بناء نموذج تشخيصي ذكي لتقييم الفحص الحضري بالمؤشرات عبر دمج النماذج اللغوية الكبيرة

المؤلفون

وانغ كانغشو، تشانغ شانشي، تشن تشنغ، تشن فنغ، تشين شياو، تشانغ ييشو

الملخص

في سياق التحول الرقمي والذكي لحوكمة الفضاء الإقليمي، ينتقل فحص المدن وتقييمها من رصد المؤشرات إلى التشخيص الشامل. غير أن التقييم المتمحور حول المؤشرات ما يزال يميل إلى وصف الشذوذ وصفا سطحيا، بينما يظل الربط بين تحليل البيانات والمعرفة التخطيطية المهنية محدودا. تنظر هذه الدراسة إلى تقييم المؤشرات بوصفه عملية معرفية منهجية لفهم حالة تشغيل النظم الحضرية المركبة، وتقترح أنطولوجيا تشخيصية من ثلاثة مستويات هي: العرض، والتفسير، والقرار (S-E-D). وبناء على ذلك، تطور الدراسة منهجا قائما على نموذج لغوي كبير معزز بالمعرفة، يدعم تحليل المؤشرات، وتفسير الأسباب، وتوليد الاستراتيجيات في ظل قيود المعرفة التخطيطية، وذلك من خلال المعالجة البنيوية لوثائق التخطيط والمعايير الفنية. وتبين دراسة حالة نانجينغ أن المنهج المقترح يحقق أداء جيدا في دمج المؤشرات المتعددة، واتساق الاستدلال، وقابلية تفسير التوصيات الاستراتيجية. وتقدم الدراسة مرجعا منهجيا لتحويل تقييم المؤشرات الحضرية من ممارسة معتمدة على الخبرة إلى تشخيص ذكي قابل للتكرار والتتبع.

الكلمات المفتاحية

فحص المدن وتقييمها؛ حوكمة الفضاء الإقليمي؛ النماذج اللغوية الكبيرة؛ التشخيص الذكي

1 الخلفية: التحول الرقمي والذكي في فحص المدن وتقييمها

1.1 تحول النموذج: من رصد المؤشرات إلى الإدراك الذكي

يمثل فحص المدن وتقييمها أداة مهمة لمتابعة تنفيذ التخطيط المكاني الإقليمي وتحسين جودة الحوكمة المكانية. ومع التقدم المتدرج في بناء منظومة مراقبة التنفيذ ضمن إطار "دمج الخطط المتعددة"، أصبح الفحص الحضري آلية منتظمة لفهم تشغيل المدينة، واكتشاف مشكلات تنفيذ التخطيط، ودعم التعديل التكيفي للسياسات [1-3]. وقد تطورت الممارسات المحلية حول فحص المؤشرات، وفحص المهام، والفحص الموضوعي، ويعد فحص المؤشرات المدخل الأكثر مباشرة لإدراك حالة تشغيل الفضاء الحضري [4].

يرتكز تقييم المؤشرات التقليدي غالبا على المقارنة الإحصائية، والمطابقة مع الأهداف، وإعداد التقارير الدورية. وهو فعال في تحديد ما إذا كان مؤشر منفرد قد بلغ هدفه، لكنه أقل قدرة على تفسير أسباب الانحراف أو بيان كيفية التدخل. ومع توسع البنية الرقمية، وبيانات الزمان والمكان، ومنصات تشغيل المدن، ينتقل فحص المؤشرات من مراجعة إحصائية لاحقة إلى استشعار دينامي مستمر. كما يدفع بناء شبكة مراقبة تنفيذ التخطيط المكاني الإقليمي إلى زيادة الطلب على التقييم الديناميي، والتشخيص الذكي، ودعم القرار [5-7]. ومن ثم لم تعد المهمة الجوهرية لفحص المؤشرات هي مراقبة القيم فحسب، بل بناء عملية معرفية ذكية تدمج تحديد المشكلة، وتفسير الآلية، وتوليد الاستراتيجية.

1.2 المأزق العملي: الاعتماد على الخبرة وضعف تكامل المعرفة

رغم أن البيانات متعددة المصادر حسنت اتساع الرصد وتوقيته، فإن القدرة التشخيصية العميقة في الممارسة الحالية ما تزال مقيدة بمشكلتين. تتمثل الأولى في الاعتماد الكبير على الخبرة المهنية. فالأنظمة الحضرية مركبة ومتشابكة ومتعددة المقاييس وغير خطية؛ وقد تنطوي تغيرات المؤشرات على آثار متأخرة، وتفاعلات عابرة للقطاعات، وروابط سببية خفية [8]. وغالبا ما يحتاج المخططون إلى تفسير بيانات مجزأة وعالية التواتر عبر الحكم المهني، في حين يصعب استخراج سلاسل سببية مستقرة مباشرة منها. لذلك قد تتوقف نتائج التقييم عند قائمة للمؤشرات الشاذة، وتعتمد كثيرا على خبرة الأفراد، بما يجعل تحديد الأسباب البنيوية وقواعد القرار القابلة للنقل أمرا صعبا [9].

وتتمثل المشكلة الثانية في ضعف تكامل المعرفة التخطيطية. فالوثائق السياساتية، والإرشادات الفنية، والخطط القانونية، وتقارير التقييم، وخبرة الخبراء تشكل معا المنطق المهني لتشخيص صحة المدينة. أما الأساليب الرقمية القائمة، فهي قوية نسبيا في الحساب والتمثيل البصري، لكنها ضعيفة في تنظيم النصوص التخطيطية غير المهيكلة وإدماجها في مسارات الاستدلال. وينتج عن ذلك فجوة بين بيانات الرصد والمعرفة التخطيطية المهنية [10]. فالطرائق المدفوعة بالبيانات لا تستطيع بطبيعتها تمثيل القواعد المؤسسية

وآليات التخطيط ومنطق الحوكمة المكانية، بينما يظل الاستدلال القائم على القواعد محدودا عند الحاجة إلى دمج مصادر معرفية متغايرة [11]. ومن ثم يلزم إطار جديد يصل بين الارتباطات البيانية وقيود المعرفة.

