن المعرفة الضمنية ونقلها من أصعب مسائل تبادل المعرفة. ونظرا إلى أنها صيغة غير لغوية للتعبير، فإن خلفية المشاركين المعرفية، وقدرتهم على التواصل والتعبير، وقدرتهم على الفهم، كلها تؤثر في تبادل هذه المعرفة[6]. وعلى الرغم من صعوبة التعبير عنها ونقلها بوضوح، فإن المعرفة الضمنية في التخطيط الحضري يجب أن تنتشر وتنقل على نطاق واسع، وهو أمر تحدده خصائص تخصص التخطيط ذاته.

أولا، تفرض الطبيعة العامة للسياسات أن نقل معرفة التخطيط المهنية ومعلوماته لا يمكن أن يقتصر على المخططين المتخصصين، بل يجب أن تُنقل المعرفة الضمنية في هذا التخصص إلى غير المتخصصين. وكذلك ينبغي نقل المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني إلى الجمهور العادي والتواصل حولها. وعلى وجه الخصوص، تتطلب عملية التخطيط عبر كامل الدورة تواصلا كفؤا بين السكان والمخططين وصناع القرار، وهو ما يجعل التصميم التشاركي في حاجة ملحة إلى نقل المعرفة الضمنية. فإذا أمكن ترجمة عبارات غامضة مثل «تصميم صديق للمسنين» و«تنشيط حيوية الشارع» إلى صور ولغة ميسرة، فإن نقاش استراتيجيات التخطيط سيصبح أكثر كفاءة. ثانيا، يحتل تعليم المعرفة الضمنية جزءا مهما من تعليم التخطيط والتصميم. فـ«استوديو التصميم» في تعليم التخطيط هو في جوهره تدريس ونقل للمعرفة الضمنية. وتعابير مثل «مقياس مريح» و«إحساس بالضغط المكاني» هي أوصاف نموذجية للفضاء الحضري تنقل معرفة ضمنية؛ وإذا أمكن تحويلها بسرعة إلى تمثيلات رسومية وبصرية مفهومة، فستتحسن كفاءة نقل المعرفة بدرجة كبيرة.

أظهرت النماذج الكبيرة بالفعل قدرة فريدة على تعلم المعرفة الضمنية وإتقانها. ومن ثم فإن نشر المعرفة الضمنية في التخطيط ونقلها يحتاجان بإلحاح إلى النماذج الكبيرة، وهو مطلب خاص بالتخصص. فالكم الذي يتضمنه تصميم الشكل المكاني الحضري من المعرفة الضمنية يفوق بكثير ما يمكن نقله عبر الصيغ بوصفه معرفة صريحة. وقد استكشفت بعض الدراسات استخدام نماذج توليد الصور في تعليم تصميم الشكل المكاني الحضري[12]، وهذه المعارف الضمنية بالذات هي المجالات التي تستطيع فيها النماذج الكبيرة أن تؤدي دورا مهما.

2 مسارات التعلم المتخصص لنماذج توليد الصور

2.1 تعلم المعرفة العامة ومعرفة المجال في نماذج توليد الصور

تقسم المعرفة التي تتعلمها النماذج الكبيرة عادة إلى فئتين: المعرفة العامة (GK) knowledge, (general، ومعرفة المجال (DK)[13-14] knowledge, (domain. وتُدخل المعرفة العامة إلى نموذج توليد الصور عبر التدريب المسبق. وتعد نماذج الانتشار (diffusion) (model حاليا التقنية السائدة في توليد الصور[15]. وبفضل تحقيق الربط العابر للوسائط بين النص والصورة، تستطيع نماذج الانتشار فهم العلاقة بين الصور والنصوص، مشكلة نماذج توليد صور قادرة على توليد الصور من النصوص[16]. وفي جوهر الأمر، فإن توليد النص إلى صورة في نموذج توليد الصور العام هو عملية تعبير عن المعرفة العامة.

أما معرفة المجال فينبغي إدخالها إلى نموذج توليد الصور العام عبر التعلم المتخصص. ويعد الضبط الدقيق (fine-tuning) مسارا واسعا الاستخدام للتعلم المتخصص في نماذج توليد الصور، إذ يتيح، مع الحفاظ على بنية النموذج دون تغيير، تكييفه مع مهام وبيانات جديدة عبر تعديل عدد محدود من المعلمات[17]. ويمكن لتقنيات الضبط المختلفة أن تلائم أنواعا مختلفة من معرفة المجال المهنية، بحسب درجة إدماج هذه المعرفة ودرجة تخصصها.

في الدراسات القائمة، يأخذ التعلم المتخصص للنماذج الكبيرة عبر الضبط الدقيق نمطين. يتمثل النمط الأول في تفعيل المعرفة العامة التي يمتلكها النموذج نفسه بطريقة جديدة، بما يجعله قادرا على أداء مهام «عامة» داخل المجال المهني، ويقابله عادة تقنيات مثل هندسة الإرشادات (prompt engineering). ومن أمثلته جعل النموذج الكبير يؤدي أدوارا مختلفة في المشاركة العامة لتحسين كفاءة القرار التخطيطي[18]؛ أو بناء هندسة إرشادات تقوم على تصنيف حضري، فتربط الوظائف الحضرية المجردة بعناصر بصرية حضرية ملموسة، ومن ثم تستخرج الوظائف الحضرية من صور الشوارع[19]. فتمثيل أدوار الجمهور والمطابقة النصية-الصورية للعناصر البصرية الحضرية كلها معارف عامة يتقنها النموذج مسبقا. أما النمط الثاني فيتمثل في جعل النموذج الكبير يستكمل تعلم معرفة أكثر نسقية في المجال المهني، ليغدو قادرا على أداء مهام «خبيرة» فيه؛ ويقابله عادة تقنيات مثل التكيف منخفض الرتبة (low-rank adaptation, LoRA) والتوليد المعزز بالاسترجاع (retrieval augmented generation, RAG). ومن أمثلته استخدام نموذج كبير مضبوط للتنبؤ بالسلاسل الزمنية المالية والاستدلال المالي[20]. فالتعلم المتخصص إذن سبيل فعال لإدماج معرفة مجال مهني محدد في نموذج كبير عام.

2.2 معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري وطريقة التعلم المتخصص لنموذج توليد الصور

ينبغي لطريقة التعلم المتخصص أن تستجيب لخصائص معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري، وأن تواجه التحديات التي تطرحها المعرفة الضمنية[21]. ويمكن تقسيم منظومة هذه المعرفة إلى فئتين: معرفة تصميم الشكل المكاني، ومعرفة التعبير المكاني. فالبنية الداخلية للشكل المكاني الحضري تتكون من عناصر مكانية وعلاقاتها[22]. وفي التخطيط والتصميم، تُستخدم معرفة تصميم الشكل المكاني لتركيب العناصر المكانية في علاقات مختلفة لتشكيلمقترح التخطيط والتصميم؛ وتُستخدم معرفة التعبير المكاني لتحويلمقترح التخطيط والتصميم إلى رسوم وصور تخطيطية. ومعرفة تصميم الشكل المكاني الحضري معرفة مجال نموذجية، ولا يمكن للنموذج الكبير العام لتوليد الصور أن يتعلمها إلا عبر التعلم المتخصص.

