تقنيات التخطيط الرقمي - البيانات والمعرفة

نيو شين يي، لين شي جيا، سونغ تيان، تشانغ شياو كي

الملخص:
بالاعتماد على نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات والمعرفة كمحور رئيسي، يتم تنظيم تصورات وأنواع تقنيات التخطيط الرقمي بشكل منهجي، وفهم الاتجاهات الراهنة والتحديات.
بناءً على التمييز بين مفهومي التكنولوجيا الرقمية وتقنية التخطيط الرقمي، ومن خلال تطور ثلاث فئات من تقنيات التخطيط الرقمي : تقنيات نمذجة المدن، تقنيات التخطيط المعتمدة على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية، وتقنيات التخطيط المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، يتم استخلاص نموذجين تقنيين : المعرفة المدفوعة والبيانات المدفوعة، لتفهم الاستخدامات والتحديات الحالية لتقنيات التخطيط الرقمي.
انطلاقًا من البيانات والمعرفة، يتم مناقشة الاتجاهات الراهنة لتقنيات التخطيط الرقمي.
تعتبر تقنيات التخطيط الرقمي الأساليب التي تستخدم التكنولوجيا الرقمية في جميع مراحل عملية التخطيط، وتنقسم إلى ثلاثة استخدامات :التحليل، المحاكاة، واتخاذ القرار.
تحدد نماذج التقنية المدفوعة بالبيانات والمعرفة استخدامات تقنيات التخطيط الرقمي.
يمكن أن يدعم نموذج التقنية المعتمد على البيانات بشكل جيد الاستخدامات التحليلية والمحاكاة، ولكن عنق الزجاجة في نموذج التقنية المعتمد على المعرفة يجعل تقنيات التخطيط الرقمي تعاني من صعوبات في دعم الاستخدامات القرارية بشكل جيد.
تتمثل الاتجاهات المستقبلية لتقنيات التخطيط الرقمي في تكامل البيانات والمعرفة، حيث يكمن التحدي الرئيسي في حل صعوبة "من البيانات إلى المعرفة"، وتعلم واستخراج "معرفة صندوق أبيض " من البيانات، واستخدام "معرفة صندوق أبيض "لدفع التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار في التخطيط.

الكلمات المفتاحية:
تقنيات التخطيط الرقمي؛ التكنولوجيا الرقمية؛ البيانات المدفوعة؛ المعرفة المدفوعة؛ نموذج التقنية

في العصر الرقمي الحالي، تعمل التكنولوجيا الرقمية على تغيير عميق في طريقة حياة الناس وأسلوب عملهم، حيث أدى تطور تقنيات مثل الحوسبة السحابية، والبيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي إلى دفع التحول الرقمي في المجتمع بأسره، بما في ذلك الحياة والاقتصاد والحكم.
كما تأثرت مجال تخطيط المدن والقرى بشكل كبير بالتكنولوجيا الرقمية.
كانت السنوات العشر الماضية فترة شهدت تأثيرًا هائلًا للتكنولوجيا الرقمية على مجال تخطيط المدن والقرى.
على سبيل المثال، غيرت تقنيات التوائم الرقمية والتقنيات الافتراضية طرق الإدراك واستكشاف المساحات الحضرية [1-2]، كما اندمجت البيانات الضخمة الزمانية والمكانية والذكاء الاصطناعي بسرعة في أبحاث وممارسات تخطيط المدن والقرى [3-5].
التي تكتسب زخماً على تغيير طريقة إنتاج الخرائط والتقارير (AIGC) تعمل تقنية إنشاء المحتوى بواسطة الذكاء الاصطناعي التخطيطية.
لقد أثرت التكنولوجيا الرقمية بشكل شامل على تخطيط المدن والقرى، بدءًا من تقنيات الدعم في الأبحاث التخطيطية إلى إنتاج النتائج في الممارسات التخطيطية.

كانت السنوات العشر الماضية أيضًا هي الفترة التي حظيت فيها تقنيات التخطيط الرقمي بأكبر قدر من الاهتمام في مجال تخطيط المدن والقرى.
أصبحت تقنيات البيانات الضخمة الزمانية والمكانية والذكاء الاصطناعي مواضيع ساخنة في مجال التخطيط، مما أدى إلى حدوث زحمات مرتين.
منذ أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، جذبت تقنيات البيانات الضخمة الزمانية الكثير من الاهتمام، مما كان له تأثير إيجابي وعميق على أبحاث الفضاء الحضري.

تُستخدم تقنيات البيانات الضخمة على نطاق واسع في العديد من مجالات البحث مثل هيكل الفضاء الحضري، وهيكل الفضاء الإقليمي، والسلوك والبيئة المبنية، وإدارة المدن، مما أطلق عصر "البيانات الضخمة "في أبحاث التخطيط]6[.
من أواخر العقد الأول من القرن الحادي والعشرين حتى الآن، جذبت تقنيات الذكاء الاصطناعي أيضًا الكثير من اهتمام مجال التخطيط]7[.
بشكل خاص، اجتذبت تقنيات التعلم الآلي اهتمام الأوساط الأكاديمية في التخطيط محليًا ودوليًا، حيث شهدت الأوراق البحثية ذات الصلة زيادة سريعة بعد عام 2018]8[.
لا يزال الزخم حول الذكاء الاصطناعي في مجال التخطيط في تزايد]9[.
لقد أصبحت تقنيات التخطيط الرقمي مستخدمة بشكل واسع في أبحاث التخطيط، حيث تغطي موضوعات البحث مختلف الاتجاهات.

في العصر الرقمي الحالي، أصبحت تقنيات التخطيط الرقمي التيار السائد في التكنولوجيا التخطيطية.
رغم تنوع أنواع تقنيات التخطيط الرقمي في الأبحاث والممارسات الحالية، إلا أن هناك العديد من الأسئلة المعلقة حول كيفية فهم تقنيات التخطيط الرقمي نفسها، وكيفية فهم تأثيراتها والتغيرات التي تطرأ عليها بسبب تطورها السريع.
تهدف هذه الورقة إلى الإجابة عن هذه الأسئلة، حيث تبدأ بتحديد نطاق مفهوم تقنيات التخطيط الرقمي، ثم تستعرض تطور تقنيات التخطيط الرقمي من منظور البيانات والمعرفة، وتنظم أنماطها التقنية بشكل منهجي، وتتناقش بعد ذلك في الحدود والتحديات البحثية لتقنيات التخطيط الرقمي، وتستشرف الاتجاهات المستقبلية لتقنيات التخطيط الرقمي في مجال تخطيط المدن والقرى.

1. نطاق واستخدامات تقنيات التخطيط الرقمي

1.1 التمييز بين التكنولوجيا الرقمية وتقنيات التخطيط الرقمي

لتحديد نطاق مفهوم تقنيات التخطيط الرقمي بدقة، يجب أن نبدأ بفهم معنى كلمة "تكنولوجيا".
تعريفات "التكنولوجيا "التي تقدمها القواميس المختلفة متسقة بشكل أساسي، حيث تُعرض العلاقة بين مفهومي العلوم والتكنولوجيا، وتُعرف بأنها "التكنولوجيا هي طرق معينة تُستخدم في ممارسة العلوم لأغراض عملية"[1].
استنادًا إلى العلاقة بين التكنولوجيا والعلوم، يمكننا تحديد التقنيات المستخدمة حاليًا في أبحاث وممارسات التخطيط إلى فئتين.

الفئة الأولى يمكن تسميتها ببساطة "التكنولوجيا الرقمية".
على الرغم من أن تقنيات مثل الواقع الافتراضي، والحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء تظهر في تطبيقات مجال التخطيط، فإن العلوم التي تدفع هذه التقنيات هي علوم الحاسوب، وهي المعرفة المتعلقة بتخصص الحاسوب.
تظهر بشكل محدد في تطبيق هذه التقنيات في التخطيط، حيث تعتمد العلوم والأساليب المستخدمة في ذلك بشكل أساسي على التطبيقات في مجالات وتخصصات أخرى دون اختلاف واضح.
تعتبر تقنيات الواقع الافتراضي لعرض نتائج التخطيط وتقنيات قواعد البيانات لإدارة معلومات التخطيط مثالًا نموذجيًا.