1.3 الفرصة التقنية: الاستدلال الذكي المعزز بالمعرفة

تتيح النماذج اللغوية الكبيرة فرصة تقنية جديدة لتشخيص المؤشرات الحضرية بفضل قدرتها على الفهم الدلالي، والربط المعرفي، وتوليد اللغة الطبيعية. وقد استعملت نماذج اللغة المدربة مسبقا والمعززة بالمعرفة، والتوليد المعزز بالاسترجاع، والاسترجاع الكثيف، والاستدلال القائم على الوكلاء في مجالات مثل المالية، والمحاسبة، والطب، والتعليم، ومساعدة البرمجة [13-21]. ولا تكمن قيمتها في توليد النصوص فحسب، بل في تنظيم المعرفة التخصصية، واسترجاع الأدلة الملائمة، وبناء سلاسل استدلال منظمة.

في فحص صحة المدن، يمكن للنماذج اللغوية الكبيرة أن تجمع نصوص التخطيط، ومعايير السياسات، وبيانات المؤشرات، والمعلومات السياقية، فتدعم التفسير الدلالي والاستدلال متعدد الخطوات. غير أن التطبيقات الحالية في مجال التخطيط لا تزال تتركز غالبا في تفسير السياسات، أو الإجابة المعرفية عن الأسئلة، أو شرح مؤشر منفرد، ولم تشكل بعد نموذجا كاملا يربط فهم المؤشر، وتفسير السبب، والحكم التخطيطي الشامل [22-23]. لذلك تعيد هذه الدراسة تصور فحص المؤشرات بوصفه عملية تشخيص معرفي للأنظمة الحضرية المركبة، وتبني أنطولوجيا S-E-D، وتستكشف طريقة تحليل ذكية قائمة على نموذج لغوي كبير معزز بالمعرفة.

2 بناء الأنطولوجيا المعرفية وآلية التعزيز المعرفي

2.1 إعادة بناء أنطولوجيا التشخيص: أنطولوجيا S-E-D المعرفية

ينبغي فهم فحص المؤشرات الحضرية لا بوصفه مراقبة تقنية بسيطة، بل عملية تشخيص شاملة موجهة إلى الأنظمة الحضرية التكيفية المركبة [24]. ولا يتمثل موضوعه في المقارنة الساكنة لمؤشرات منفردة، بل في علاقات الاقتران، والانحرافات، والمخاطر بين النظم الفرعية المكانية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية والمؤسسية [25-26]. تستطيع المقارنة المعيارية والأوزان الخطية تحديد ما إذا كان المؤشر قد انحرف عن الهدف، لكنها لا تفسر بصورة كافية أسبابه ومساراته ودلالاته الحوكمية.

استجابة لهذا القصور، تقترح الدراسة أنطولوجيا معرفية لتشخيص المؤشرات تتكون من ثلاثة عناصر: العرض، والتفسير، والقرار. وتعيد هذه الأنطولوجيا تنظيم عملية التقييم في سلسلة معرفية مغلقة تبدأ بإدراك الحالة، ثم إسناد الآليات السببية، ثم إنتاج الاستجابة التخطيطية.

2.1.1 طبقة العرض: إدراك الحالة وتحديد الانحراف

تحول طبقة العرض حالة تشغيل المدينة إلى إشارات مشكلة قابلة للتعرف والمقارنة. فهي تحدد ما إذا كانت المؤشرات تنحرف عن أهداف التخطيط، أو المعايير الفنية، أو المسارات التاريخية، أو النطاقات المتوقعة، وتركز كذلك على الديناميات الزمنية والارتباطات بين المؤشرات. وبالمقارنة مع المقارنة الساكنة للقيم، تؤكد هذه الطبقة المعنى الدلالي للمؤشرات داخل سياقات تخطيطية محددة. ويكون ناتجها وحدات عرض بنيوية، مثل التراجع، أو التقلب، أو عدم المطابقة، أو ضغط العتبة، أو ضعف التنسيق.

2.1.2 طبقة التفسير: فهم الأسباب وإسناد الآليات

تنقل طبقة التفسير التحليل من سؤال "ما الذي تغير؟" إلى سؤال "لماذا تغير؟". فهي تربط الأداء الشاذ للمؤشرات بالبنية المكانية، وموارد المكان، ومرحلة التنمية، والقيود المؤسسية، والعمليات الاجتماعية والاقتصادية. ومن خلال قيود المعرفة التخطيطية يستطيع النموذج تجنب التفسيرات العامة المنفصلة عن السياق المحلي، وتحويل القيم الشاذة إلى تفسيرات سببية مدعومة بأدلة قابلة للتتبع. وتمثل هذه الطبقة الجسر الأساسي بين رصد البيانات والحكم التخطيطي المهني.

2.1.3 طبقة القرار: توليد الاستراتيجيات ومخرجات القرار

تحول طبقة القرار الإدراك التشخيصي إلى استراتيجيات حوكمة. وينبغي أن تتوافق الاستراتيجية مع الأسباب المحددة، وأهداف التخطيط، والشروط المؤسسية، ومسارات التنفيذ. ولا ينبغي أن تنتج توصيات عامة فقط، بل أن تنظم التدخلات وفق سلسلة العرض، وتشخيص الآلية، والتدخل الاستراتيجي. وبهذا المعنى يصبح فحص المؤشرات عملية استدلال تخطيطي قائمة على الأدلة، لا مجرد تقرير وصفي للتقييم.

2.2 مسار الاستدلال الذكي تحت قيود المعرفة

يتضمن مسار الاستدلال المعزز بالمعرفة ثلاث عمليات مترابطة. تتمثل الأولى في نمذجة المعرفة وتنظيمها بنيويا. إذ تخضع وثائق التخطيط، والمعايير الفنية، ونصوص السياسات، وتقارير التقييم، وخبرة الخبراء للتنظيف، والتجزئة، وتوحيد المصطلحات، ثم تحول

إلى وحدات دلالية قابلة للحساب. ويمكن لنماذج التضمين مثل S-BERT وBGE أن ترسم هذه الوحدات في فضاءات متجهية كثيفة، وأن تبني قاعدة معرفة تخطيطية متخصصة [27-30].