إذا أخذنا نموذج توليد الصور المفتوح Diffusion Stable① مثالا، فإن LoRA وControlNet هما تقنيتان تمثيليتان من تقنيات الضبط الدقيق. تستطيع تقنية LoRA، عبر قدر محدود من التدريب المتخصص، أن تنشط الصلة بين المعرفة العامة والمعرفة المهنية

وأن تدمج معرفة جديدة[23]، ولذلك تلائم التعلم المتخصص لمعرفة تصميم الشكل المكاني. أما ControlNet فيتيح للمستخدم استخدام صورة أو خريطة سمات صورة شرطا للتحكم في بنية أو نمط محددين في الصورة المولدة[24]، ولذلك يلائم التعلم المتخصص لمعرفة التعبير المكاني.

توفر طرائق الضبط الدقيق القائمة في نماذج توليد الصور أساسا تقنيا لإدماج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري في النماذج الكبيرة، غير أن الأمر لا يزال يتطلب بناء إطار تقني للمطابقة بينهما. وفيما يلي، يتخذ البحث تجديد الفضاءات العامة المجتمعية حالة تطبيقية لبناء إطار تقني يدمج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري في نموذج توليد صور عام، ويحقق التعلم المتخصص للنموذج الكبير العام.

3 حالة عملية للتعلم المتخصص للنموذج الكبير: نموذج تجديد الفضاءات العامة المجتمعية

3.1 الإطار التقني

يعد تجديد الفضاءات العامة المجتمعية القائمة مكونا مهما في التجديد الحضري الراهن[25-26]. وتشجع ممارسات التجديد المجتمعي حاليا تبني التصميم التشاركي، وتؤكد المشاركة الواسعة للسكان في مراحل التواصل حول رغبات التجديد، وتدقيق موضوعات التجديد، والمقارنة بين اتجاهات التجديد[27]. والطريقة المعتادة هي أن يتواصل المخططون مع السكان بواسطة رسوم مهنية، مثل المخططات الأفقية والمقاطع والصور التصويرية. غير أن قراءة هذه الرسوم وفهمها ينطويان على عتبة معرفية، مما يخلق عوائق في الفهم والتواصل بين المخططين والسكان. فالسكان غالبا لا يمتلكون معرفة مهنية بالتخطيط، وقد يصعب عليهم فهم مصطلحات مثل توجيهات التصميم، كما يكون إدراكهم لعناصر التصميم غير كاف، ولا يستطيعون أثناء التواصل مع المخططين بناء تصور مشترك بين الأثر المقصود والأثر الفعلي[28]. لذلك يمثل التصميم التشاركي في التجديد المجتمعي حالة نموذجية تستدعي نقل المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني وتبادلها.

يبني هذا البحث، على أساس نموذج كبير عام، نموذج تجديد الفضاءات العامة المجتمعية CommunityGenAI، ليكون داعما للتصميم التشاركي في التجديد المجتمعي. ويتمثل الهدف في إدخال عدد من الإرشادات «المهنية» بحيث يعيد النموذج رسم أجزاء من صور الفضاءات العامة المجتمعية، ويولد بذكاء مشاهد ما بعد التجديد. أولا، ومن خلال تنظيم معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري، يطابق البحث المعرفة المهنية مع تقنيات الضبط الدقيق للنماذج الكبيرة، ويقترح إطارا تقنيا لنموذج توليد الصور المدمج بتصميم الشكل المكاني الحضري. وفي هذا الإطار، تُعامل منظومة المعرفة المهنية لتصميم الشكل المكاني الحضري بوصفها معرفة مجال، وتقسم إلى معرفتين كبيرتين: معرفة تصميم الشكل المكاني، ومعرفة التعبير المكاني. وتغلب المعرفة الضمنية على معرفة تصميم الشكل المكاني، فتُعبر عنها بخريطة معرفة تتمحور حول توجيهات التصميم، وتوجه بناء مجموعة التدريب بحيث تتضمن معرفة صريحة وضمنية كاملة، ثم يتحقق «التعلم المتخصص» عبر تدريب LoRA بالضبط الدقيق. أما معرفة التعبير المكاني فهي معرفة صريحة، ويتحقق «تعلمها المتخصص» عبر التحكم الشرطي بالصور في ControlNet لتوجيه توليد الصور (الشكل .(1 ويحقق هذا الإطار التقني اندماج معرفة المجال والمعرفة العامة.