الفئة الثانية يمكن تسميتها "تقنيات التخطيط الرقمي".
تقنيات التخطيط الرقمي هي الأساليب المستخدمة في مراحل البحث والممارسة التخطيطية باستخدام التكنولوجيا الرقمية، وهي تطبيقات التكنولوجيا الرقمية لتحقيق تحليل الوضع القائم، ونمذجة التنبؤ، وصياغة الخطط، واختيار الخطط، وتنفيذ التخطيط، ورصد وتقييم التخطيط.
على الرغم من أن هذه التقنيات تستند إلى الأسس الرقمية، إلا أن ما يدفع هذه التقنيات هو المعرفة المتعلقة بميدان التخطيط، وليس المعرفة المتعلقة بتخصص الحاسوب.
تظهر بشكل محدد في تحليل الوضع القائم، ونمذجة التنبؤ، وصياغة الخطط، واختيار الخطط، وتنفيذ التخطيط، ورصد وتقييم التخطيط، حيث تختلف العلوم والأساليب المستخدمة فيها بشكل ملحوظ عن تلك المستخدمة في مجالات وتخصصات أخرى.

قبل ظهور التكنولوجيا الرقمية، كانت توجد تقنيات تخطيط متنوعة، ويمكن إعطاء مثال لتوضيح العلاقة والاختلاف بين "التكنولوجيا الرقمية "و"تقنيات التخطيط الرقمي".

في أوائل الستينيات، اقترح "ماك هارغ "تقنية التراكب لتحليل ملاءمة الأراضي.

"استخدم أفلامًا شفافة للرسم يدويًا ودمجها يدويًا بواسطة الضوء لتحقيق طريقة "كعكة الطبقات".

كانت طريقة "كعكة الطبقات "التي أنشأها "ماك هارغ "تقنية تخطيط، وكان الفكر التخطيطي الذي اقترحه "ماك هارغ " التصميم المتحد مع الطبيعة "هو المعرفة المتعلقة بميدان التخطيط]10["

أثارت تقنية التخطيط لـ "ماك هارغ "اهتمام الباحثين الأوائل في نظم المعلومات الجغرافية في الستينيات، مما أدى إلى نشوء وظيفة التراكب المكاني في نظم المعلومات الجغرافية، والتي أصبحت فيما بعد واحدة من وظائف التحليل المكاني الأساسية في نظم المعلومات الجغرافية.

تعتبر التراكبات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية "تكنولوجيا رقمية"، حيث تعتمد العلوم التي تدفع التراكبات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية على علوم المعلومات الجغرافية.

بحلول الثمانينيات، تم تطوير تقنيات تحليل ملاءمة الأراضي التي تعتمد بالكامل على تراكب نظم المعلومات الجغرافية]11-12[، مما أصبح "تقنية تخطيط رقمية".

ما زالت المعرفة المتعلقة بميدان التخطيط التي اقترحها "ماك هارغ "في ذلك الوقت هي ما يدفع تقنية تحليل ملاءمة الأراضي بواسطة تراكب نظم المعلومات الجغرافية.

هذا مثال واضح يبين أنه من الضروري والفعال التمييز بين مفهومي التكنولوجيا الرقمية وتقنيات التخطيط الرقمي.

1.2 أنواع استخدامات تقنيات التخطيط الرقمي

بعد التمييز بين التكنولوجيا الرقمية وتقنيات التخطيط الرقمي، يمكن مناقشة أنواع استخدامات تقنيات التخطيط الرقمي.

يمكن تصنيف تقنيات التخطيط الرقمي إلى ثلاث فئات من الاستخدامات: تحليل تأثيرات التخطيط، ومحاكاة الظواهر التخطيطية، واتخاذ القرارات بشأن موضوعات التخطيط.

تشير الاستخدامات التحليلية إلى تحليل التأثيرات والعوامل والآليات.

على سبيل المثال، يستخدم مصطلح "تشخيص "بشكل شائع في السنوات الأخيرة كنوع نموذجي من الاستخدامات التحليلية.

على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي تحليل البيانات الضخمة الزمانية إلى تشخيص فعالية إدارة المجتمع من خلال تحليل إدراك الجمهور للمجتمع]13[.

تشمل الاستخدامات المحاكاة والمحاكاة النموذجية، ويستخدم مصطلح "استنتاج " بشكل شائع كنوع نموذجي من الاستخدامات المحاكية.

على سبيل المثال، تتم محاكاة تأثير تنفيذ سياسة المدينة المدمجة على الخدمات العامة والمالية الحضرية]14[.

تشير الاستخدامات القرارية إلى صياغة واختيار الخطط، وهي الاستخدامات الأساسية للتخطيط.

على سبيل المثال، باستخدام الشبكات العصبية العميقة، يمكن توليد أفضل خطة لشبكة الشوارع]15[.

تتطلب الأنواع الثلاثة لاستخدامات تقنيات التخطيط الرقمي جميعها مجموعة متنوعة من وسائل التكنولوجيا الرقمية لتحقيق ذلك، ولكن ما يدفع هذه التقنيات الرقمية هو المعرفة المتعلقة بميدان التخطيط في كل من تحليل الوضع القائم، ونمذجة التنبؤ، وصياغة الخطط، واختيار الخطط، وتنفيذ التخطيط، ورصد وتقييم التخطيط.

بعد تحديد مفهوم واستخدامات تقنيات التخطيط الرقمي، سنستعرض ثلاث تقنيات تخطيط رقمية نموذجية منذ التسعينيات، وهي تقنيات نمذجة المدن، وتقنيات التخطيط المعتمدة على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية، وتقنيات التخطيط المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، من خلال تطورها الخاص، لتنظيم أنماط تقنيات التخطيط الرقمي وعلاقتها باستخداماتها.

2 تقنيات نمذجة المدن :المعرفة المدفوعة والبيانات المدفوعة

2.1 تقنيات نمذجة المدن منذ القرن الحادي والعشرين

تقنية نمذجة المدن (urban modeling) هي تقنية تخطيط ذات تاريخ طويل.

ظهرت تقنية نمذجة المدن في الخمسينيات، وكانت في البداية ليست تقنية تخطيط رقمية، حيث كانت النماذج تتطلب

.الحساب اليدوي

أصبحت تقنية نمذجة المدن شائعة في الستينيات، حيث ساهمت تيارات التخطيط العقلي في تطوير نماذج المدن، مما أدى وكانت القرارات هي الاستخدام الرئيسي لتقنية نمذجة ،(large scale urban models) إلى انتشار نماذج المدن الكبيرة المدن، حيث يُعرف تاريخ التخطيط هذا بفترة التخطيط العقلاني (rational planning).

انتهت تيارات التخطيط العقلي في السبعينيات، عندما تعرضت نماذج المدن الكبيرة لانتقادات واسعة]16[، ومع ذلك، لم .تختف تقنية نمذجة المدن، بل استمرت في الوجود في الأوساط الأكاديمية]17[

معها]18[، وأصبحت تقنية نمذجة المدن تقنية (GIS) منذ التسعينيات، تم دمج تقنيات مثل نظم المعلومات الجغرافية .تخطيط رقمية نموذجية

.منذ القرن الحادي والعشرين، تطورت ثلاث فئات من تقنيات نمذجة المدن بشكل متوازي

الفئة الأولى هي النماذج التقليدية الكبيرة، التي لا تزال تتطور في القرن الحادي والعشرين؛ الفئة الثانية هي النماذج القائمة على التي ظهرت في منتصف التسعينيات، والتي تحفزها تقنيات نظم المعلومات الجغرافية؛ (rule-based models) القواعد .(CA) الفئة الثالثة هي نماذج المحاكاة الميكروية مثل الخلايا التلقائية

.تستمر هذه الفئات الثلاث من نماذج المدن في التطور، حيث تواصل أنماطها واستخداماتها التطور

المعرفة المدفوعة والبيانات المدفوعة في تقنيات نمذجة المدن 2.2

"لا تزال النماذج الكبيرة تُستخدم في تخطيط الأراضي والنقل في المناطق الحضرية، وأحد أمثلة ذلك هو نموذج "أوربان سيم (UrbanSim) [19-20].