وتتمثل العملية الثانية في الاسترجاع الدلالي والجدولة الدينامية للمعرفة. فعند اكتشاف شذوذ في مؤشر معين، يسترجع النظام مقاطع معرفية عالية الصلة بحسب نوع المؤشر، وموضوع التخطيط، والسياق المكاني، ووصف المشكلة. ويمكن للاسترجاع المتجهي الكثيف التقاط التشابه الدلالي، في حين تحافظ القيود الرمزية والاسترجاع بالكلمات المفتاحية على المطابقة الدقيقة مع مصطلحات السياسات المحلية والمعايير وفئات التخطيط [31-32].

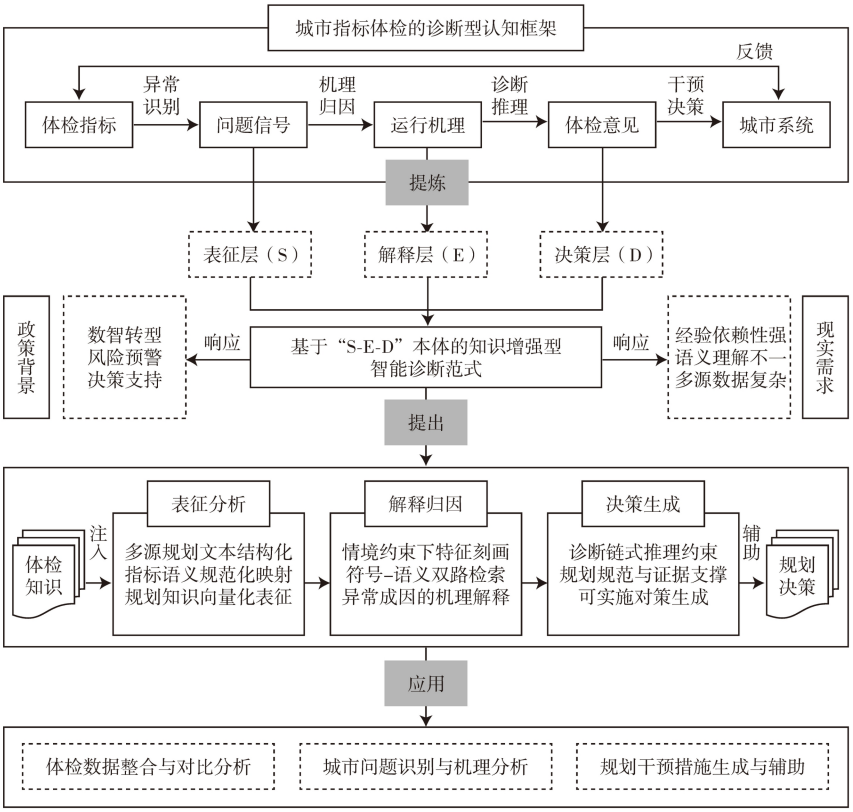
أما العملية الثالثة فهي توليد مدمج مضبوط بمسار الاستدلال. إذ يدخل التوليد المعزز بالاسترجاع الأدلة التخطيطية في سياق النموذج، بينما توجه المطالبات البنيوية النموذج إلى اتباع سلسلة S-E-D [33-36]. وتضبط المعاملات الفائقة للتوليد سلوك أخذ العينات بحيث تبقى المخرجات مستقرة، ومتماسكة، ومؤسسة على المعرفة المسترجعة. وبالمقارنة مع الضبط الدقيق داخل المجال، يتميز هذا النهج بانخفاض كلفة التدريب وتقليل خطر فرط التكيف. وهو يحول دور النموذج من تخزين المعرفة التخطيطية داخليا إلى استدعائها وتنظيمها والاستدلال بها.

الجدول 1. إعداد المعاملات الفائقة لتوليد النموذج اللغوي الكبير وآليات ضبطها.

المعامل	القيمة	النطاق	الوظيفة	آلية الضبط
Temperature	0.3	0-2	يضبط عشوائية التوليد وتنوعه	اعتماد قيمة منخفضة لتعزيز استقرار الاستدلال واتساق المنطق.
Top P	0.1	0-1	يختزل الرموز المرشحة وفق الاحتمال التراكمي	ضغط فضاء المرشحات، وتقليل التعابير منخفضة الاحتمال، وتعزيز حسم المخرجات.
Frequency penalty	0	0-1	يخفض احتمال تكرار الكلمات عالية التواتر	الحفاظ على تكرار المصطلحات لضمان اتساق التعبير التشخيصي البنيوي.
Presence penalty	0	0-1	يشجع إدخال محتوى جديد	ضبطه لتجنب الابتعاد عن المعرفة المسترجعة والحفاظ على تركيز التحليل حول المعطيات.
Max tokens	16384	0-16384	يحدد الطول الأقصى للتوليد الواحد	يدعم إدخال النصوص الطويلة والاستدلال متعدد الخطوات.

3 طريقة الاستدلال الذكي القائمة على أنطولوجيا S-E-D

تطور هذه الدراسة طريقة استدلال ذكية لفحص صحة المدن بالمؤشرات، تتمحور حول النموذج اللغوي الكبير. وتدمج الطريقة قاعدة معرفة تخطيطية، ومعلومات سياقية عن المؤشرات، ومطالبات استدلال مقيدة، فتوجه النموذج عبر سلسلة تحليل العرض، والإسناد التفسيري، وتوليد القرار. والهدف هو جعل تشخيص المؤشرات أكثر قابلية للتكرار والتتبع والتفسير.