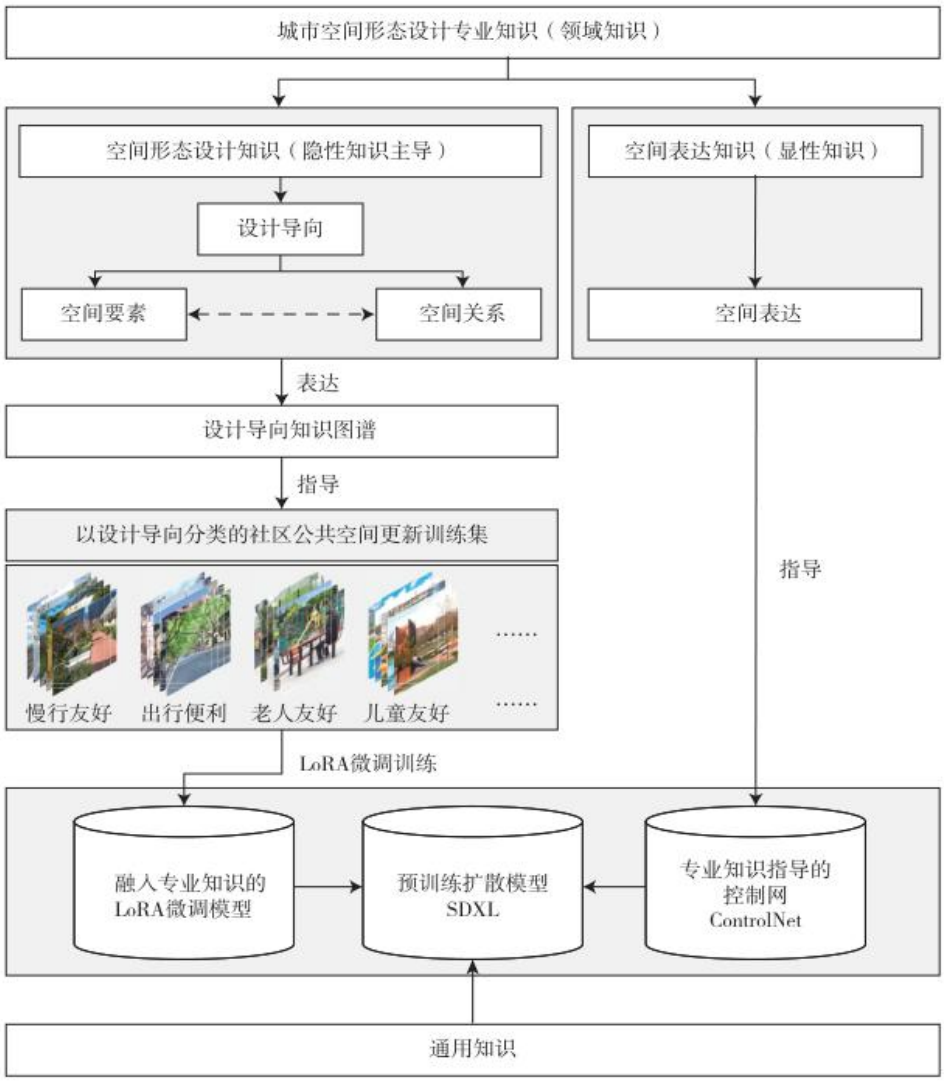


图 1　技术框架
Fig.1　Technical framework

الشكل 1 الإطار التقني

3.2 خريطة معرفة تصميم الشكل المكاني

يتضمن تجديد الفضاءات العامة المجتمعية قدرا كبيرا من المعرفة الضمنية. ويمكن لقواعد البيانات الرسومية، مثل الشبكات الدلالية وخرائط المعرفة، أن تعبر عن المعرفة الضمنية بوضوح أكبر[29]. وعلى أساس الشبكات الدلالية طرحت شركة Google مفهوم خريطة المعرفة (knowledge graph)[30]. وتنظم خريطة المعرفة المفاهيم والأشياء وروابطها الدلالية في صورة رسم بياني موجه، وهي شبكة دلالية قابلة للفهم والاستخدام الحاسوبي؛ تمثل العقد فيها الكيانات، وتمثل الحواف العلاقات الدلالية بين الكيانات[31]. وقد أمكن استخدام خرائط المعرفة في تحليل العناصر المكانية والعلاقات المكانية في الشكل المكاني الحضري,22] [32. لذلك يعتمد هذا البحث شكل خريطة المعرفة لتنظيم معرفة تصميم الشكل المكاني والتعبير عنها.

يقسم البحث معرفة تصميم الشكل المكاني في تجديد الفضاءات العامة المجتمعية إلى ثلاث فئات: توجيهات التصميم، والعناصر المكانية، والعلاقات المكانية. تعبر توجيهات التصميم عن أهداف التجديد، أما العناصر المكانية فتشير إلى المباني والطرق ومرافق اللياقة والغطاء النباتي وغيرها. وتعبر العلاقات المكانية عن العلاقات بين العناصر، مثل علاقات التجاور والاحتواء والمقياس المكاني؛ فالموقع قد يحتوي على عدة مرافق لياقة، وقد تكون هذه المرافق مجاورة للطريق، وقد تقاس نسبتها إلى الجسم البشري. وتنظم العناصر والعلاقات المكانية، في ظل توجيه تصميمي، لتشكيل الفضاء العام المجتمعي. فعلى سبيل المثال، يقوم توجيه «الصداقة مع المسنين»

على تنظيم تصميم الفضاء العام حول احتياجات المسنين، ويتجسد في توفير مرافق وخدمات موجهة، ورصف ملائم، وأجهزة للراحة والترفيه، بغرض تيسير استخدامه من قبل المسنين. أما توجيه «الرياضة والاستراحة» فيدعو إلى اللياقة للجميع، وينظم الفضاء العام حول الصحة الرياضية بإضافة مرافق وملاعب نشاط تيسر ممارسة الرياضة لجميع السكان.

تنتمي العناصر المكانية وخصائصها إلى المعرفة الصريحة، ويمكن وصفها بوضوح بالكلمات. أما توجيهات التصميم والعلاقات المكانية فتنتمي إلى معرفة ضمنية نموذجية يصعب التعبير عنها بدقة. وتتيح خرائط المعرفة تنظيم هذه المعرفة المتعلقة بالشكل المكاني الحضري وإدارتها بفاعلية[33]. ويعرض الشكل 2 جزءا من خريطة المعرفة في ظل توجيه «الصداقة مع الأطفال». وفي هذه الخريطة، تمثل العقد العناصر المكانية، وتمثل الحواف العلاقات المكانية. والهدف من هذا التعبير بالخريطة هو تمكين النموذج من تعلم معرفة تصميم الشكل المكاني المضمنة في الصور تعلما موجها.

3.3 التعلم المتخصص لمعرفة تصميم الشكل المكاني

يتخذ البحث توجيه التصميم نواة له، وينظم معرفة تصميم الشكل المكاني في التجديد المجتمعي في صورة خريطة معرفة. وتوجه هذه الخريطة اختيار صور التدريب، ثم يدمج ضبط LoRA في نموذج توليد الصور المعرفة الصريحة والضمنية لتصميم الشكل المكاني. وفي نموذج CommunityGenAI، تحدد ثمانية توجيهات تصميمية لتكوين عناصر مكانية مختلفة: سهولة التنقل، والمشي البطيء الميسر، والفن والإبداع الثقافي، والرياضة والاستراحة، والمسنون، والأطفال، والأجواء التجارية، والإيكولوجيا الطبيعية.

في ظل إرشاد خريطة معرفة توجيهات التصميم، يهدف التعلم المتخصص إلى جعل النموذج الكبير يفهم توجيه التصميم وما يتضمنه من معرفة بالعناصر والعلاقات المكانية. ففي حالة تجديد ساحة نشاط مجتمعية وفق توجيه «الأطفال»، تعد الأطفال، ومرافق اللعب، والمضامير المطاطية، ومرافق الحماية معرفة صريحة؛ أما تركيبها الذي يحيل إلى توجيه «الصداقة مع الأطفال» فهو معرفة ضمنية (الشكل .(2 ويقود اختيار صور التدريب بناء على خريطة المعرفة النموذج الكبير إلى إقامة علاقة بين العناصر المكانية الملموسة وتوجيه «الأطفال»، بما يدمج في النموذج المعرفة الضمنية لهذا التوجيه.

تحتوي صور التدريب المختارة وفقا لخريطة المعرفة أيضا على معرفة ضمنية تتعلق بالعلاقات المكانية. فالنموذج يستطيع تعلم علاقات الاحتواء والتجاور والمقياس، مثل «تقع مرافق اللعب داخل أرضية بلاستيكية» أو «تجاور مرافق الحماية الأرضية البلاستيكية» (الشكل .(2 وتُنقل هذه المعرفة الضمنية بالعلاقات المكانية إلى النموذج الكبير عبر مجموعة التدريب، محققة إدماج العلاقات المكانية الضمنية في ظل توجيه «الأطفال».