منذ التسعينيات، انتقلت النماذج الكبيرة من الاستخدام التقليدي للقرارات إلى الاستخدامات المحاكية، حيث استخدمت .لمحاكاة التأثيرات المختلفة الناتجة عن السياسات التخطيطية المستقبلية

فيما يتعلق بالنمط التكنولوجي، تُعتبر النماذج الكبيرة تكنولوجيا تخطيط مدفوعة بالمعرفة، حيث تُبنى مبادئ النماذج على

ومبادئ اتخاذ القرارات الأسرية، ، (المساحات والنقل) 空间与交通المعرفة التخطيطية، وتأخذ في الاعتبار تفاعل

.ونشاط الحكومة كأسس للنمذجة

كما تُعرف النماذج الكبيرة أحيانًا بأنها مدفوعة بـ "معرفة الصندوق الأسود "أو "معرفة الصندوق الرمادي"، حيث تتطلب التعبير عن تفاعلات الأراضي والنقل والبيئة معادلات رياضية معقدة، مما يجعلها تحتوي على العديد من المعلمات التي .يصعب فهمها، ولا يمكن أن تتوافق بوضوح مع أهداف واستراتيجيات التخطيط المكاني

.what if [22-23]و CUF [21] تتمثل الفئة الثانية من النماذج القائمة على القواعد في نماذج

ظهرت النماذج القائمة على القواعد في البداية لمحاكاة السياسات، لتقييم التأثيرات المحتملة للسياسات التخطيطية، وتقدير .جدوى واستدامة الاستراتيجيات التخطيطية، وليس من أجل اتخاذ القرارات

فيما يتعلق بالنمط التكنولوجي، لا تزال النماذج القائمة على القواعد تُعتبر تقنيات تخطيط مدفوعة بالمعرفة، ولكن مبادئ .النماذج تُعبر من خلال قواعد واضحة وبسيطة

.أولاً بالطلب الكلي؛ ثم يقوم بتوزيع استخدام الأراضي بناءً على ملاءمة الأراضي]24[CUF على سبيل المثال، يتنبأ نموذج .لم يعد النموذج يعتمد على تفاعلات المساحات أو معادلات رياضية لاختيار متقطع

بالمقارنة مع ذلك، تُعتبر النماذج القائمة على القواعد مدفوعة بـ "معرفة الصندوق الأبيض"، حيث تُعتمد على معرفة واضحة .لتطوير قواعد نموذج بسيطة

.إن ظهور مثل هذه النماذج ذات القواعد الواضحة مرتبط ارتباطًا وثيقًا بتكامل التكنولوجيا الرقمية نظم المعلومات الجغرافية

جدول 1 أنماط وتقنيات نمذجة المدن واستخداماتها

نماذج المحاكاة المجهرية	نماذج المحاكاة المجهرية	نماذج المدن واسعة النطاق	
مدفوع بالبيانات	مدفوع بالمعرفة	مدفوع بالمعرفة	نموذج التكنولوجيا
المحاكاة	المحاكاة	الانتقال من اتخاذ القرار	الاستخدام

		إلى المحاكاة	

(ABM) ونموذج الوكالات المتعددة [25] (CA) تتضمن الفئة الثالثة من نماذج المحاكاة الميكروية نموذج خلايا الأوتومات [26].

ظهرت نماذج المحاكاة الميكروية في البداية لتوقع ومحاكاة أنماط استخدام الأراضي المستقبلية، ولا تزال حتى اليوم تُستخدم لأغراض المحاكاة.

تُدخل هذه النماذج تقنيات مستمدة من علوم الحاسوب، مما أدى إلى ظهور نماذج جديدة تعتمد على البيانات.

تعتمد نماذج المحاكاة الميكروية على بيانات تاريخية طويلة المدى لضبط قواعد تحويل النماذج، حيث تحتاج إلى بيانات تاريخية طويلة لتدريب النموذج، حتى تتمكن من توقع التغيرات المستقبلية في استخدام الأراضي.

على سبيل المثال، يتم استخدام بيانات تاريخية لمدة 200 عام لضبط النموذج، بهدف محاكاة تطور استخدام الأراضي خلال الخمسين عامًا القادمة [27].

تقدم تقنيات خلايا الأوتومات المستمدة من علوم الحاسوب منهجًا مدفوعًا بالبيانات، حيث أن القواعد الأساسية لنموذج خلايا الأوتومات لا تحتوي على أي نظرية أو مبدأ تخطيطي، بل يتم "تدريب "القواعد من خلال البيانات.

"هذه المعرفة الناتجة عن "التدريب "تُعتبر حتى إن وجدت "معرفة صندوق أسود.

من خلال نماذج التقنية المدفوعة بالبيانات والمعرفة، كانت المعرفة دائمًا الكلمة الرئيسية في تقنيات نمذجة المدن.

تستند نماذج المدن الكبيرة التقليدية إلى "معرفة صندوق رمادي"[2]، بينما تستند نماذج القواعد على "معرفة صندوق أبيض"، وقد جلبت نماذج المحاكاة الميكروية "النماذج المدفوعة بالبيانات"، والتي أدت أيضًا إلى "معرفة صندوق أسود" (انظر الجدول 1).

تُستخدم تقنيات نمذجة المدن اليوم بشكل أكبر كمختبرات لمحاكاة تطور الفضاء الحضري، حيث تُعتبر المحاكاة الاستخدام السائد، وليس الاستخدام التخطيطي في عصر التخطيط العقلاني.

سواء كانت مدفوعة بالمعرفة أو بالبيانات، فإن تقنيات نمذجة المدن الحالية تُستخدم بشكل رئيسي لأغراض المحاكاة، ولا تلبي بفعالية احتياجات اتخاذ القرارات.

3 تقنيات التخطيط المعتمدة على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية

3.1 تطور تقنية البيانات الضخمة الزمانية والمكانية

لقد دخلت البيانات الضخمة الزمانية والمكانية مجال التخطيط منذ أكثر من 10 سنوات.

يمكن أن تُعتبر البيانات الضخمة الزمانية والمكانية تكنولوجيا رقمية في التخطيط، حيث كان مشروع "المناظر الطبيعية المتحركة" (Mobile Landscapes) في الأول يستخدم بيانات مكالمات الهاتف المحمول لإدراك التغيرات الزمنية والمكانية في كثافة الأنشطة الحضرية، حيث تُعتبر البيانات الضخمة الزمانية والمكانية جزءًا من نطاق التكنولوجيا الرقمية [28].

على مدى السنوات العشر الماضية، تطورت البيانات الضخمة الزمانية والمكانية في تخطيط المدن والقرى تدريجيًا من كونها تقنية رقمية إلى تقنية تخطيط رقمية تُستخدم لدراسة العلاقة بين الفضاء الحضري والأنشطة الحضرية، مما جعلها تقنية دعم فعالة في البحث حول هيكل الفضاء الحضري، وهيكل الفضاء الإقليمي، والسلوك والبيئة المبنية، وإدارة المدن.

تدعم تقنية التخطيط المعتمد على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية البحث حول "النشاط الحضري" و"الفضاء الحضري" من خلال أربعة جوانب: إدراك الظواهر الزمنية والمكانية للنشاط، وفهم القوانين الزمنية والمكانية للنشاط، واكتشاف العوامل المكانية المؤثرة على النشاط، واستكشاف آليات تفاعل الفضاء مع النشاط [6].

كما تحتاج هذه الجوانب الأربعة من تقنية التخطيط المعتمد على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية إلى فهمها من منظور نماذج التقنية المدفوعة بالبيانات والمعرفة.

3.2 الأبحاث المعتمدة على البيانات حول النشاط والفضاء

إدراك الظواهر الزمنية والمكانية للنشاط" يعني استخدام البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لوصف الكثافة الزمنية والمكانية للأنشطة في الفضاء الحضري بشكل كمي، وذلك دون التطرق إلى العوامل المؤثرة وآليات العمل وراء هذه الظواهر".

في هذه الفئة من التقنيات، تُعتبر البيانات الضخمة الزمانية والمكانية تقنية لإدراك الخصائص الزمنية والمكانية للنشاط الحضري.

على سبيل المثال، استخدم مشروع "المناظر الطبيعية المتحركة "بيانات مكالمات الهاتف المحمول لقياس التغيرات الزمنية والمكانية في كثافة الأنشطة الحضرية]28[.

فهم القوانين الزمنية والمكانية للنشاط "يعني استخدام البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لاستنتاج أنماط ولوازم النشاط " الحضري.

على سبيل المثال، استخدمت البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لاشتقاق أنماط حركة مختلف السكان]29[.

هذه الأنواع من الأبحاث يمكن أن تبدأ من الزمن أو من الفضاء لاكتشاف الأنماط والقوانين، لكنها لا تبدأ من آليات تفاعل الفضاء مع النشاط.

تندرج هاتان الفئتان من الأبحاث المتعلقة بالبيانات الضخمة الزمانية والمكانية تحت نماذج مدفوعة بالبيانات.

اكتشاف العوامل المكانية المؤثرة على النشاط "يعني استخدام البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لتحديد العوامل المكانية " المؤثرة على الأنشطة الحضرية.

على سبيل المثال، يمكن استخدام بيانات متعددة المصادر للبيانات الضخمة الزمانية والمكانية لاستنتاج وظائف المدينة من خصائص النشاط الحضري]30[.

هذا هو التقنية التي يتم من خلالها تفسير معلومات الوظائف الحضرية من البيانات.