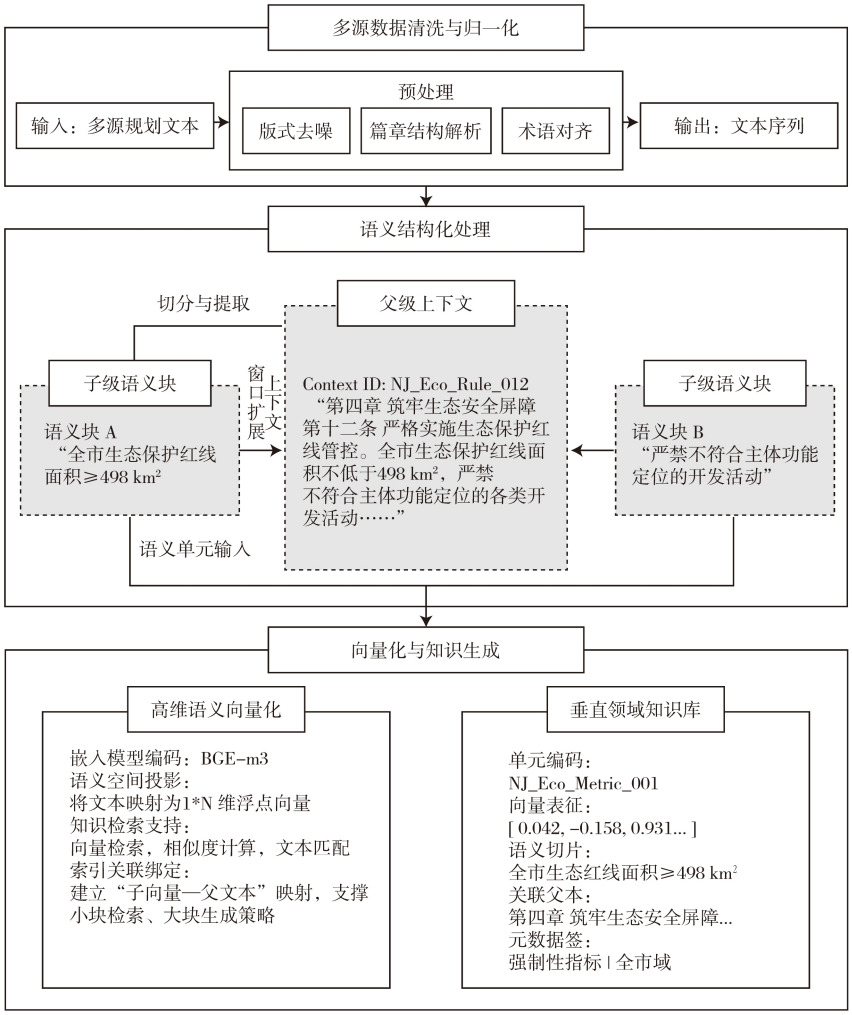


الشكل 1. الإطار التقني للتشخيص الذكي في تقييم الفحص الحضري بالمؤشرات على أساس الحلقة المعرفية المغلقة S-E-D.

3.1 تحليل العرض: بناء قاعدة المعرفة التخطيطية

يبدأ تحليل العرض ببناء قاعدة المعرفة التخطيطية. وتحول الوثائق السياساتية، والإجراءات الفنية، ونصوص التخطيط القانونية، وتقارير الفحص الحضري إلى وحدات معرفية قابلة للاسترجاع والحساب عبر تنظيف النصوص، وتحليل البنية، وتوحيد المصطلحات. وتوسم بيانات المؤشرات بحسب الفئة، والسنة، والقيمة، والمعيار، والعتبة، وهدف التخطيط، بينما تفكك النصوص التخطيطية إلى عناصر دلالية مثل الموضوع، والحالة، والمشكلة، والسبب، والتدبير.

ولتعزيز دقة الاسترجاع وإعادة بناء السياق، تعتمد قاعدة المعرفة بنية دلالية من مستويين. يسجل المستوى الأعلى المجال الموضوعي، وموضوع التخطيط، والمصدر المؤسسي لكل وحدة معرفية؛ ويسجل المستوى الأدنى معناها التشخيصي، ومنطقها السببي، واستجابتها السياساتية. وبعد تحويلها إلى متجهات، يمكن للقاعدة دعم بحث التشابه، واسترجاع الأدلة، وتجميع السياق اللازم لاستدلال النموذج.



الشكل 2. عملية التفكيك الدلالي وبناء قاعدة المعرفة التخطيطية الموجهة إلى تشخيص المؤشرات.

3.2 الإسناد التفسيري: استراتيجية استرجاع مدفوعة بالمعرفة

بعد تحديد المؤشرات الشاذة، ينتقل تركيز التحليل من سؤال وجود الشذوذ إلى سؤال سبب حدوثه. ولمنع النموذج العام من إنتاج تفسيرات مجردة عن السياق، تضع الطريقة المقترحة تغيرات المؤشرات داخل شروط الموقع، والخصائص الوظيفية، ومراحل التنمية، والقيود المؤسسية عبر قاعدة المعرفة التخطيطية. ويتم الاسترجاع من خلال الجمع بين القيود الرمزية والتشابه الدلالي. فالقيود الرمزية تضيق مجال الموضوع، وتضمن توافق الأدلة المسترجعة مع فئة التخطيط والوحدة المكانية والسياق السياساتي الصحيح؛ أما التشابه الدلالي فيلتقط العلاقة بين شذوذ المؤشر والمعرفة التخطيطية ذات الصلة. وينتج الدمج الموزون مجموعة من المقاطع الداعمة للتفسير السببي.

3.3 توليد القرار: نموذج استدلال تشخيصي قائم على الأدلة

يأتي توليد القرار بعد تحديد الشذوذ وتفسير أسبابه، فيحول التشخيص إلى استراتيجيات تخطيط وتوصيات حوكمة. وتدمج قوالب المطالبات البنيوية التعرف إلى المؤشر، وتحليل السبب، وتوليد التدابير المضادة ضمن مسار الاستدلال، بينما توفر المعرفة المسترجعة المعايير النظامية، وأسس السياسات، وقيود التخطيط المحلي. ومن خلال التوليد المعزز بالاسترجاع وضبط المعاملات الفائقة، يقلل النموذج القفزات غير المسندة وفجوات الدليل، فتغدو المخرجات أكثر قابلية للتتبع وأكثر ملاءمة للممارسة التخطيطية.