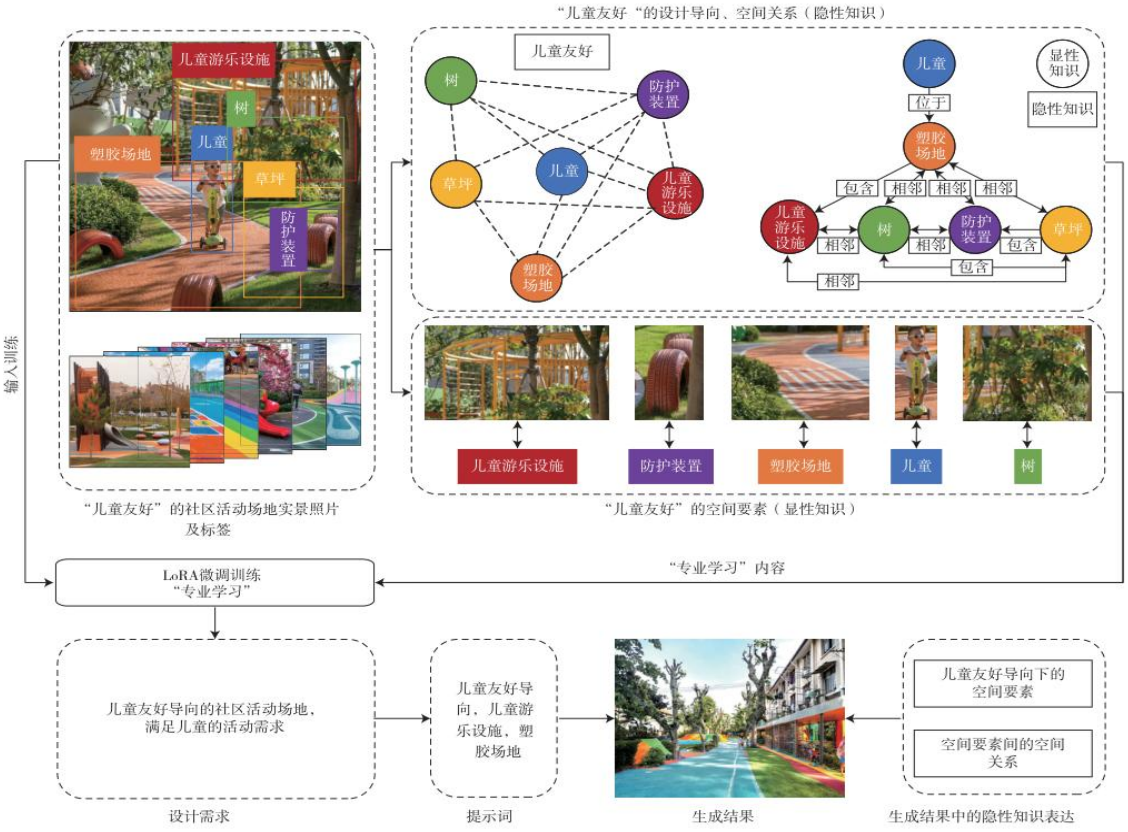


图2 空间形态设计知识“专业学习”和表达的路径
Fig.2 Pathway of "domain-specific learning" and expression of spatial form design knowledge

الشكل 2 مسار «التعلم المتخصص» وتمثيل معرفة تصميم الشكل المكاني

3.4 التعلم المتخصص لمعرفة التعبير المكاني

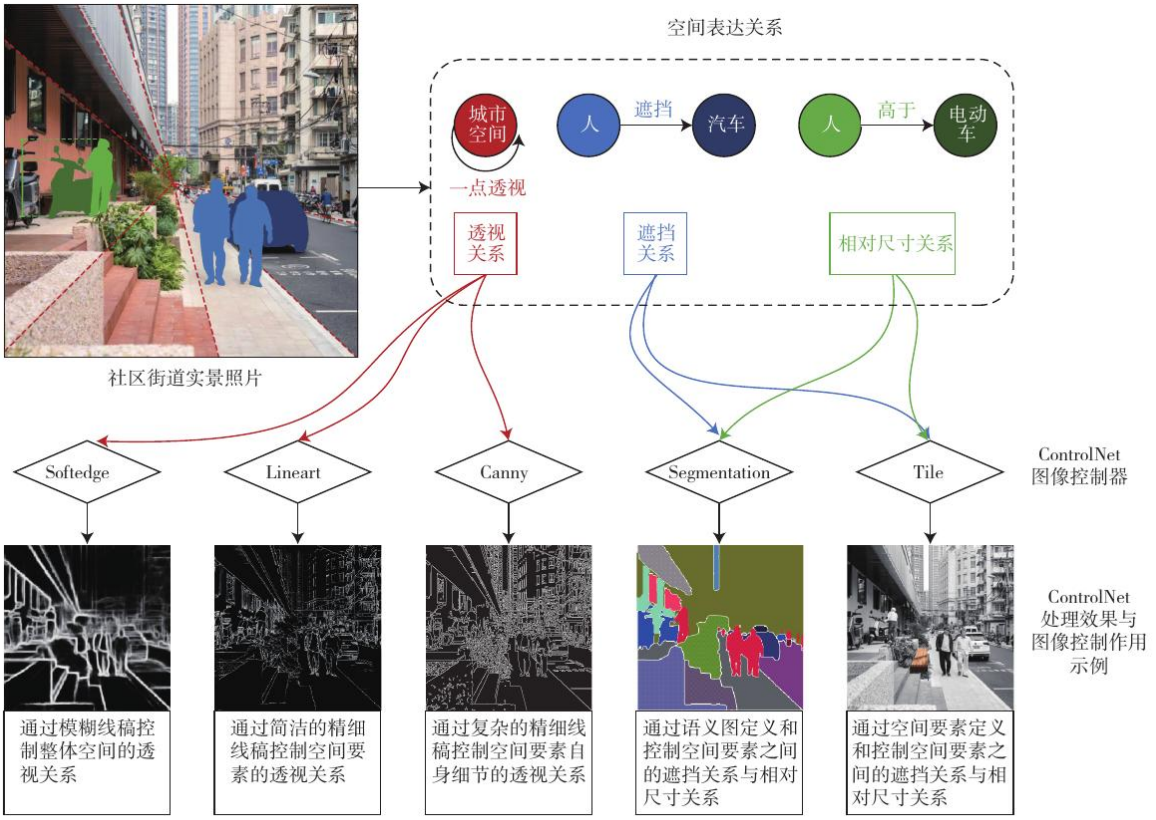
يتعلق تصميم الشكل المكاني الحضري بفضاء حضري ثلاثي الأبعاد، لكنه يحتاج إلى التعبير عنه برسوم ثنائية الأبعاد. ويعد التعبير الثنائي الأبعاد عن الفضاء الثلاثي الأبعاد معرفة مهمة في التصميم. لذلك يحتاج المخططون إلى تعلم الهندسة الوصفية وغيرها من المقررات المهنية، أي اكتساب معرفة التعبير المكاني التي تحول الفضاء الثلاثي الأبعاد إلى صورة ثنائية الأبعاد. وهذه المعرفة في التعبير معرفة صريحة يمكن صياغتها بطرائق هندسية وصيغ واضحة.

إن التعبير عن آثار تجديد الفضاءات العامة المجتمعية بواسطة نموذج توليد الصور يعني تنفيذ إعادة رسم ذكية موضعية للصورة. وينبغي لهذه الإعادة أن تحافظ على اتساق التعبير المكاني الكلي، الأمر الذي يتطلب تعلما متخصصا لمعرفة التعبير المكاني من أجل ضمان التعبير الصحيح عن المشهد بعد التجديد.