استكشاف آليات تفاعل الفضاء مع النشاط "يعني استخدام البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لفهم الخصائص التفاعلية " بين الفضاء الحضري والنشاط الحضري، واستكشاف آليات عملها.

على سبيل المثال، يمكن استخدام البيانات الضخمة الزمانية والمكانية لقياس نطاق الخدمات للمراكز التجارية الحضرية ذات الوظائف المختلفة، والتحقق من نظرية مركز المكان في تخطيط نظم المراكز التجارية]31[.

هذه هي التقنية التي يتم من خلالها تفسير معلومات النشاط الحضري مع الفضاء الحضري للتحقق من المعرفة الأكاديمية الحالية.

تندرج هاتان الفئتان من تقنيات البيانات الضخمة الزمانية والمكانية تحت نماذج مدفوعة بالبيانات أيضًا.

لذا، فإن تقنيات التخطيط المعتمدة على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية تعتبر دائمًا نماذج مدفوعة بالبيانات، حيث تستخرج المعلومات من البيانات، وتكتشف ظواهر جديدة من المعلومات، وتتحقق من المعرفة الحالية.

منذ نشأتها، كانت تقنية التخطيط المعتمد على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية تتحمل دائمًا الاستخدامات التحليلية، حيث يمكنها معالجة التحليل بين الفضاء والنشاط بفعالية، لكنها لا تزال غير قادرة على استخدامها لأغراض المحاكاة واتخاذ القرارات)انظر الجدول 2(.

تتحول البيانات الضخمة الزمانية والمكانية من "تشخيص "الفضاء الحضري إلى "توقع "الفضاء الحضري، وبالتالي دعم اتخاذ القرارات التخطيطية، وهذا هو أحد الاتجاهات الرائدة في تقنيات التخطيط المعتمد على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية.

جدول 2 أنماط وتقنيات التخطيط المعتمد على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية واستخداماتها

التعرف على القوانين الزمنية والمكانية في الفضاء المعرفي	دراك الظواهر الزمنية والمكانية في الفضاء المدرك	استكشاف آليات التأثير بين الفضاء والنشاط	اكتشاف العوامل المكانية المؤثرة على النشاط	
مدفوع بالبيانات	مدفوع بالبيانات	مدفوع بالبيانات	مدفوع بالبيانات	نموذج التكنولوجيا
التحليل (تفسير الظواهر)	التحليل (تفسير الظواهر)	التحليل (استخراج المعرفة)	التحليل (تحليل الظواهر)	لاستخدام

تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي :المعرفة المدفوعة والبيانات المدفوعة 4

تقنيات الأنظمة الخبيرة المدفوعة بالمعرفة 4.1

يُعتبر الذكاء الاصطناعي تقنية رقمية ذات تاريخ طويل.

والتي تُعرف أيضًا بالأنظمة المعتمدة على المعرفة ،(ES) كانت الموجة الأولى من الذكاء الاصطناعي هي الأنظمة الخبيرة (KBS).

حوالي الثمانينيات، كانت جميع المجالات تستكشف تطبيقات الأنظمة الخبيرة، وكان مجال التخطيط الحضري أيضًا جزءًا

من ذلك.
ظهرت أولى تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي في الثمانينيات، حيث تم نشر أوراق بحثية [32] [ومؤلفات [33]]، وظهرت والأنظمة الخبيرة المستخدمة في اختيار ،[34] (zoning) عدة أنظمة، مثل الأنظمة الخبيرة المستخدمة في تقسيم المناطق المواقع [35].
في أواخر الثمانينيات، كانت الأوساط الأكاديمية التخطيطية في الصين تستكشف أنظمة التخطيط الحضري الخبيرة، حيث أن ورقة "تشين بينغ تشاو "وآخرون [36] [التي نُشرت في عام 1989 حول نظام إدارة التخطيط والبناء تُعتبر أول ورقة بحثية في مجال الذكاء الاصطناعي في تخطيط المدن الصينية.
هذا كان متزامنًا تقريبًا مع الاستكشافات الدولية.

تعتبر الأنظمة الخبيرة تقنية لدعم اتخاذ القرار في التخطيط.
تتميز بقدرتها على استخراج المعرفة من الخبراء، وبناء قاعدة بيانات معرفية، وصياغة المعرفة بشكل قواعد واضحة، حيث يقوم الجهاز باتخاذ القرارات استنادًا إلى هذه القواعد.
تعتبر الأنظمة الخبيرة جزءًا من نماذج التقنية المدفوعة بالمعرفة، حيث يكمن مفتاح نجاحها في التعبير عن المعرفة التخطيطية على شكل قواعد "if-then" داخل قاعدة البيانات "معرفة صندوق أبيض "التي تشكل واضحة.
يتخذ النظام القرارات بناءً على قواعد "if-then".

واجهت تقنيات التخطيط بالأنظمة الخبيرة العديد من الصعوبات [37].
بحلول التسعينيات، اتفق الباحثون على وجود صعوبتين رئيسيتين يصعب التغلب عليهما [33،38].
الصعوبة الأولى هي استخراج المعرفة، أي كيفية تلخيص المعرفة التخطيطية بلغة عادية.
إن صعوبة التعبير عن المعرفة التخطيطية واستخراجها تُعتبر أكبر عقبة في تطوير الأنظمة الخبيرة في التخطيط الحضري، ويرجع ذلك إلى خصائص المعرفة التخطيطية نفسها.
الصعوبة الثانية هي التعبير عن المعرفة، أي كيفية تمثيل المعرفة التخطيطية بشكل "قواعد "معيارية.
فالكثير من الأحكام تكون غامضة وغير ،"if-then" في الواقع، ليست كل المعرفة التخطيطية يمكن التعبير عنها على شكل واضحة.
إن الصعوبة في استخراج وتعبير المعرفة التخطيطية بشكل قواعد واضحة هي السبب وراء التقدم البطيء والعقبات التي واجهها الذكاء الاصطناعي في مجال التخطيط خلال التسعينيات.

4.2 تقنيات التعلم الآلي المدفوعة بالبيانات

منذ العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين، شهد التعلم الآلي تطورًا كبيرًا، مما أدى إلى موجة جديدة من الذكاء الاصطناعي.
في أواخر العقد الثاني، دخل التعلم الآلي أيضًا في مجال تخطيط المدن، وأصبح الآن الاتجاه السائد في تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي [8].
لم يعد التعلم الآلي بحاجة إلى استخراج المعرفة، بل يتعلم من كميات كبيرة من "البيانات "التجريبية، مما يسمح للآلة بتجميع المعرفة بنفسها، ثم استخدام المعرفة المكتسبة في اتخاذ القرارات وحل المشكلات.
تتجنب طرق التعلم الآلي خصائص المعرفة التخطيطية الغامضة وغير الواضحة، وصعوبة استخراج المعرفة وتعبيرها.
من جهة أخرى، فإن البيانات هي العنصر الأهم في التعلم الآلي، حيث يتم "تدريب "الآلة باستخدام البيانات.
تُعتبر البيانات الضخمة المصدر المثالي للبيانات اللازمة للتعلم الآلي، وهذا هو سبب ازدهار الذكاء الاصطناعي في عصر البيانات الضخمة.
تعتبر تقنيات التخطيط المعتمدة على التعلم الآلي تقنيات مدفوعة بالبيانات.

يُعتبر استخدام التعلم الآلي لتقييم جودة البيئة المبنية في الشوارع، استنادًا إلى صور الشوارع، من الاستخدامات الشائعة [39].
تُعتبر تقييمات جودة البيئة المبنية تقنية تخطيط مدفوعة بالكامل بالبيانات، حيث يتم تحقيق الحكم الذكي من خلال تدريب البيانات الضخمة المتعلقة بالصور.
تم استكشاف استخدام تقنيات مثل التعلم الآلي في توليد خطط التخطيط [40-41].

على سبيل المثال، من خلال تعلم أنماط شبكات الطرق الحضرية، أصبح بالإمكان توليد شبكة طرق تتكامل تلقائيًا مع معايير المناطق التاريخية، مما يُعتبر قرارًا في التصميم]15[.
ومن الجدير بالذكر أن النوع الأخير يُعد استخدامًا قراريًا، بينما النوع الأول يُعتبر استخدامًا تحليليًا.

في عام 2023 كقوة جديدة (AIGC) برز الذكاء الاصطناعي في إنشاء المحتوى.
يتعلق AIGC بتقنيات التعلم العميق ومعالجة اللغة الطبيعية، ويمكن اعتباره شكلًا من أشكال التطبيقات العملية للتعلم الآلي. استنادًا إلى نماذج كبيرة شاملة، يتم الاستمرار في تدريب نماذج كبيرة متخصصة في التخطيط، ومن ثم استخدامها في إنشاء تقارير التخطيط والخرائط وما إلى ذلك.
عندما يمكن لنموذج متخصص فهم متطلبات مهام التخطيط المحددة، يمكنه إنتاج محتوى متنوع مثل النصوص التخطيطية والصور.
تُعتبر هذه التكنولوجيا مستقبلًا واعدًا في تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي.