4 الدراسة التطبيقية: استكشاف تجريبي في مدينة نانجينغ

4.1 لمحة عن منطقة الدراسة ونظام المؤشرات

تقع نانجينغ، عاصمة مقاطعة جيانغسو، في الروافد الدنيا لنهر اليانغتسي ومنطقة جيانغهواي، وهي مدينة محورية في دلتا نهر اليانغتسي. وبحلول نهاية عام 2024 بلغ عدد سكانها الدائمين 9.577 مليون نسمة، وبلغ معدل التحضر 87.3%. ومنذ عام 2019 دفعت نانجينغ باستمرار أعمال فحص المدن وتقييمها، وشكلت بيانات مؤشرات مستقرة نسبيا وتقارير تقييم سنوية، مما يوفر أساسا مناسبا لاختبار التشخيص الذكي.

اختارت التجربة مؤشرات أساسية وثيقة الصلة بالتخطيط المكاني الإقليمي وتتوافر لها بيانات متصلة وقابلة للمقارنة. وبعد استبعاد مؤشرين بسبب انقطاع البيانات، أبقت الدراسة على 29 مؤشرا تجريبيا. كما نظمت تقارير فحص صحة المدينة في نانجينغ خلال الفترة 2019-2023، ودمجت 59 وثيقة أساسية من وثائق السياسات والتخطيط لبناء قاعدة معرفة تخطيطية بنيوية وقاعدة معرفة للمعايير والسياسات.

الجدول 2. تركيب نظام مؤشرات فحص وتقييم صحة مدينة نانجينغ لعام 2023.

المكون	التركيب المعتمد في التجربة	الدور التشخيصي
الأبعاد من المستوى الأول	السلامة، والابتكار، والتنسيق، والتنمية الخضراء، والانفتاح، والمشاركة	توفير الإطار العام لتقييم تشغيل المدينة.
نوع المؤشر	مؤشرات أساسية ومؤشرات موصى بها	التمييز بين عناصر الرصد الإلزامية وعناصر التقييم المحلية الممتدة.
عينة المؤشرات التجريبية	29 مؤشرا أساسيا بعد استبعاد مؤشرين ببيانات غير متصلة	دعم المقارنة عبر السنوات والاستدلال القائم على النموذج.
مواد المعرفة	تقارير التقييم 2019-2023 و59 وثيقة محورية من السياسات والتخطيط	توفير الأدلة المحلية، وقيود السياسات، وأسس التفسير التخطيطي.

4.2 التحقق التجريبي على أساس أنطولوجيا S-E-D

استخدمت التجربة نموذجا لغويا كبيرا معززا بالمعرفة من DeepSeek بحجم 671 مليار معلمة. وطُلب إلى النموذج تشخيص أداء المؤشرات وفق أنطولوجيا S-E-D، واسترجاع المعرفة التخطيطية ذات الصلة، وتوليد تفسيرات واستراتيجيات ذات أدلة صريحة.

4.2.1 التعرف إلى المؤشرات واستدعاء المعلومات

يمثل مؤشر مساحة خط الحماية الإيكولوجية الأحمر مثالا نموذجيا. فقد حددت قاعدة المعرفة المعيار النظامي لهذا المؤشر بأنه "عدم الانخفاض، مع الحفاظ على الاستقرار أو الزيادة المعتدلة حيثما أمكن". وتظهر البيانات أن مساحة خط الحماية الإيكولوجية الأحمر في نانجينغ بلغت 505.74 كيلومتر مربع عام 2020، ثم انخفضت إلى 496.64 كيلومتر مربع عام 2022، وتعافت قليلا إلى 498 كيلومتر مربع عام 2024. وقد تعرف النموذج إلى نمط يتمثل في توسع أولي، ثم تراجع، ثم تعاف طفيف. وعند النظر إلى هذا الاتجاه مع استقرار أو تراجع طفيف في أراضي البناء الحضرية والريفية، حكم النموذج بأن ضغط التنمية المكانية لا يزال قائما، لكن الحد الأدنى السياساتي لم يتعرض لاختراق جوهري. وبذلك جمع الناتج بين التعرف إلى الحالة، والحكم على الاتجاه الزمني، وتقييم الامتثال.

4.2.2 تفسير المشكلة والاستدلال السببي

في مرحلة التفسير، دمج النموذج مؤشرات تتعلق بالسلامة، والإيكولوجيا، واستخدام الأرض، والابتكار، والتنمية المكانية. ووضع القيم الشاذة ضمن شروط الموارد في نانجينغ، ومرحلة تنميتها، وقيودها المؤسسية. فعلى سبيل المثال، ارتبطت مؤشرات الأراضي الزراعية الأساسية الدائمة، ومنسوب المياه الجوفية، وتوسع أراضي البناء بقيود الموارد الطبيعية وقصور تخصيص أراضي البناء، بما يكشف ضغوطا على أمن الأرض والإيكولوجيا. كما أشارت زيادة أراضي البناء الحضرية والريفية، وانخفاض نسبة الأراضي الصناعية، وضعف كفاءة التخلص من الأراضي الخاملة، إلى تأخر إعادة هيكلة الصناعة وتجديد أراضي المخزون عن حاجات التنمية المدفوعة بالابتكار.

وأظهرت مؤشرات مثل كثافة السكان، وكثافة المباني، وتوفير الخدمات العامة أن توسع المدن الجديدة كان أسرع من استقدام السكان والوظائف، بما يعكس ضعفا في التنسيق بين الخطط وتعاظم استقلالية القرار على مستوى المناطق.
ومن خلال هذا المسار حول النموذج شذوذ المؤشرات إلى تفسيرات سببية قابلة للتتبع، بدلا من أحكام وصفية معزولة.
الجدول 3. أمثلة على علاقات المطابقة متعددة المستويات بين المؤشرات والمعرفة.