تصنف معرفة التعبير المكاني هنا إلى علاقات المنظور، والحجب، والحجم النسبي. أولا، في مثال الشارع المجتمعي، تعبر الصورة الواقعية في الشكل 3 عن منظور ذي نقطة تلاشي واحدة. وثانيا، عند إسقاط العناصر الثلاثية الأبعاد على مستوى ثنائي الأبعاد، تحجب الأجسام الواقعة في المقدمة تلك الواقعة في الخلفية. وثالثا، تظهر الأبعاد النسبية للأجسام في الفضاء الثلاثي الأبعاد الحقيقي من خلال الإسقاط على المستوى الثنائي الأبعاد؛ ففي الشكل 3، تُعبر الصورة بصورة صحيحة عن نسبة الارتفاع بين الأشخاص والدراجات الكهربائية. ويمكن التعبير عن هذه المعارف في التعبير المكاني كلها عبر نظريات الهندسة الوصفية، وإدماجها في النموذج الكبير بواسطة أنواع مختلفة من الضبط الشرطي بالصورة في ControlNet.

في Diffusion Stable، تستطيع إضافات ControlNet تحويل الخرائط الدلالية والرسوم الخطية وغيرها إلى شروط صورية، وهو ما يلائم التعبير عن معرفة التعبير المكاني ونقلها. ويقترح هذا البحث استخدام الضبط الشرطي بالصور في ControlNet مسارا للتعلم المتخصص لمعرفة التعبير المكاني، ويبني إطارا للمطابقة بين أدوات التحكم الشرطي بالصور القائمة في ControlNet ومعرفة التعبير المكاني. وتستخدم علاقات المنظور شروطا صورية مستمدة من كشف الحواف ومدخلات تحكم ControlNet؛ أما علاقات

الحجب والحجم النسبي فتستخدم مدخلي Segmentation (التجزئة الدلالية) وTile (التجزئة الشبكية) للتحكم الشرطي بالصورة (الشكل 3).



الشكل 3 مسار «التعلم المتخصص» وتمثيل معرفة التعبير المكاني

4 بناء نموذج **CommunityGenAI** لتجديد الفضاءات العامة المجتمعية وحالته العملية

4.1 بناء مجموعة الوسوم وإعداد البيانات

تتكون مجموعة تدريب التعلم المتخصص لنموذج CommunityGenAI من جزأين: الوسوم والصور. ويستند بناء المجموعة والوسوم إلى خريطة معرفة توجيهات التصميم. وتستخدم الوسوم للتعبير عن معرفة توجيهات التصميم والعناصر المكانية في الشكل المكاني الحضري. وفي عملية تطبيق النموذج، تصبح هذه الوسوم مباشرة إرشادات نصية تحقق التحكم النصي في توليد الصور. وتُبنى مجموعة الوسوم عبر مطابقتها مع خريطة معرفة توجيهات التصميم والعناصر المكانية ذات الصلة.

تمثل الصور موضوع التعلم المتخصص للنموذج، وهي تعبير بصري مباشر عن معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري. وبتوجيه من خريطة معرفة توجيهات التصميم، اختار متخصصون في التخطيط الحضري، بوصفها مجموعة تدريب، صورا فوتوغرافية لمشاهد مجتمعية واقعية تعبر بوضوح عن توجيهات التصميم، وتعرض العناصر المكانية بجلاء، وتتمتع بجودة مكانية عالية. وبتوجيه من خرائط المعرفة المقابلة للتوجيهات الثمانية، جُمعت 436 صورة لمشاهد مجتمعية، تغطي أنواعا متعددة من الأحياء السكنية، حتى يتمكن التعلم المتخصص للنموذج من التكيف مع احتياجات تجديد المجتمعات السكنية في حقب مختلفة.

وفقا لخريطة معرفة توجيهات التصميم، صُنفت الصور الواقعية بحسب التوجيهات، ثم وُسمت كل صورة تبعا للعناصر المكانية المرتبطة بذلك التوجيه. وتحقق البحث من أن كل وسم والعنصر المكاني الذي يمثله يظهران خمس مرات على الأقل في مجموعة التدريب، وبذلك تشكل ملف الوسوم.

4.2 إدماج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري عبر ضبط **LoRA**

يتيح ضبط LoRA إدماج معرفة توجيهات التصميم والعناصر المكانية والعلاقات المكانية في النموذج الكبير. فالعناصر المكانية، بوصفها معرفة صريحة، يمكن وسمها مباشرة بواسطة مجموعة الوسوم؛ أما توجيهات التصميم والعلاقات المكانية، بوصفها معرفة ضمنية، فتُعبر عنها الصور الواقعية في مجموعة التدريب. وبما أن LoRA يستطيع إدماج معرفة جديدة بقدر صغير من التدريب، فإنه يحقق إدماج معرفة تصميم الشكل المكاني.

استخدم تدريب LoRA النموذج الكبير Stable Diffusion XL «1.0 base». وتعرض بيئة البرمجيات والعتاد وكذلك المعلمات في الجدولين 1 و2.

الجدول 1 بيئة البرمجيات والعتاد لتدريب النموذج

硬件	配置
CPU	Intel Xeon Platinum 8352V，36核，2.10 GHz，54 MB
GPU	NVIDIA RTX 4090，24GB
内存	120G
操作系统	Linux
基础通用大模型	Stable Diffusion XL base 1.0