4.3 فهم تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي من منظور "البيانات والمعرفة"

عند النظر إلى تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي من منظور "البيانات والمعرفة"، تظل المعرفة كلمة رئيسية.
كانت الأنظمة الخبيرة في بداياتها "مدفوعة بالمعرفة" وقائمة على "معرفة صندوق أبيض"، لكن الحصول على المعرفة التخطيطية كان أكبر صعوبة تواجهها.
تجعل تقنيات التعلم الآلي الحالية الآلات تُدرب نفسها على النماذج المعرفية من البيانات، وبالتالي تُعتبر المعرفة المستخلصة "معرفة صندوق أسود".
لأنه حتى الشخص الذي كتب الخوارزمية لا يعرف لماذا اتخذت الآلة هذا القرار، لأن هذه المعرفة "تُستخرج "من البيانات.
حتى تقنيات التخطيط المدفوعة بالبيانات لا تزال تعمل حول المعرفة، لكنها لا تتجاوز كونها "معرفة صندوق أسود".

من تطور تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي يمكن استخلاص أن البداية كانت من نماذج مدفوعة بالمعرفة، بينما جاء تطوير التعلم الآلي ليُدخل نماذج مدفوعة بالبيانات.
سواء كانت مدفوعة بالمعرفة أو بالبيانات، فإن تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي تستخدم حاليًا بشكل رئيسي لأغراض تحليلية، ولا تزال تواجه صعوبة في تلبية احتياجات الاستخدامات القرارية)انظر الجدول 3(.
تُحدد خصائص مجال التخطيط نفسها صعوبة اعتماد تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي على المعرفة فقط، ولا يمكن الاعتماد فقط على البيانات، لأن النتائج من التعلم الآلي تُعتبر "معرفة صندوق أسود"، حيث لا يمكن أن تُبنى قرارات التخطيط على "معرفة صندوق أسود".

جدول 3 أنماط وتقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي واستخداماتها

	专家系统ES/KBS	机器学习ML
技术范式	知识驱动	数据驱动
用途	决策	分析、决策

اقترح "بينغ "وآخرون]42 [أربع مراحل في العلاقة بين المخططين والذكاء الاصطناعي، تشمل المرحلة الأولى "مساعد بالذكاء الاصطناعي" (AI-assisted)، المرحلة الثانية "معزز بالذكاء الاصطناعي" (AI-augmented)، المرحلة الثالثة "آلي بالذكاء الاصطناعي" (AI-automatized). والمرحلة الرابعة "مستقل بالذكاء الاصطناعي" (AI-automated).
المثال المذكور سابقًا حول توليد الشبكات الطرقية تلقائيًا ينتمي إلى المرحلة الثالثة، حيث يتم تحديد أهداف التخطيط يدويًا، ويقدم الذكاء الاصطناعي الحلول.
تتمثل النقطة الأساسية في مراحل تخطيط المدن بالذكاء الاصطناعي في أنه لا يمكن استبعاد الإنسان في أي مرحلة من التخطيط، لأن التخطيط هو دائمًا نشاط قرار مركزي حول الإنسان.
من خلال فهم تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي من منظور "البيانات والمعرفة"، يمكننا فهم هذه النقطة الأساسية بشكل أفضل، لأن نشاط اتخاذ القرار الذي يتمحور حول الإنسان يحتاج إلى "معرفة صندوق أبيض "كدعم، وليس "معرفة صندوق أسود "الناتجة عن التعلم الآلي.

5 "من البيانات إلى المعرفة :"آفاق وتحديات تقنيات التخطيط الرقمي

5.1 المعرفة المدفوعة والبيانات المدفوعة

نموذج التقنية المدفوعة بالمعرفة يعتمد على معرفة مجال التخطيط لإكمال التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار، ويتطلب معرفة تخطيط معروفة كقاعدة.

على سبيل المثال :في نماذج المدن الكبيرة، يتم تقديم المعرفة التخطيطية في شكل معادلات رياضية؛ في الأنظمة الخبيرة، تُقدم المعرفة التخطيطية على شكل قواعد.

في نموذج التقنية المدفوعة بالمعرفة، تظل البيانات ضرورية، حيث يتم استخدام البيانات بناءً على المعرفة الأكاديمية لإكمال أغراض التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار.

نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات يعتمد على البيانات لإكمال التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار، دون الحاجة إلى معرفة تخطيط معروفة كقاعدة.

يمكن أن تستخرج التقنيات المدفوعة بالبيانات تأثيرات التخطيط، والعوامل المؤثرة، وآليات العمل مباشرة من البيانات، مثل تقنية التخطيط المعتمدة على البيانات الضخمة الزمانية والمكانية؛ أو تدرب نموذجًا على البيانات، ثم تستخدم النموذج في التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار، مثل تقنيات التخطيط بالذكاء الاصطناعي.

تستند المعرفة المدفوعة إلى نظام المعرفة في مجال التخطيط، وهي النموذج التقني الأصلي في هذا المجال.

بينما تم تطوير التقنيات المدفوعة بالبيانات نتيجة لتطور التكنولوجيا الرقمية، حيث ظهرت تقنيات التخطيط المدفوعة بالبيانات فقط بعد دمج التكنولوجيا الرقمية مع تقنيات التخطيط.

لقد ساهمت التكنولوجيا الرقمية بشكل كبير في تعزيز تطوير تقنيات التخطيط، وحل العديد من المشكلات التي كانت تعاني منها تقنيات التخطيط لفترة طويلة.

عند مراجعة تطور ثلاث فئات نموذجية من تقنيات التخطيط منذ التسعينيات، يمكن ملاحظة أن نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات أصبح الاتجاه السائد في تقنيات التخطيط الرقمي الحالية.

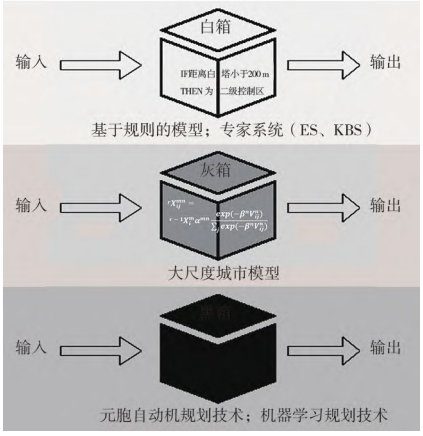
5.2 المعرفة :صندوق أبيض، صندوق رمادي، صندوق أسود

التكنولوجيا هي التطبيق العملي للأساليب العلمية"، هذا التعريف يوضح العلاقة بين المعرفة والتكنولوجيا".

عند مراجعة تطور ثلاث فئات نموذجية من تقنيات التخطيط الرقمي، يمكن ربط هذه التقنيات من خلال خيوط المعرفة، بحيث يمكن تصنيف العديد من تقنيات التخطيط الرقمي إلى "معرفة صندوق أبيض"، "معرفة صندوق رمادي"، و"معرفة صندوق أسود".

في النماذج القائمة على القواعد والأنظمة الخبيرة، تكون المعرفة "صندوقًا أبيض"؛ في النماذج الكبيرة للمدن، تكون المعرفة "صندوقًا رماديًا"؛ في تقنيات خلايا الأوتومات وتقنيات التعلم الآلي، تكون المعرفة "صندوقًا أسود".

انظر الشكل 1.



الشكل 1 المعرفة في تقنيات التخطيط الرقمي :صندوق أبيض، صندوق رمادي، صندوق أسود

تعتبر "المعرفة من نوع الصندوق الأبيض "موثوقة، ونأمل أن تكون التكنولوجيا التخطيطية المثالية مدفوعة بـ "المعرفة من نوع الصندوق الأبيض".

التحدي الأكبر الذي تواجهه "المعرفة من نوع الصندوق الأبيض "في علم التخطيط هو استخراج المعرفة وتعبيرها، أي كيفية تحويل المعرفة التخطيطية غير الواضحة والضمنية وغير المؤكدة إلى قواعد منظمة كـ "معرفة صندوق أبيض".

لقد أظهرت لنا تجربة الأنظمة الخبيرة أن هذه الصعوبة تحددها خصائص علم التخطيط نفسه.

وهذا هو عنق الزجاجة لنموذج التقنية المدفوعة بالمعرفة.