المؤشر النموذجي	معنى العرض	السبب المحتمل وأساس المعرفة	اتجاه الاستراتيجية
الأراضي الزراعية الأساسية الدائمة	يعكس الحد الأدنى لحماية الأراضي المزروعة وأمن الفضاء الزراعي	قد يشير التراجع المرحلي إلى ضغط توسع البناء أو قصور آليات تعويض الأراضي المزروعة؛ ويقيد التفسير بسياسات حماية الأراضي المزروعة ومتطلبات التخطيط المكاني الإقليمي.	تعزيز حماية الأراضي الزراعية الأساسية الدائمة، وتحسين بناء الأراضي الزراعية عالية المستوى، وتنسيق تنفيذ تعويض الأراضي المزروعة.
نقاط تجمع مياه الأمطار داخل المدينة	تعكس مرونة الصرف، وقدرة السيطرة على الفيضانات، وتشغيل البنية التحتية	قد يرتبط تجمع المياه بتقادم شبكات الأنابيب، ونقص قدرة احتجاز مياه الأمطار، وضعف الرصد الذكي؛ وترتبط الأدلة بمعايير المدينة الإسفنجية وتخطيط منظومة الصرف.	دفع بناء المدينة الإسفنجية، ومعالجة نقاط تجمع المياه، وتجديد شبكات الصرف، وتحسين الرصد والإنذار المبكر الذكيين.

4.2.3 دمج الاستراتيجيات ومخرجات القرار

في مرحلة القرار، ولد النموذج توصيات استراتيجية عبر الدمج بين السنوات والأبعاد. ففي مؤشرات الابتكار، ربط بين انخفاض نسبة الأراضي الصناعية، وانخفاض كفاءة أراضي المخزون، وعدم التوافق المكاني بين وظائف الابتكار والخدمات العامة. واقترح تحسين آلية تنشيط أراضي المخزون، وتنسيق تخطيط الأراضي الصناعية ومساحات الابتكار، وتعزيز الربط بين مناطق الابتكار والخدمات العامة وشبكات النقل، وصقل آليات الدعم السياساتي والمراقبة. وبالمقارنة مع التوصيات العامة، ارتبطت هذه المخرجات بوضوح أكبر بأدلة المؤشرات وقيود التخطيط.

4.3 تحليل مقارن لقدرات النماذج

4.3.1 تصميم التجربة وإطار التقييم

لمقارنة قدرات النموذج اللغوي الكبير المدرب مسبقا والنموذج المعزز بالمعرفة، أنشأت الدراسة إطار تقييم هرميا. شمل الاختبار 50 سؤالا موضوعيا و5 أسئلة مقالية. اختبرت الأسئلة الموضوعية التعرف إلى المؤشرات، ومطابقة نصوص السياسات، والمطابقة المعيارية، والاستدلال عبر الفترات. أما الأسئلة المقالية فاختبرت دمج المؤشرات المتعددة، وإسناد المشكلات إلى أسبابها، ودعم القرار. وراعى تقييم الخبراء فعالية الاستجابة، ووضوح المنطق، وغياب الأخطاء الواضحة، والاستعداد للاعتماد، ودرجة الثقة في التقييم، والتفضيل العام.
الجدول 4. إطار التقييم الهرمي.

طبقة التقييم	تصميم الأسئلة	القدرة المختبرة
التعرف الأساسي	أسئلة موضوعية حول معنى المؤشرات ومطابقة نصوص السياسات	التعرف إلى المؤشرات، واسترجاع المعلومات، ومطابقة السياسات المحلية.
المطابقة المعيارية والاستدلال عبر الفترات	أسئلة موضوعية حول المعايير، والمقارنة الزمنية، وقابلية التطبيق المؤسسي	مطابقة القواعد، والمنطق الزمني، واتساق الأدلة.

التشخيص المتكامل	خمسة أسئلة مقالية	التعرف إلى مؤشرات متعددة، والإسناد السببي، ودعم القرار المتكامل.

4.3.2 نتائج الأسئلة الموضوعية وتحليلها

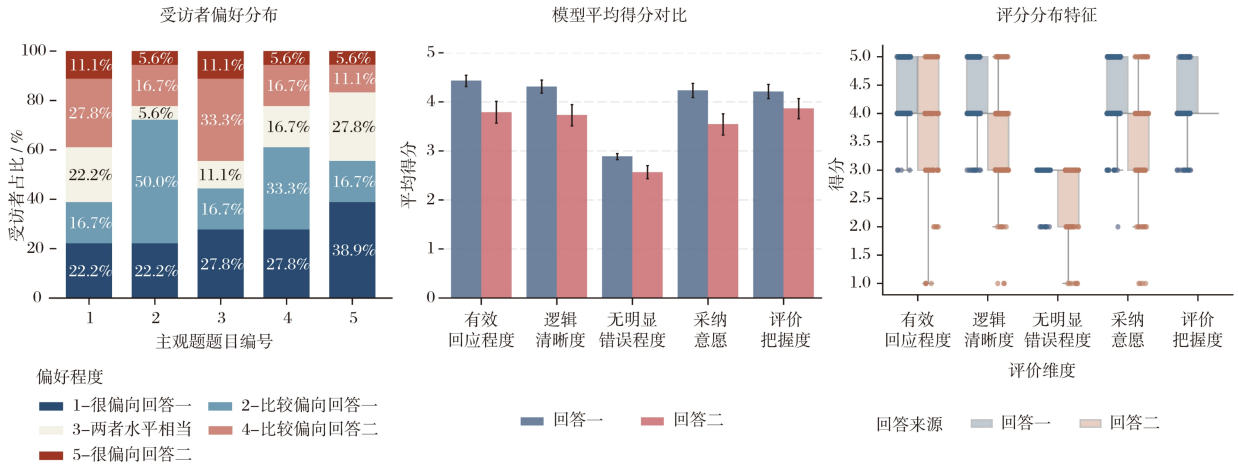
تبين نتائج الأسئلة الموضوعية أن الفروق بين النموذجين كانت أوضح في المهام التي تتطلب فهم السياسات المحلية والاستدلال عبر الفترات. ففي الأسئلة المتعلقة بمطابقة نصوص السياسات المحلية والتعرف الأساسي إلى المؤشرات، كان أداء النموذجين مستقرا نسبيا. غير أن النموذج المدرب مسبقا ارتكب خطأ واحدا حين ربط سياقا محليا بمدن أخرى، مما يكشف خطر الانزياح الدلالي عند التعامل مع وثائق محلية متعددة.