الجدول 2 معلمات التدريب

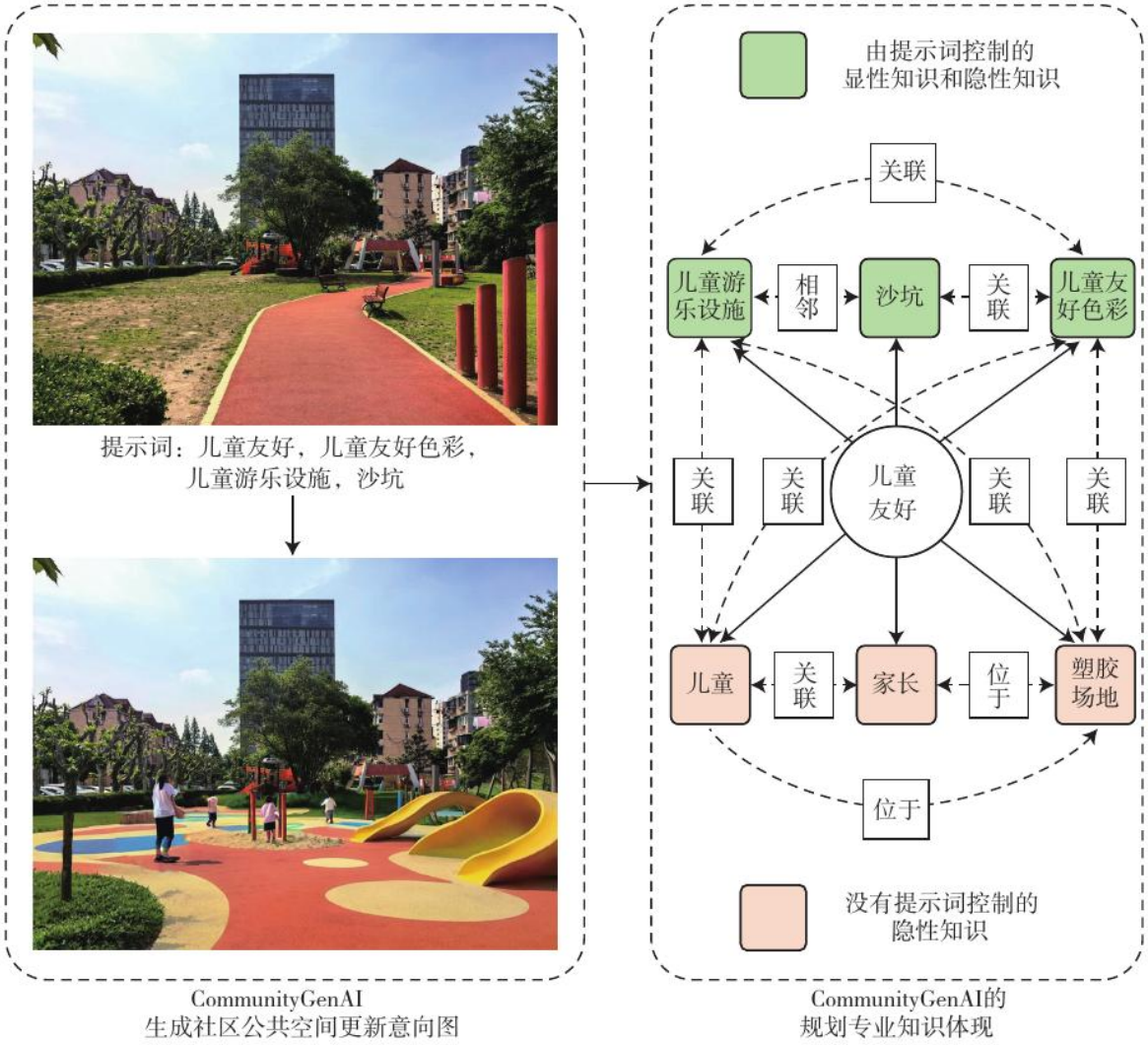
模型参数	含义	取值
epoch	循环次数	100
batch_size	批大小	1
unet_lr	U-Net模型学习率	1
text_encoder_lr	文本编码器学习率	0.5
optimizer_type	优化器类型	AdaFactor
network_Dim	网络规模	128

بعد 100 تكرار تدريبي، استقرت قيمة دالة الفقد (Loss) حول 0.08، وقدم النموذج أفضل نتائجه. واستُخدم مخطط X/Y/Z لاختبار أداء النموذج مضبوط LoRA تحت أوزان مختلفة. وبناء على النتائج، حُدد الوزن الأمثل لـLoRA عند 0.4، واعتمد النموذج الناتج من آخر تكرار تدريبي بوصفه النتيجة النهائية لضبط LoRA.

4.3 تجلي المعرفة المهنية لتصميم الشكل المكاني في نموذج CommunityGenAI

من خلال التعلم المتخصص، يدمج نموذج CommunityGenAI المعرفة المهنية المتعلقة بتوجيهات التصميم والعناصر المكانية والعلاقات المكانية، وكذلك معرفة التعبير المكاني. وفي التجديد المجتمعي، يكفي اختيار صورة لفضاء عام قائم، وإدخال إرشادات لتوجيه التصميم وإرشادات لعناصر مكانية رئيسية، حتى يولد النموذج بذكاء صورة تصورية للمشهد العام بعد التجديد الموضعي.

لنتخذ تجديد ساحة نشاط مجتمعية وفق توجيه «الأطفال» مثالا. عند إدخال الإرشادات «الأطفال»، و«ألوان مناسبة للأطفال»، و«مرافق لعب للأطفال»، و«حوض رمل»، نحصل على صورة منسجمة مع هذا التوجيه (الشكل .(4 ولا تحتوي الصورة المولدة على مرافق لعب وحوض رمل فحسب، بل تتوافق ألوانها أيضا مع توجيه «الأطفال»، كما يضم المشهد أطفالا ووالديهم وأرضية بلاستيكية وغيرها. ومع أن الإرشادات لم تتضمن كلمتي «الوالدان» و«الأرضية البلاستيكية»، فإن ظهورهما يعكس معرفة ضمنية متضمنة في مصطلح «توجيه الأطفال». كما أن المواقع النسبية والأحجام النسبية بين مرافق اللعب والأشجار وحوض الرمل وغيرها من العناصر تمثل معرفة ضمنية اكتسبها النموذج عبر التعلم المتخصص. وبهذا يدمج CommunityGenAI معرفة تصميم الشكل المكاني الخاصة بالتجديد المجتمعي، ولا سيما المعرفة الضمنية التي تتضمنها.



الشكل 4 تجلي معرفة المجال في نموذج CommunityGenAI

نظرا إلى أن CommunityGenAI تدرب بحسب توجيهات التصميم، يستطيع في حالة تجديد مجتمعي واحدة أن يولد بذكاء صورا تصورية متوافقة مع توجيهات مختلفة، كي يقارنها السكان ويختاروا منها. ويتخذ الشكل 5 طريقا داخليا بين مبان في حي سكني موضوعا للتجديد، ويعرض ثلاث صور تصورية مولدة وفق توجيهات «الأجواء التجارية»، و«المسنون»، و«سهولة التنقل». وتختلف الطاولات والكراسي المولدة وفق توجيه «الأجواء التجارية» بوضوح عن الطاولات والكراسي في توجيه «المسنون»، وعن أحواض الزهور تحت الأشجار في توجيه «سهولة التنقل» (الشكل 5). وتتنوع العناصر المكانية في الصور التصورية بقوة تبعا للتوجيه، وتعبر كلها عن السمات النموذجية للفضاء العام المجتمعي الموافق لها؛ كما تلبي مقاييسها متطلبات التعبير المكاني للصور التصورية. ويبين ذلك أن CommunityGenAI اكتسب، عبر التعلم المتخصص، المعرفة الضمنية المتضمنة في توجيهات التصميم المحددة.

حقق CommunityGenAI تعلما متخصصا فعالا لتوجيهات التصميم والعناصر المكانية والعلاقات المكانية ومعرفة التعبير المكاني في تجديد الفضاءات العامة المجتمعية. وقد أتقن المعرفة الصريحة والضمنية الخاصة بهذا التجديد، ومن ثم يمتلك قدرة نموذج كبير متخصص في الفضاءات العامة المجتمعية.