تتجنب تقنيات التخطيط المدفوعة بالبيانات مشكلة استخراج المعرفة وتعبيرها، ولكنها تأتي مع "معرفة صندوق أسود".

تعتبر تقنية الذكاء الاصطناعي المعتمدة على التعلم الآلي مثالًا نموذجيًا.

على الرغم من أن هذه التقنية قد تحقق نتائج مثيرة للإعجاب، إلا أن "معرفة الصندوق الأسود "الناتجة عنها تتعرض للنقد، تمامًا مثل "معرفة الصندوق الرمادي "في النماذج الحضرية الكبيرة.

لا يمكن أن تستند قرارات التخطيط ببساطة على "معرفة الصندوق الأسود"، خاصة في قرارات التخطيط الكبرى.

وهذا هو السبب في أن نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات يمكن أن يدعم بشكل جيد الاستخدامات التحليلية والمحاكاة، ولكنه يواجه صعوبة في دعم الاستخدامات القرارية.

5.3 "تحتاج تقنية التخطيط الرقمي إلى حل مفتاح "من البيانات إلى المعرفة"

إن الخصائص الفريدة لعلم التخطيط باعتباره نشاطًا مركزيًا للإنسان تحدد التغييرات في استخدامات التحليل والمحاكاة واتخاذ القرارات التي تتبناها التقنية الرقمية، كما تحدد تطور النماذج المعتمدة على البيانات والمعرفة.

لقد أخبرتنا الانتقادات الموجهة إلى التخطيط العقلاني أن هناك مشاكل واضحة في اتخاذ القرارات المستندة إلى المعرفة في تقنيات التخطيط التقليدية.

لقد أثرى النموذج المعتمد على البيانات وأعطى دفعة لتقنية التخطيط، ولكنه بنفس الوقت جلبت معه مشكلة "معرفة الصندوق الأسود".

مما جعل التكنولوجيا المعتمدة على البيانات مناسبة جدًا للاستخدامات التحليلية والمحاكاة، ولكنها تواجه صعوبات في اتخاذ القرارات، نظرًا لأن استخدام "معرفة الصندوق الأسود "في اتخاذ قرارات التخطيط يطرح مشاكل أكبر.

إن استخدام تقنية التخطيط لأغراض اتخاذ القرارات هو دومًا هدف علم التخطيط.

لتحقيق دعم فعال لأغراض اتخاذ القرار، يكمن مستقبل التقنية الرقمية للتخطيط في نموذج "مدفوع بالبيانات والمعرفة معًا".

يمكن أن تستخرج التقنيات الحالية "معرفة صندوق أسود".

إذا استطعنا حل كيفية التعلم من البيانات للحصول على "معرفة صندوق أبيض"، أو اكتشاف وفهم "معرفة صندوق أبيض " من نتائج التعلم الآلي، فإن استخدام "معرفة صندوق أبيض "لتحليل التخطيط والمحاكاة واتخاذ القرارات ينبغي أن يكون نهجًا موثوقًا وجيدًا.

استنادًا إلى نموذج "مدفوع بالبيانات والمعرفة"، من الضروري معالجة "من البيانات إلى المعرفة"، وبشكل أكثر تحديدًا، "من البيانات إلى 'معرفة صندوق أبيض'".

يجب أن نتعلم "معرفة صندوق أبيض "من البيانات، واستخدام "معرفة صندوق أبيض "لدفع أغراض التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار في التخطيط.

تتمثل الاتجاهات المستقبلية لتقنيات التخطيط الرقمي في نموذج "مدفوع بالبيانات والمعرفة معًا".

لحل "من البيانات إلى المعرفة"، يجب التعلم من البيانات لاستنتاج الأنماط، ودعم أغراض التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار.

حاليًا، أظهرت تقنيات AIGC والنماذج الكبيرة قيمتها المستقبلية وآفاقها.

يمكن استخدام نماذج كبيرة شاملة لتجاوز صعوبات التعبير عن المعرفة التخطيطية الغامضة وغير المؤكدة، ومن ثم بناء نماذج كبيرة متخصصة في التخطيط، لتضمين المعرفة الواضحة في مجال التخطيط، واستخدامها لدعم اتخاذ القرارات.

قد تكون هذه المسار التقني أحد الطرق القابلة للتطبيق لحل "من البيانات إلى المعرفة"، مما يستحق الاستكشاف.

6 الاستنتاجات والتطلعات

تحدد هذه الورقة مفهوم تقنيات التخطيط الرقمي واستخداماتها، وتستعرض من خلال بُعد البيانات والمعرفة نماذج تقنيتين، وتشرح الحدود والتحديات البحثية لتقنيات التخطيط الرقمي، وتخلص إلى النتائج الأربع التالية:

الأولى، تم تحديد مفهوم تقنيات التخطيط الرقمي، حيث تم التمييز بوضوح بين تقنيات التخطيط الرقمي والتكنولوجيا الرقمية.

تقنيات التخطيط الرقمي هي الأساليب المستخدمة في جميع مراحل عملية التخطيط، بما في ذلك تحليل الوضع القائم، ونمذجة التنبؤ، وصياغة الخطط، واختيار الخطط، وتنفيذ التخطيط، ورصد وتقييم التخطيط، حيث تتحمل ثلاث أنواع من الاستخدامات :التحليل، المحاكاة، اتخاذ القرار.

الثانية، يمكن تصنيف تقنيات التخطيط الرقمي إلى نموذجين تقنيين هما المدفوع بالبيانات والمدفوع بالمعرفة.

نموذج التقنية المدفوعة بالمعرفة هو النموذج المعتمد في تقنيات التخطيط، بينما نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات هو نتيجة دمج التكنولوجيا الرقمية مع تقنيات التخطيط.

تحدد نماذج التقنية المدفوعة بالبيانات والمعرفة استخدامات تقنيات التخطيط الرقمي.

الثالثة، لا تزال تقنيات التخطيط الرقمي المستخدمة لأغراض اتخاذ القرار تحتاج إلى تحسين.

يمكن أن يدعم نموذج التقنية المدفوعة بالبيانات بشكل جيد الاستخدامات التحليلية والمحاكاة، ولكن قيود "معرفة صندوق أسود "تجعل من الصعب استخدامها لقرارات التخطيط.

تحدد خصائص علم التخطيط نفسه قيود نماذج التقنية المدفوعة بالمعرفة، مثل صعوبات استخراج المعرفة وتعبيرها بشكل واضح.

تشير هذه النقاط إلى أن تقنيات التخطيط الرقمي لا تزال تواجه صعوبات في تلبية احتياجات الاستخدامات القرارية.

الرابعة، الاتجاه المستقبلي لتقنيات التخطيط الرقمي هو نحو نموذج "مدفوع بالبيانات والمعرفة معًا"، حيث يكمن المفتاح في حل "من البيانات إلى المعرفة"، من خلال استخدام التكنولوجيا الرقمية للتعلم من البيانات واستخراج "معرفة صندوق أبيض "في علم التخطيط، واستخدام "معرفة صندوق أبيض "لدعم أغراض التحليل والمحاكاة واتخاذ القرار.

يجب أن نعي أن تركيزنا الحالي على تقنيات التخطيط الرقمي واستكشاف النظريات الذكية للتخطيط ليس تراجعًا نحو التخطيط العقلاني "الذي كان قبل 60 عامًا".

حتى لو تمكنا في المستقبل من التغلب على تحديات "من البيانات إلى المعرفة"، فإن تقنيات التخطيط الرقمي ستظل تدعم التخطيط الذي يركز على الإنسان.

لقد كانت تقنيات التخطيط دائمًا موجهة للاستخدام من قبل البشر، وليست بديلًا عن قراراتهم، وهذا ما تحدده خصائص علم التخطيط نفسه.

Note

① هذه العبارة مترجمة من قاموس كامبريدج الأكاديمي (Cambridge Academic Content Dictionary) [من إصدار عام 2017]، والذي يعرّف التكنولوجيا (technology) بأنها : جامعة كامبريدج (Cambridge University Press) "التكنولوجيا هي طريقة معينة تُستخدم فيها العلوم لأغراض عملية".

② في انتقادات التخطيط العقلاني في السبعينيات، تم انتقاد نماذج المدن الكبيرة بشكل مباشر باعتبارها "صندوقًا أسود " من المعرفة .إذا قارنّا نماذج المدن الكبيرة مع المعرفة في النماذج التي ظهرت لاحقًا مثل خلايا الأوتومات والتعلم الآلي، (CA) فإن نماذج المدن الكبيرة تُعتبر أكثر ملائمة لتوصيفها بأنها "صندوق رمادي "من المعرفة.