وفي المطابقة المعيارية والاستدلال عبر الفترات، ارتكب النموذج المدرب مسبقا أربعة أخطاء. وتركزت مواطن ضعفه في غموض قابلية التطبيق المؤسسي، وقصور استخدام الأدلة المفتاحية، وعدم استقرار الاستدلال الزمني. أما النموذج المعزز بالمعرفة فحافظ على صحة أفضل في هذا الجزء، مما يدل على أن قاعدة المعرفة وفرت مرتكزات دلالية وقيودا فعالة للاستدلال.

4.3.3 أداء الأسئلة المقالية وتحليلها

تؤكد نتائج التقييم الذاتي التفوق النسبي للنموذج المعزز بالمعرفة. فقد فضل المقيمون النموذج المعزز بالمعرفة في 54.5% من المقارنات، وفضلوا النموذج المدرب مسبقا في 28.9%، ورأوا أن النموذجين متقاربان في 16.7%. كما كان التفضيل القوي للنموذج المعزز بالمعرفة أعلى من التفضيل القوي للنموذج المدرب مسبقا. وحقق النموذج المعزز بالمعرفة درجات أفضل في فعالية الاستجابة، ووضوح المنطق، وغياب الأخطاء الواضحة، والاستعداد للاعتماد، وثقة المقيم.

وقد أثرت خبرة المقيمين في النتائج. فالمشاركون الملمون بفحص صحة المدن والتشخيص التخطيطي كانوا أكثر ميلا إلى تفضيل النموذج المعزز بالمعرفة؛ وبلغت نسبة التفضيل في مجموعة الإلمام العالي 86.7%. واهتم المقيمون المهنيون أكثر بأدلة المؤشرات ودعم البيانات، وكانوا أقدر على تمييز التعميم وفجوات الدليل في النموذج المدرب مسبقا. أما المستخدمون الأقل إلماما فتأثروا أكثر بطلاقة التعبير واكتمال العرض الظاهري. ويشير ذلك إلى أن التعزيز المعرفي يحسن كثافة المعلومات، واكتمال المنطق، وإمكانات دعم القرار، غير أن قيمته تظهر أوضح حين تتطلب المهمة حكما مهنيا.



(a) 受访者偏好分布　(b) 平均得分对比　(c) 得分维度分布特征

الشكل 3. تحليل مقارن لأداء الأسئلة المقالية.

5 الخلاصات والآفاق

تذهب هذه الدراسة إلى أن التحدي المركزي في فحص المدن وتقييمها لا يقتصر على الحصول على البيانات، بل يتمثل في بناء رابطة استدلالية بين رصد المؤشرات، والمعرفة المهنية، والحكم التخطيطي. وقد أعادت الدراسة تصور فحص المؤشرات بوصفه عملية تشخيص تنتقل من التعرف إلى العرض، إلى الإسناد التفسيري، ثم إلى توليد القرار. وبناء على ذلك، اقترحت أنطولوجيا S-E-D المعرفية وطريقة نموذج لغوي كبير معزز بالمعرفة.

تنظم الطريقة المعرفة التخطيطية والقيود السياقية بحيث تبقى مخرجات النموذج محددة بالأدلة التخطيطية، والمنطق المؤسسي، والسياق المهني المحلي. كما تدعم دمج المؤشرات المتعددة، وإسناد المشكلات إلى أسبابها، والاستدلال الاستراتيجي. وتبين تجربة نانجينغ أن آلية التعزيز المعرفي توفر مرتكزات دلالية وقيودا استدلالية، بما يحسن الاستقرار والدقة في فهم السياق المحلي، ومطابقة المعرفة المعيارية، والاستدلال المنطقي عبر الفترات. وبالمقارنة مع النموذج المدرب مسبقا، أنتج النموذج المعزز بالمعرفة مخرجات ذات دعم بيانات أقوى، وتحليل أعمق، وقيمة أعلى لدعم القرار.

ومع ذلك، فإن التحسن ليس موحدا في جميع المهام. فالطريقة تؤدي أداء أفضل في المهام الكمية والمحلية والغنية بالأدلة، لكنها لا تزال تواجه قيودا في الاستدلال المكاني المجرد، والاستدلال السببي المركب، وتحسين التعبير. ولا تستطيع النماذج اللغوية الكبيرة المعززة بالمعرفة أن تحل محل الحكم المهني، بل توفر آلية مساعدة منظمة للتشخيص المهني. كما لا يزال بناء قاعدة المعرفة وتحديثها يعتمدان جزئيا على العمل اليدوي أو شبه الآلي، وتحتاج القدرة على التكيف الدينامي إلى مزيد من التحسين. وتستند التجربة التطبيقية إلى مدينة واحدة، وهو ما يتطلب تحققا إضافيا من قابلية النقل بين المناطق. وينبغي للبحوث المستقبلية أن تعزز دمج المعرفة متعددة الوسائط، والتحقق المقارن بين المدن، وآليات التوليد المدفوعة بالأدلة، بما يدعم نظاما تشخيصيا ذكيا أكثر متانة لحوكمة الفضاء الإقليمي.

المراجع

[1] وو تشي تشيانغ، قوه رن تشونغ، تشانغ بينغ، وآخرون. نقاش أكاديمي حول البناء المنهجي للتخطيط المكاني الوطني[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2024(5): 1-11.

[2] تشاو مين، تشانغ شوتشن. مسار تطور فحص المدن وتقييمها وتشغيله الفعال: من منظور عملية السياسات العامة[J]. مراجعة تخطيط المدن، 2022، 46(8): 65-74.

[3] هوانغ يي جينغ، تشانغ شانشي، لين يون، وآخرون. أفكار وممارسة بناء نظام مراقبة تنفيذ التخطيط المكاني الإقليمي على مستوى المدينة: حالة نينغبو[J]. مجلة الموارد الطبيعية، 2024، 39(4): 823-841.

[4] يانغ مينغ، وانغ جيلي، قو يويه كون. آلية تشغيل فحص المدن وتقييمها ونظامه وطرائقه في ظل الإصلاح[J]. مراجعة التخطيط الحضري في شنغهاي، 2022(1): 16-24.

[5] وزارة الموارد الطبيعية في جمهورية الصين الشعبية. خطاب طلب الآراء بشأن الإرشادات الفنية لبناء شبكة مراقبة تنفيذ التخطيط المكاني الإقليمي (مسودة طلب الآراء)[EB/OL]. [2025-12-11].