الشكل 5 توليد CommunityGenAI الذكي لصور تصورية وفق ثلاثة توجيهات تصميمية

4.4 نقل المعرفة المهنية في CommunityGenAI

يمكن لنموذج توليد الصور الذي يدمج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري أن يعبر عن المعرفة الضمنية وينقلها. ففي التجديد المجتمعي، يستطيع أن يؤدي دورا فعالا في التواصل الأولي وفي تبادل المقترحات والردود عليها، داعما التفاعل بين السكان والمخططين. ولنأخذ تجديد ساحة نشاط صلبة في حي قديم مثالا. عندما يناقش المخطط والسكان رغبات التجديد، يمكن للنموذج أن يساعد في تأكيد موضوع التدخل ونطاقه. وعند تدقيق توجيهات التصميم والمقارنة بين اتجاهات التجديد، يستطيع المخطط، بفضل CommunityGenAI، أن يحول بسرعة احتياجات السكان إلى مصطلحات مهنية مثل «توجيه الأطفال» أو «مرافق لعب الأطفال»، وإلى شبكات تحكم مقابلة. ويولد النموذج بذكاء، بسرعة وسطية تبلغ 40 ثانية للصورة الواحدة، سلسلة من الصور التصورية المتوافقة مع توجيهات التصميم. وتحقق هذه العملية مطابقة سريعة بين احتياجات السكان والمصطلحات المهنية للمخطط، وتعرض للسكان، في صورة صور يسهل فهمها، المعرفة الضمنية التي يصعب التعبير عنها في المعرفة المهنية. وبذلك يتيح CommunityGenAI نقلا فعالا للمعرفة المتخصصة في تجديد الفضاءات العامة المجتمعية بين المخططين والسكان، ولا سيما التعبير عن المعرفة الضمنية ونقلها، مما يساعد الطرفين على الوصول إلى نية تجديد مشتركة ويدعم التصميم التشاركي.

5 الخلاصة والمناقشة

5.1 الخلاصة

يتعامل هذا البحث مع المعرفة المهنية في تصميم الشكل المكاني الحضري بوصفها «معرفة مجال»، ويستعير مفهومي المعرفة الضمنية والصريحة من إدارة المعرفة. ومن خلال تصنيف المعرفة المهنية في تصميم الشكل المكاني وربطها بتقنيات الضبط الدقيق للنماذج الكبيرة، يقترح البحث مسارين للتعلم المتخصص، ويبني إطارا تقنيا يدمج هذه المعرفة في نموذج عام لتوليد الصور. وباتخاذ

تجديد الفضاءات العامة المجتمعية حالة تطبيقية، يبني البحث النموذج الكبير المتخصص .CommunityGenAI ويمكن استخلاص ثلاث نتائج.

أولا، تضم منظومة المعرفة في التخطيط الحضري قدرا كبيرا من المعرفة الضمنية، وهي مهيمنة على نحو خاص في تصميم الشكل المكاني الحضري. ويستلزم التواصل حول هذه المعرفة ونقلها تدخل النماذج الكبيرة. ولذلك فإن نقل المعرفة الضمنية في تصميم الشكل المكاني الحضري يمثل حاجة خاصة للتخطيط تجاه النماذج الكبيرة. وتكمن الصعوبة المحورية في بناء نموذج كبير لتصميم الشكل المكاني في إدماج هذه المعرفة داخل نموذج عام.

ثانيا، يقترح البحث إطارا تقنيا لإدماج معرفة تصميم الشكل المكاني الحضري في نموذج عام لتوليد الصور عبر التعلم المتخصص. وتُقسم المعرفة المهنية إلى معرفة تصميم الشكل المكاني ومعرفة التعبير المكاني. وتشكل الأولى، حول توجيهات التصميم، خريطة معرفة تضم معرفة ضمنية وصريحة؛ أما الثانية، بوصفها معرفة صريحة، فتوجه التعبير البصري. ويستخدم البحث نوعين من تقنيات الضبط الدقيق لإدماج هاتين المعرفتين في نموذج توليد الصور العام.

ثالثا، باتخاذ Diffusion Stable أساسا عاما لتوليد الصور، وباستخدام ضبط النموذج الكبير، يدمج البحث في النماذج العامة معرفة مهنية بتجديد الفضاءات العامة المجتمعية، ويبني النموذج المتخصص CommunityGenAI لدعم التصميم التشاركي في هذا التجديد. وقد تعلم النموذج المدرب المعرفة المتخصصة: توجيهات التصميم، والعناصر المكانية، والعلاقات المكانية، والتعبير المكاني. وفي مشاهد التصميم التشاركي، يحقق CommunityGenAI نقل هذه المعرفة، ويؤدي دورا محوريا في نقل المعرفة الضمنية وتبادلها بكفاءة؛ كما يحسن كفاءة التواصل في التجديد المجتمعي ويدعم التصميم التشاركي بفاعلية.

5.2 المناقشة

في مجال التخطيط الحضري، تستطيع النماذج اللغوية الكبيرة العامة حاليا محاكاة الأطراف المعنية في عمليات التخطيط والتصميم، وبذلك تساعد على محاكاة المشاركة العامة[34]. وينظر هذا المسار إلى النموذج الكبير بوصفه جمهورا يمتلك «معرفة عامة» فقط. أما هذا البحث فيبني، على أساس نموذج كبير عام، نموذجا متخصصا في التخطيط الحضري؛ فمن خلال التعلم المتخصص، يجعل النموذج خبيرا يمتلك في آن واحد «معرفة عامة + معرفة مجال»، وقادرا على أداء دور محدد في المجال المهني. ويمثل هذان المساران طريقتين فعالتين لتطبيق النماذج الكبيرة في التخطيط الحضري، ويستحقان مزيدا من البحث المعمق.

يمثل التعلم المتخصص للنماذج الكبيرة أيضا مسارا تقنيا لبناء أنواع أخرى من النماذج المتخصصة في التخطيط الحضري. وستصبح كيفية إدماج المعرفة المهنية للتخطيط الحضري في النماذج العامة تقنية محورية لهذه النماذج المتخصصة. ومن منظور إدارة المعرفة، تختلف المعارف المهنية بحسب المجالات الفرعية للتخطيط الحضري؛ فلا تختلف مسارات تعلم المعرفة الصريحة والمعرفة الضمنية فحسب، بل تختلف أيضا مسارات تعلم أنواع المعرفة الضمنية المختلفة. ولذلك ستختلف بالضرورة طرائق إدماج المعارف المهنية المتنوعة للتخطيط الحضري في النماذج الكبيرة العامة. ومن ثم قد يكون الأنسب بناء نماذج متخصصة في التخطيط بحسب المجالات والفئات، وهي مسألة تستحق بحثا منهجيا.

يرجع اهتمام كثير من التخصصات بالنماذج الكبيرة المتخصصة عموما إلى سببين. ففي البحث العلمي، تستطيع النماذج الكبيرة معالجة مهام يصعب إنجازها يدويا، مثل تحليل البيانات الهائلة، مما يرفع كفاءة البحث. وفي التطبيقات الهندسية، يمكنها رفع كفاءة التصميم، وتحسين عمليات الإنتاج، وتقليل تكاليف العمل، وزيادة الكفاءة. وبالنسبة إلى التخطيط الحضري، تضاف إلى هذين المطلبين حاجة خاصة: فانتشار المعرفة الضمنية في التخصص ونقلها يحتاجان إلى النماذج الكبيرة بسبب الطبيعة السياسية العامة للتخطيط الحضري. أما كيف نجعل النماذج الكبيرة تتعلم المعرفة الضمنية في التخطيط الحضري وتتقنها، وكيف نجعلها تتدخل في كامل دورة التخطيط المكاني، فسيشكلان مطلبا خاصا للنماذج الكبيرة المتخصصة في التخطيط الحضري، وهو ما يستحق مزيدا من الاستكشاف والبحث المعمق.

ملاحظات

① Diffusion Stable هو نموذج كبير عام للصور أصدرته شركة Stability AI. وStable Diffusion XL 1.0 نسخة مفتوحة المصدر صدرت في يوليو 2023؛ ويبلغ عدد معلمات نموذجها الأساسي 3.5 مليار معلمة.

المراجع

[1] WANG H, FU T, DU Y, et al. Scientific discovery in the age of artificial intelligence [J]. Nature, 2023, 620: 47-60.

[2] Zhituan, DENG Haixiao, PAN Otthein, HERZOG al. et الذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد يخدم التخطيط الحضري: الفرص والتحديات [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11. (بالصينية)

[3] Hao. ZHENG Chao, YUAN أنماط جديدة للتصميم المعماري في ظل تأثير الذكاء الاصطناعي التوليدي [J]. Architectural Journal, 2023(10): 29-35. (بالصينية)

[4] Liangsong. YANG Wanyu, HE استكشاف الذكاء الاصطناعي التوليدي في التصميم المعماري: حالة Cloud AI Xkool [J]. Journal, Architectural 2023(10): 36-41. (بالصينية)

[5] POLANYI M. The Tacit Dimension [M]. Routledge and Kegan Paul, 1966.

[6] Wei. YAO إدارة المعرفة [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2020. (بالصينية)

[7] SANZOGNI L, GUZMAN G, BUSCH P. Artificial intelligence and knowledge management: questioning the tacit dimension [J]. Prometheus, 2017, 35(1): 37-56.

[8] JIN K, ZHUO H H. Integrating AI planning with natural language processing: a combination of explicit and tacit knowledge [J]. ArXiv, 2022, 2202.07138.

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

[10] Bingyao. LIN طرائق كمية للشكل المكاني الحضري وتقييمها [J]. Planning Urban Forum, 1998(3): 42-45. (بالصينية)

[11] HILLIER B. The hidden geometry of deformed grids: or, why space syntax works, when it looks as though it shouldn't [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(2): 169-191.

[12] KAPSALIS T. UrbanGenAI: reconstructing urban landscapes using panoptic segmentation and diffusion models [J]. ArXiv, 2024, 2401.14379.

[13] WANG H, FU T, DU Y, et al. Scientific discovery in the age of artificial intelligence [J]. Nature, 2023, 620(7972): 47-60.

[14] MECKLENBURG N, LIN Y, LI X, et al. Injecting new knowledge into large language models via supervised fine-tuning [J]. ArXiv, 2024, 2404.00213.

[15] HO J, JAIN A, ABBEEL P. Denoising diffusion probabilistic models [J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2020, 33: 6840-6851.

[16] RADFORD A, KIM J W, HALLACY C, et al. Learning transferable visual models from natural language supervision [C]//International Conference on Machine Learning. PMLR, 2021: 8748-8763.

[17] RUIZ N, LI Y, JAMPANI V, et al. DreamBooth: fine tuning text-to-image diffusion models for subject-driven generation [C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2023: 22500-22510.

[18] ZHOU Z, LIN Y, JIN D, et al. Large language model for participatory urban planning [J]. ArXiv, 2024, abs/2402.17161.

[19] HUANG W, WANG J, CONG G. Zero-shot urban function inference with street view images through prompting a pretrained vision-language model [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2024, 38(7): 1414-1442.

[20] NIE Y, KONG Y, DONG X, et al. A survey of large language models for financial applications: progress, prospects and challenges [J]. ArXiv, 2024, abs/2406.11903.

[21] Yuankai, WANG Zhiqiang, WU Wei, GAN et al. بناء نموذج نظري لدعم AIGC في التصميم الحضري [J]. Planning Urban Forum, 2023(2): 12-18. (بالصينية)

[22] Peng, WANG Dian, SHAO Junyan, YANG et al. التكامل والطوبولوجيا والترجمة: منهج تحليل عميق للشكل الحضري قائم على خرائط المعرفة [J]. City Planning Review, 2023, 47(6): 57-67. (بالصينية)

[23] HU E J, SHEN Y, WALLIS P, et al. LoRA: low-rank adaptation of large language models .[J]. ArXiv, 2021, 2106.09685

[24] ZHANG L, RAO A, AGRAWALA M. Adding conditional control to text-to-image diffusion .models [C]//Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision .3847-3836 :2023

[25] Jusheng. SONG Yunxi, BAI Jia, WANG تطور التجديد الحضري في الصين وتحدياته ومقترحاته [J]. Planners, 2021, 37(24): 21-27. (بالصينية)

[26] Shen. ZHUANG Xiahong, HUA دفع تجديد الفضاءات العامة للحياة اليومية عبر التصميم: مراجعة لممارسات التجديد الحضري المصغر في شنغهاي [J]. Journal, Architectural 2022(3): 1-11. (بالصينية)

[27] Ni. LIN Qing, LI استكشاف نموذج جديد للتخطيط والتصميم التشاركيين في التجديد المجتمعي المصغر من منظور «مدينة الشعب»: حالة التجديد المصغر لـYF lilong في شنغهاي [J]. Forum, Planning Urban 2023(6): 87-96. (بالصينية)

[28] Yi. SHI Zhonghu, ZHANG Junyan, YANG استكشاف منصة رقمية للمشاركة العامة في التصميم الحضري من أجل التجديد الحضري: حالة قطاع Yuejianglou في نانجينغ [J]. Forum, Planning Urban 2024(3): 74-81. (بالصينية)

[29] Kai. ZHANG إدارة موارد المعلومات [M]. الطبعة الثالثة. Beijing: University Tsinghua Press, 2013. (بالصينية)

[30] SINGHAL A. Introducing the knowledge graph: things, not strings [J]. Official Google Blog, 2012, 5(16): 3.

[31] HOGAN A, BLOMQVIST E, COCHEZ M, et al. Knowledge graphs [J]. ACM Computing .Surveys, 2021, 54(4): 1-37

[32] CONG Y, YANG M Y, ROSENHAHN B. RelTR: relation transformer for scene graph ,generation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2023 .11183-11169 :(9)45

[33] Yong. LI Yu, LIU طرائق بناء خرائط المعرفة للأحياء والشوارع التجارية الحضرية وآفاق تطبيقها من أجل التنمية الحضرية المستدامة [J]. Journal of Geo-information, Science, 2023, 25(12): 2374-2386. (بالصينية)

[34] al. et Yudi, ZHANG Xin, YANG Li, TIAN ابتكار تعليم التخطيط والتصميم الحضري-الريفي بمحرك مزدوج «المعرفة المهنية + الذكاء الاصطناعي»: حالة تخطيط التجمعات السكنية [J]. Forum, Planning Urban 2024(5): 71-78. (بالصينية)

نُقّح: يناير 2025

(تُرجم هذا المقال بمساعدة الذكاء الاصطناعي.)