References

[1] WHITE G, ZINK A, CODECÁ L, et al. A digital twin smart city for citizen feedback[J]. Cities, 2021, 110: 103064.

[2] SILVENNOINEN H, KULIGA S, HERTHOGS P. et al. Effects of Gehl's urban design guidelines on walkability: a virtual reality experiment in Singaporean public housing estates[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2022, 49(9): 2409-2428.

[3] 王垚, 钮心毅, 宋小冬. 基于城际出行的长三角城市群空间组织特征[J]. 城市规划,2021, 45(11): 43-53.

[4] 杨俊宴, 邵典, 王桥, 等. 一种人工智能精细识别城市用地的方法探索: 基于建筑形态与业态大数据[J]. 城市规划, 2021, 45(3): 46-56.

[5] 王建国, 杨俊宴. 应对城市核心价值的数字化城市设计方法研究: 以广州总体城市设计为例[J]. 城市规划学刊, 2021(4): 10-17.

[6] 钮心毅, 林诗佳. 城市规划研究中的时空大数据: 技术演进、研究议题与前沿趋势 [J]. 城市规划学刊, 2022(6): 50-57.

[7] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018(1): 6-11.

[8] KOUTRA S, IOAKIMIDIS C S. Unveiling the potential of machine learning applications in urban planning challenges[J]. Land, 2022, 12(1): 83.

[9] 吴志强, 甘惟, 刘朝晖, 等. AI 城市: 理论与模型架构[J]. 城市规划学刊, 2022(5): 17-23.

[10] 麦克哈格. 设计结合自然[M]. 芮经纬, 译.天津: 天津大学出版社, 2020.

[11] CARVER S J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems[J]. International Journal of Geo‑graphical Information System, 1991, 5(3):321-339.

[12] MALCZEWSKI J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview[J]. Progress in Planning, 2004, 62(1): 3-65.

[13] KONTOKOSTA C E, FREEMAN L, LAI Y. Up-and-coming or down-and- out? social media popularity as an indicator of neighborhood change[J]. Journal of Planning Education and Research, 2021: 0739456X21998445.

[14] KIKUCHI H, EMBERGER G, ISHIDAH. et al. Dynamic simulations of compact city development to counter future population decline[J]. Cities, 2022, 127: 103753.

[15] FANG Z, JIN Y, YANG T. Incorporating planning intelligence into deep learning: a planning support tool for street network design[J]. Journal of Urban Technology, 2022, 29(2): 99-114.

[16] LEE D B. Retrospective on large-scale urban models[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 35-40.

[17] WEGENER M. Operational urban models state of the art[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 17-29.

[18] KLOSTERMAN R E. Large-scale urban models retrospect and prospect[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 3-6.

[19] WADDELL P A. Behavioral simulation model for metropolitan policy analysis and planning: residential location and housing market components of urbansim[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2000, 27(2): 247-263.

[20] KAKARAPARTHI S K, KOCKELMANK M. Application of urbansim to the Austin, Texas, region:

integrated-model forecasts for the year 2030[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2011, 137(3):238-247.
[21] LANDIS J D. The California urban futures model: a new generation of metropolitan simulation models[J]. Environment and Planning B: Planning and Design,1994, 21(4): 399-420.
[22] KLOSTERMAN R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment and Planning B: Planning and Design,1999, 26(3): 393-408.
[23] PETTIT C, BIERMANN S, PELIZAROC. et al. A data-driven approach to exploring future land use and transport scenarios: the online what if? tool[J]. Journal of Urban Technology,2020, 27(2): 21-44.
[24] LANDIS J D. Imagining land use futures: applying the California urban futures model [J], Journal of the American Planning Association, 1995, 61(4), 438-457.
[25] COUCLELIS H. From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation[J]. Environment and Planning B: Planning and Design,1997, 24(2): 165-174.
[26] BENENSON I. Multi-agent simulations of residential dynamics in the city[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1998, 22(1): 25-42.
[27] CLARKE K C, GAYDOS L J. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore[J]. International Journal of Geographical Information Science,1998, 12(7): 699-714.
[28] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.
[29] BWAMBALE A, CHOUDHURY C F, HESS S. Modelling trip generation using mobile phone data: a latent demographics approach[J]. Journal of Transport Geography,2019, 76: 276-286.
[30] ZHANG Y T, LI Q Q, TU W, et al. Functional urban land use recognition integrating multi-source geospatial data and crosscorrelations[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2019, 78: 101374.
[31] VAN MEETEREN M, POORTHUIS A. Christaller and “big data”: recalibrating central place theory via the geoweb[J]. Urban Geography, 2018,39(1):122-148.
[32] ORTOLANO L, PERMAN C D. A planner's introduction to expert systems[J]. Journal of the American Planning Association, 1987, 53(1): 98-103.
[33] KIM T J, WIGGINS L L, Wright J R. Expert systems: applications to urban planning [M]. New York, NY: Springer New York, 1990.
[34] DAVIS J R, GRANT I W. ADAPT: A knowledge-based decision support system for producing zoning schemes[J]. Environ‐ ment and Planning B: Planning and De‐sign,1987, 14(1):53-66.
[35] FINDIKAKI I. SISES: an expert system for site selection[M]//Expert systems: applications to urban planning. New York, NY: Springer New York, 1990.
[36] [36] 陈秉钊, 潘志伟, 宋小冬, 等. 城镇建设项目规划管理智能辅助决策系统[J]. 计算结构力学及其应用, 1989, 6(2): 1-10.
[37] HAN S Y, KIM T J. Can expert systems help with planning? [J]. Journal of the American Planning Association, 1989, 55(3): 296-308.
[38] RUBENSTEIN-MONTANO B. A survey of knowledge-based information systems for urban

planning: moving towards knowledge management[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2000, 24(3): 155-172.

[39] 叶宇, 张昭希, 张啸虎, 等. 人本尺度的街道空间品质测度: 结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J]. 国际城市规划,2019, 34(1): 18-27.

[40] 杨俊宴, 朱骁. 人工智能城市设计在街区尺度的逐级交互式设计模式探索[J]. 国际城市规划, 2021, 36(2): 7-15.

[41]甘惟, 吴志强, 王元楷, 等. AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 12-18.

[42] PENG Z R, LU K F, LIU Y. et al. The pathway of urban planning AI: from planning support to plan-making[J]. Journal of Planning Education and Research, 2023: 0739456X231180568.

المراجع

[1] وايت، ج.، زينك، أ.، كودكا، ل. وآخرون. مدينة ذكية بنموذج رقمي للتوأمة الرقمية لاستقبال ملاحظات المواطنين [J]. مجلة Cities103064 المجلد 110: 2021، .

[2] سيلفينوينين، هـ.، كوليغا، س.، هيرتوغس، ب. وآخرون. تأثير إرشادات تصميم المدن لجيل على إمكانية المشي: تجربة واقع افتراضي في مجمعات الإسكان العام في سنغافورة [J]. مجلة Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science49، 2022، (9): 2409-2428.

[3] وانغ ياو، نيو شين يي، سونغ شياو دونغ. خصائص التنظيم المكاني لمجموعة مدن دلتا نهر يانغتسي بناءً على التنقل بين المدن [J]. مجلة تخطيط المدن، 2021، 45(11): 43-53.

[4] يانغ جون يان، شاو ديان، وانغ تشياو، وآخرون. استكشاف طريقة دقيقة للتعرف على استخدام الأراضي في المدن باستخدام الذكاء الاصطناعي: استناداً إلى شكل المباني وبيانات الأنشطة التجارية [J]. مجلة تخطيط المدن، 2021، 45(3): 46-56.

[5] وانغ جيان قوه، يانغ جون يان. دراسة طرق التصميم الرقمي للمدن لمواجهة القيم الأساسية للمدن: مثال على التصميم الحضري العام لمدينة قوانغتشو [J]. مجلة Urban Planning Forum2021 ، (4): 10-17.

[6] نيو شين يي، لين شي جيا. البيانات الضخمة المكانية والزمانية في أبحاث تخطيط المدن: التطور التقني، القضايا البحثية، والاتجاهات المستقبلية [J]. مجلة Urban Planning Forum2022 ، (6): 50-57.

[7] وو تشي تشيانغ. التخطيط الحضري بمساعدة الذكاء الاصطناعي [J]. مجلة Architectural Times2018 ، (1): 6-11.

[8] كوترا، س.، إيوكيميديس، ك. س. الكشف عن إمكانيات تطبيقات التعلم الآلي في تحديات التخطيط الحضري [J]. مجلة Land12، 2022، (1): 83.

[9] وو تشي تشيانغ، غان وي، ليو تشاو هوي، وآخرون. مدن الذكاء الاصطناعي: النظرية والبنية المعمارية للنماذج [J]. مجلة Urban Planning Forum2022 ، (5): 17-23.

[10] ماك هارج. التصميم مع الطبيعة [M]. 2020. ترجمة: ري جينغ وي. تيانجين: دار نشر جامعة تيانجين.

[11] كارفر، س. ج. دمج التقييم متعدد المعايير مع أنظمة المعلومات الجغرافية [J]. المجلة الدولية لأنظمة المعلومات الجغرافية، 1991، 5(3): 321-339.

[12] مالكزويسكي، ج. تحليل ملاءمة استخدام الأراضي المستند إلى نظم المعلومات الجغرافية: نظرة نقدية [J]. مجلة Progress in Planning62، 2004، (1): 3-65.

[13] كونتوكوستا، س. إ.، فريمان، ل.، لاي، ي. صعود أم انهيار؟ شعبية وسائل التواصل الاجتماعي كمؤشر على التغير في الأحياء [J]. مجلة Journal of Planning Education and Research2021 ،: 0739456X21998445.

[14] كيكوتشي، هـ.، إمبيرغر، ج.، إيشي داه وآخرون. محاكاة ديناميكية لتطوير المدينة المدمجة لمواجهة انخفاض السكان

في المستقبل [J]. مجلة Cities127، 2022، : 103753.
[15] فانغ ز.، جين ي.، يانغ ت. دمج الذكاء التخطيطي في التعلم العميق: أداة دعم التخطيط لتصميم شبكات الشوارع [J]. مجلة Journal of Urban Technology29، 2022، (2): 99-114.
[16] لي، د. ب. مراجعة على نماذج المدن واسعة النطاق [J]. مجلة Journal of the American Planning Association60، 1994، (1): 35-40.
[17] فيجنر، م. النماذج الحضرية التشغيلية: حالة الفن [J]. مجلة Journal of the American Planning Association، 60، 1994(1): 17-29.
[18] كلوزرمان، ر. إ. نماذج المدن واسعة النطاق: مراجعة وتوقعات [J]. مجلة Journal of the American Planning Association60، 1994، (1): 3-6.
[19] وادل، ب. أ. نموذج محاكاة سلوكي لتحليل السياسات الحضرية وتخطيطها: مكونات الموقع السكني وسوق الإسكان في Urbansim [J]. مجلة Environment and Planning B: Planning and Design27، 2000، (2): 247-263.
[20] كاكارابارثي، س. ك.، كوكلمانك، م. تطبيق Urbansim على منطقة أوستن، تكساس: توقعات النماذج المتكاملة لعام 2030 [J]. مجلة Journal of Urban Planning and Development137، 2011، (3): 238-247.
[21] لانديس جيه دي. نموذج المستقبلات الحضرية في كاليفورنيا: جيل جديد من نماذج المحاكاة الحضرية [J]. البيئة والتخطيط B: 420-399 :(4)21، 1994، التخطيط والتصميم.
[22] كلويسترمَن ر إي. نظام دعم التخطيط التعاوني "ماذا لو؟ [J]. البيئة والتخطيط B: ، 1999، التخطيط والتصميم، 26(3): 393-408.
[23] بتيت سي، بييرمان إس، بيلزاروك سي. وآخرون. نهج قائم على البيانات لاستكشاف سيناريوهات استخدام الأراضي والنقل المستقبلية: أداة "ماذا لو؟" عبر الإنترنت [J]. مجلة التكنولوجيا الحضرية، 2020، 27(2): 21-44.
[24] لانديس جيه دي. تخيل مستقبليات استخدام الأراضي: تطبيق نموذج المستقبلات الحضرية في كاليفورنيا ، مجلة [J]. جمعية التخطيط الأمريكية، 1995، 61(4)، 438-457.
[25] كوكليليس إتش. من الأوتوماتا الخلوية إلى النماذج الحضرية: مبادئ جديدة لتطوير وتنفيذ النماذج البيئة والتخطيط .[J] التخطيط والتصميم، 1997، 24(2): 165-174 :B.
[26] بيننسون إي. المحاكاة متعددة الوكلاء للديناميكيات السكنية في المدينة الكمبيوترات، البيئة والأنظمة الحضرية، .[J] 1998، 22(1): 25-42.
[27] كلارك كيه سي، غايدوس إل جي. الربط المرن بين نموذج الأوتوماتا الخلوية ونظام المعلومات الجغرافية: التنبؤ بالنمو الحضري طويل الأجل لسان فرانسيسكو وواشنطن / بالتيمور المجلة الدولية لعلوم المعلومات الجغرافية، 1998، .[J] 12(7): 699-714.
[28] راتي سي، فرينشمان دي، بولسيلي آر إم، وآخرون. المناظر المتنقلة: استخدام بيانات الموقع من الهواتف المحمولة لتحليل حضري [J]. البيئة والتخطيط B: 748-727 :(5)33، 2006، التخطيط والتصميم.
[29] بوامبالي أيه، تشودوري سي إف، هيس إس. نمذجة توليد الرحلات باستخدام بيانات الهواتف المحمولة: نهج التركيبة السكانية الكامنة [J]. مجلة جغرافيا النقل، 2019، 76: 276-286.
[30] تشانغ واي تي، ليه كيو كيو، توه دبليو، وآخرون. التعرف على استخدام الأراضي الحضرية الوظيفية باستخدام بيانات جغرافية متعددة المصادر والتداخلات المتبادلة [J]. الكمبيوترات، البيئة والأنظمة الحضرية، 2019، 78: 101374.
[31] فان ميتيرين إم، بورثويز إيه. كريستالر و"البيانات الضخمة": إعادة معايرة نظرية الأماكن المركزية عبر الجيوويب [J]. الجغرافيا الحضرية، 2018، 39(1): 122-148.
[32] أورطولانو إل، بيرمان سي دي. مقدمة من المخططين لأنظمة الخبراء [J]. مجلة جمعية التخطيط الأمريكية، 1987، 53(1): 98-103.
[33] كيم تي جيه، ويغينز إل إل، رايت جيه آر. أنظمة الخبراء: التطبيقات في التخطيط الحضري [M]. نيويورك، نيويورك: سبرينغر نيويورك، 1990.
[34] ديفيس جيه آر، غرانت آي دبليو. ADAPT: نظام دعم اتخاذ القرارات القائم على المعرفة لإنتاج خطط تقسيم المناطق [J]. البيئة والتخطيط B: 66-53 :(1)14، 1987، التخطيط والتصميم.
[35] فينديكاكي آي. سيسيس: نظام خبير لاختيار المواقع [M]// أنظمة الخبراء: التطبيقات في التخطيط الحضري. نيويورك، نيويورك: سبرينغر نيويورك، 1990.

[36] تشن بينغتشاو، بان تشي وي، سونغ شياودونغ، وآخرون. نظام دعم اتخاذ القرار الذكي لإدارة تخطيط مشاريع البناء في ميكانيكا الهيكل الحاسوبي وتطبيقاتها، 1989، 6(2): 1-10 .[J] المدن.
[37] هان إس واي، كيم تي جيه. هل يمكن لأنظمة الخبراء أن تساعد في التخطيط؟ مجلة جمعية التخطيط الأمريكية، .[J] 1989، 55(3): 296-308.
[38] روبنشتاين-مونتانو بي. مسح لأنظمة المعلومات القائمة على المعرفة للتخطيط الحضري: التحرك نحو إدارة المعرفة .[J] الكمبيوترات، البيئة والأنظمة الحضرية، 2000، 24(3): 155-172.
[39] يي يو، تشانغ زهاو شي، تشانغ شياو هو، وآخرون. قياس جودة الفضاءات الشارعية بمقياس إنساني: إطار تقييم كبير التخطيط الحضري الدولي، 2019، 34(1): 18-27 .[J] ودقيق باستخدام بيانات مشهد الشارع وتقنيات التحليل الحديثة.
[40] يانغ جون يان، تشو شياو. استكشاف نمط التصميم التفاعلي المتدرج لتصميم المدن باستخدام الذكاء الصناعي على التخطيط الحضري الدولي، 2021، 36(2): 7-15 .[J] نطاق حي.
[41] كان وي، وو تشي تشيانغ، وانغ يوان كاي، وآخرون. بناء نموذج نظري لتصميم المدن باستخدام AIGC [J]. مجلة التخطيط العمراني، 2023(2): 12-18.
[42] بينغ زي آر، لو كي إف، ليو واي. وآخرون. مسار الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري: من دعم التخطيط إلى صناعة الخطط [J]. 0739456 :2023 ،مجلة تعليم وبحث التخطيط X231180568.