[6] تساي يومي. الأفكار الأساسية والإطار العام لبناء [J]CSPON. أرض الصين، 2024(5): 9-13.

[7] وو تشي تشيانغ، شن تشينغجي، وانغ ياجوان، وآخرون. نموذج تخطيطي جديد: المفهوم، ومنظومة المنهج، ومسار الممارسة[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2025(6): 11-17.

[8] Batty M. The new science of cities[J]. Building Research & Information, 2010, 38: 123-126.

[9] ليو شياوتشانغ، وو تشي تشيانغ. بناء النموذج النظري وتحويل طرائق التفكير والعمل للتشخيص المكاني الإقليمي بمساعدة الذكاء الاصطناعي[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2026(1): 12-20.

[10] Caldarelli G, Arcaute E, Barthelemy M, et al. The role of complexity for digital twins of cities[J]. Nature Computational Science, 2023, 3(5): 374-381.

[11] نيو شيني، ليو سيهان، سانغ تيان، وآخرون. التعلم المهني للنماذج الكبيرة: بناء نموذج لتوليد الصور يدمج معرفة تصميم المورفولوجيا المكانية الحضرية[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2025(1): 55-63.

[12] وو تشي تشيانغ، يان جوان، شو هاوون، وآخرون. عشر قضايا سنوية رئيسية في تطور تخصص التخطيط الحضري والريفي (2024-2025)[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2024(6): 8-11.

[13] Hu L, Liu Z, Zhao Z, et al. A survey of knowledge-enhanced pre-trained language models[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2024, 36(4): 1413-1430.

[14] Sasaki M, Watanabe N, Komanaka T. Enhancing contextual understanding of Mistral LLM with external knowledge bases[EB/OL]. Research Square, 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4215447/v1.

[15] Han X, Zhang S, Zhu X. Does ChatGPT provide better advice than robo-advisors?[J]. Finance Research Letters, 2024, 58: 104398.

Bommarito J, Bommarito M, Katz D M, et al. GPT as knowledge worker: a zero-shot evaluation of AI [16] .CPA capabilities[EB/OL]. arXiv, 2023
Lee J, Stevens N, Han S C. Large language models in finance (FinLLMs)[J]. Neural Computing and [17] .24867-24853 :(30)37 ,Applications, 2025
Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine[J]. New [18] .1239-1233 :(13)388 ,England Journal of Medicine, 2023
Kung T H, Cheatham M, Medenilla A, et al. Performance of ChatGPT on the United States Medical [19] .Licensing Examination: potential for AI-assisted medical education using large language models[J] .e0000198 :(2)2 ,PLoS Digital Health, 2023
Gilson A, Safranek C W, Huang T, et al. How does ChatGPT perform on the United States Medical [20] Licensing Examination? The implications of large language models for medical education and .e45312 :(1)9 ,knowledge assessment[J]. JMIR Medical Education, 2023
Kasneci E, Sessler K, Kuchemann S, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of [21] .102274 :103 ,large language models for education[J]. Learning and Individual Differences, 2023
[22] لين يونغجون. بحث وتطبيق نظام ذكي محلي للأسئلة والأجوبة في معرفة التخطيط قائم على النماذج اللغوية الكبيرة[J]. معلوماتية الموارد الطبيعية، 2024(6): 63-70.
[23] وانغ تنغ، سونغ تشيدا، جيانغ دونغروي، وآخرون. بحث في طريقة تعاونية لأنواع متعددة من فحص المدن مدفوعة بالرسم البياني المعرفي[J]. مراجعة التخطيط الحضري في شنغهاي، 2022(1): 25-31.
[24] ما شوان، تشنغ ده قاو، سون جوان، وآخرون. تكامل التخطيط والبناء والحوكمة: الممارسة الابتكارية وطرائق "تقييم التخطيط والبناء" في هانغتشو[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2025(2): 81-88.
[25] وو جيانغ، وانغ شين، تشن يه، وآخرون. تحديات فحص صحة المدن في المدن العملاقة وممارسة شنغهاي[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2022(4): 28-34.
[26] شي شياودونغ، شو تشينتشنغ، تساو تشيوين، وآخرون. النواة الجديدة لحوكمة التخطيط: "الميل الأول" و"الميل الأخير": حالة بكين[J]. منتدى التخطيط الحضري، 2023(4): 18-24.
Wang Q, Mao Z, Wang B, et al. Knowledge graph embedding: a survey of approaches and [27] .2743-2724 :(12)29 ,applications[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2017
Tang J, Qu M, Mei Q. PTE: predictive text embedding through large-scale heterogeneous text [28] networks[C]//Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge .1174-1165 :Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2015
Xiong L, Xiong C, Li Y, et al. Approximate nearest neighbor negative contrastive learning for dense [29] .text retrieval[C]//International Conference on Learning Representations. 2021
Xiao S, Liu Z, Zhang P, et al. C-Pack: packaged resources to advance general Chinese [30] .embedding[EB/OL]. arXiv, 2023
:Cheng Y, Zhang C, Zhang Z, et al. Exploring large language model based intelligent agents [31] .definitions, methods, and prospects[EB/OL]. arXiv, 2024
Karpukhin V, Oguz B, Min S, et al. Dense passage retrieval for open-domain question [32] answering[C]//Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language .6781-6769 :Processing. 2020
Lewis P, Perez E, Piktus A, et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP [33] .9474-9459 :33 ,tasks[C]//Advances in Neural Information Processing Systems. 2020
Orru G, Piarulli A, Conversano C, et al. Human-like problem-solving abilities in large language [34] .1199350 :6 ,models using ChatGPT[J]. Frontiers in Artificial Intelligence, 2023

[35] Ross S I, Martinez F, Houde S, et al. The programmer's assistant: conversational interaction with a large language model for software development[C]//Proceedings of the 28th International Conference on Intelligent User Interfaces. 2023: 491-514.

[36] Zhao W X, Liu J, Ren R, et al. Dense text retrieval based on pretrained language models: a survey[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2024, 42(4): 1-60.

ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي