وكيل التخطيط الحضري: المفهوم، وبناء النظام، وتأملات في الممارسة

المؤلفون

وو تشيتشيانغ؛ وو تاو؛ تشو ميمي؛ تشانغ جياكي؛ جيانغ تشينغروي؛ يانغ شوجي؛ تشن ييجيه؛ وو شياولونغ

الملخص

يعيد الذكاء الاصطناعي تشكيل إنتاج المعرفة في التخطيط الحضري، وتنظيم مناهجه، وآليات حوكمته. ومع تزايد تعقيد النظم الحضرية، وتصاعد صعوبة تنسيق المصلحة العامة، وارتفاع لايقين تنفيذ التخطيط، بات التخطيط الحضري في حاجة إلى منظومة منهجية ذكية ومهنية تغطي دورة التخطيط بأكملها. ومن هذا المنطلق تقترح هذه الدراسة مفهوم «وكيل التخطيط الحضري»، وتعرّفه بوصفه نظاما ذكيا مهنيا يتخذ من البيانات الحضرية متعددة المصادر أساسا للإدراك، ويستند إلى معرفة التخطيط واللوائح والمعايير والمناهج النموذجية والخبرات التطبيقية وتغذية التنفيذ الراجعة، ويجعل من القيمة العامة والنظام المكاني وأهداف الحوكمة أساسا للحكم. تناقش الدراسة دلالة المفهوم، وبنية القدرات، والعمارة النظامية، وخريطة التطبيقات، والسياق الصيني لوكلاء التخطيط الحضري. وتقترح إطارا من ثماني قدرات هي: الإدراك، والفهم، والمحاكاة الاستشرافية، والإنشاء، واتخاذ القرار، والتنفيذ، والتنسيق، والتعلم؛ كما تبني عمارة تشغيلية من أربع طبقات هي البيانات والحوسبة والقرار والتطبيق؛ وتلخص ثمانية وكلاء متخصصين: استشعار الزمان والمكان، وإدراك الانتظامات، ومحاكاة التخطيط، وإعداد المخططات، واتخاذ قرارات الفعل، والتنسيق التنظيمي، والاستجابة الطارئة، وتكرار المعرفة. وفي السياق الصيني ينبغي إدماج وكلاء التخطيط في نظام التخطيط المكاني للأراضي، وربطهم بالإدارة الموحدة للموارد الطبيعية، وفحص المدن وتقييمها، والتجديد الحضري، وبناء الحكومة الرقمية. ويتطلب تشغيلهم خمس قواعد معرفة تشمل الموارد الطبيعية، والبناء الحضري، والأوضاع الاجتماعية الاقتصادية، والمعايير واللوائح التخطيطية، وحالات التخطيط. وبذلك يمكن لوكيل التخطيط الحضري أن يدفع التخطيط من إعداد مخرجات مرحلية إلى حوكمة مكانية مستمرة، وأن يقدم مسارا نظريا وعمليا لحوكمة المجال الوطني وللتخطيط التعاوني بين الإنسان والذكاء الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية

وكيل التخطيط الحضري؛ التخطيط الذكي؛ مناهج التخطيط الحضري؛ الحوكمة المكانية؛ التعاون بين الإنسان والوكيل

1 التخطيط الحضري التقليدي والحاجة إلى تمكين منهجي ذكي

أظهرت الممارسة الطويلة للتخطيط التقليدي قدرا كبيرا من القرارات ذات البقع العمياء في المسح والتحليل، وإعداد المخططات، والمراجعة الفنية، وإدارة التنفيذ؛ فتارة تظهر في نقص السند الكمي، وتارة في ضعف التشخيص الدقيق [1-4]. كما ظلت العقلانية الإيكولوجية الكلية للتخطيط أسيرة سلطة اعتباطية، وقرارات حدسية، وإهمال للحاجات الموضوعية للسكان، وسعي إلى شكلانية مكانية، مع قصور في التنقيب المنهجي عن الذكاء الداخلي لحياة المدينة وقوانين تطورها وتكرارها، الأمر الذي أعاق تكوين منظومة منهجية متكاملة للتخصص [5].

غير أن التحولات العميقة في عصر التنمية الحضرية تفرض توسيع حدود قدرة التخطيط. فالمسوحات غير النظامية لا تلتقط في الوقت المناسب الأسباب العميقة لتغير تشغيل المدينة والطلب الاجتماعي؛ كما أن إنتاج المخططات بقيادة سلطة واحدة يصعب أن يوازن بين أهداف وقيود وسيناريوهات متعددة؛ وآليات التنفيذ المجزأة بين الإدارات لا تنشئ تنسيقا عابرا للتخصصات والجهات والمستويات؛ أما الانحرافات والأداء والمشكلات الجديدة في التنفيذ فلا تعود بسرعة إلى نظم الإعداد والمراجعة والصيانة الدينامية [6-7]. لذلك لم يعد التحدي الجوهري مجرد رفع كفاءة بعض الحلقات، بل ولادة تخطيط جديد، وابتكار نموذج منهجي، وإعادة تشكيل القدرة عبر العملية كلها.

تتيح التقنيات الرقمية والذكية تمكينا تاريخيا لفكر التخطيط وأساليب عمله. فقد حسنت نظم التخطيط الرقمية الذكية، ومنها نمذجة معلومات المدينة (CIM)، ومراكز تشغيل المدن، والتوائم الرقمية العابرة للأجيال، قدرات التنقيب عن البيانات، والتحليل المكاني، وتوليد المخططات، ورصد التشغيل، وتنسيق الحوكمة [8-10]. إلا أن هذه التحسينات النقطية لا تكفي لإحداث قفزة ذكية متكاملة من التشخيص إلى الإعداد ثم التشغيل والتنفيذ. فما زالت التطبيقات التقنية القائمة تميل إلى التشتت؛ إذ يركز بعضها على بناء منصات البيانات من دون الولوج إلى أوامر الفعل أو الربط الكلي، ولم تتشكل بعد منظومة منهجية متصلة تربط تحديد المشكلة، ومحاكاة السيناريو، وفحص القواعد، وتغذية التنفيذ الراجعة، وتنسيق الفاعلين [11]. ومن ثم فإن الأثر العميق للتقنيات الذكية في التخطيط يتمثل في الكمية، والنظر الإيكولوجي النظامي، ودمج الفكر والفعل على امتداد دورة الحياة، بما يعيد تنظيم العلاقة بين معرفة التخطيط وحكمه وفعل التخطيط.

في السنوات الأخيرة منحت النماذج الكبرى وتقنيات الوكلاء النظم الذكية قدرات متزايدة على فهم المهام، وإدراك البيئة، واستدعاء الأدوات، وحفظ ذاكرة العملية، وتخطيط الفعل، والتعلم من التغذية الراجعة. وهذا يفتح إمكانات منهجية جديدة أمام التخطيط الحضري: فتحديد الوضع القائم، وتشخيص المشكلات، ومحاكاة السيناريوهات، وتوليد المخططات، ومراجعة القواعد، والتواصل العام، ورصد التنفيذ، والتنسيق بين الإدارات، لم تعد حلقات منفصلة، بل يمكن تنظيمها في عملية ذكية مستمرة التشغيل، دينامية التغذية الراجعة، وتعاونية التطور [12-16]. في هذا السياق يحتاج التخطيط إلى مفهوم ذي صفة تخصصية وتوجيه مهني يفسر دخول الذكاء الاصطناعي إلى المجال ويوجهه.

لذلك تقترح هذه الدراسة مفهوم «وكيل التخطيط». والمقصود به نظام ذكي مهني موجه إلى عملية التخطيط الحضري بكاملها، قادر على المساعدة أو المشاركة في الإدراك، والفهم، والمحاكاة، والإنشاء، واتخاذ القرار، والتنفيذ، والتعلم. ولا تكمن قيمته في استبدال المخطط في مهمة منفردة، بل في تنظيم بيانات التخطيط المتفرقة، وقواعد المعرفة، والمناهج والنماذج، وخبرات الحالات، وتغذية التنفيذ الراجعة في نظام منهجي قابل للتشغيل والفحص والتكرار، بما يعيد بناء العلاقة بين إدراك حالة المدينة، والمعرفة المهنية، والحكم القيمي، والفعل المكاني، وتغذية التنفيذ [17-18].

تتناول الدراسة بناء هذا المفهوم من أربعة جوانب. أولا، تحدد الدلالة الأساسية لوكيل التخطيط وتفرقه عن نظم دعم التخطيط، ومنصات المدن الذكية، و«العقل الحضري»، ووكلاء الذكاء الاصطناعي العامين. ثانيا، تقترح بنية قدرات تتكون من الإدراك، والفهم، والمحاكاة، والإنشاء، والقرار، والتنفيذ، والتنسيق، والتعلم، وتشرح منطق تشغيلها في خدمة العملية التخطيطية كلها. ثالثا، تبني خريطة تطبيقية لثمانية وكلاء متخصصين: استشعار الزمان والمكان، وإدراك الانتظامات، ومحاكاة التخطيط، وإعداد المخطط، واتخاذ قرارات الفعل، والتنسيق التنظيمي، والاستجابة الطارئة، وتكرار المعرفة. رابعا، تستند إلى ما يقرب من عشرين عاما من استكشاف الرقمنة والذكاء في التخطيط منذ عام 2006، ولا سيما خمس جولات متتالية من بحوث التخطيط الذكي في الأكاديمية الصينية للهندسة منذ عام 2016، لتلخص خبرة تكونت عبر التجربة والخطأ والتأمل والتكرار في 96 مشروعا وبحثا، شملت الاستراتيجية الحضرية الإقليمية، والمخططات العامة للمجال الوطني، والتصميم الحضري، والتجديد الحضري، وصورة المدينة، ولون المدينة، وحيوية الابتكار الحضري. وبذلك تقدم لأول مرة خلاصة نظرية لعشرين عاما من الممارسة الرقمية الذكية وعشرة أعوام من التفكير في تمكين التخطيط بالذكاء الاصطناعي.

2 المسار العالمي لتطوير وكلاء التخطيط الحضري

2.1 خمس مراحل تاريخية في تطوير وكلاء التخطيط

يمكن تتبع أسس نظم التخطيط الذكي إلى نحو قرن من البحوث ذات الصلة، من أوصاف مورفولوجيا المدينة لدى مدرسة كونزن في مطلع القرن العشرين، ونماذج النقل الكلية في خمسينياته، إلى الاستكشافات المتقدمة عام 2025 التي دمجت النماذج الكبرى بمهام التخطيط. زمنيا، شهدت هذه البحوث نموا انفجاريا بعد عام 2023، وهو العام الذي اقترح فيه Park وآخرون الوكلاء التوليديين، ويسميه المؤلفون سنة ميلاد التخطيط الحضري المولد بالذكاء الاصطناعي (AIGP: Artificial Intelligence Generated Planning). ويعني ذلك انتقال الذكاء الاصطناعي من التعرف على المدينة وتحليلها والتنبؤ بها إلى توليد المخططات والتعبير التصميمي.

2.1.1 المرحلة الأولى: طور النشوء القائم على القواعد والمنطق الرمزي، 1982-1996

استندت هذه المرحلة إلى النظم التكيفية المعقدة (CAS)، والخلايا الآلية (CA)، والنظم المبكرة متعددة الوكلاء (MAS). وبدأ التخطيط ينظر إلى المدينة بوصفها «جسما حيا» ديناميا لا مخططا ثابتا [19]. كانت السمة المركزية هي المحاكاة القاعدية من أسفل إلى أعلى: إذ جرى تجريد الأرض والطرق والمركبات والمساكن والقطع ورأس المال وطلب السوق إلى فاعلين حضريين صغرى، ثم استخدم المنطق الرمزي وقواعد التحول لمحاكاة تطور الشكل المكاني. واستنادا إلى 1,700 حالة لتطوير الأراضي في شنغهاي، استكشف بحث المؤلفين المبكر «المعلومات اللينة» ومحاكاة تطور المجال الحضري [20-21]. وبين عامي 1988 و1992 طبقت هذه المناهج في التحليل المكاني لهامبورغ وفرانكفورت وبرلين، وبدأ إدخال الحاسوب والمعالجة الرقمية الذكية [22]. طرحت هذه المرحلة مطلب «التخطيط العقلاني الإيكولوجي» للمدينة، ومهدت معرفيا لبناء قواعد البيانات الحضرية الضخمة ومنصات الحوسبة. ومنذ عام 1988 بدأ فريق المؤلفين إنشاء الجيل الأول من قاعدة البيانات الحضرية الكبرى.

2.1.2 المرحلة الثانية: اختراقات التنقيب عن البيانات والحوسبة الإدراكية، 1996-2006

اعتمدت هذه المرحلة على معلوماتية المدن، وعلوم البيانات المكانية، والتعلم الآلي التقليدي، والشبكات العصبية المبكرة. وبدأت بحوث ذكاء التخطيط تتحول من دفع القواعد إلى دفع البيانات. وكانت سمتها الأساسية اختزال البيانات واستخراج السمات

لمشروعات التخطيط والتصميم، من خلال بيانات زمانية مكانية متعددة المصادر، وصور المشاهد، ومحاكاة المناخ الدقيق، والبيئات الهيدرولوجية، واقتصاد النقل، وبيانات النشاط الديناميي، لتكوين إدراك مركب للمدينة والموقع. وقد مثلت محاكاة تخطيط معرض شنغهاي العالمي ممارسة مهمة في هذه المرحلة: فحول 70 مليون زيارة إجمالية، وتدفق يومي يبلغ مليون شخص، و256 جناحا، ومساحة 6.28 كم2، أنجز الفريق محاكاة توزيع مكاني يومية لمليون شخص من التاسعة صباحا إلى منتصف الليل، وقارن مخططات متعددة، وحدد مواقع الازدحام عالية المخاطر، ودفع إلى تحسين المخطط. وقد حدد، على وجه خاص، عشرة مواقع أكثر عرضة لحوادث التدافع، وخضعت المخططات لجولات تحسين حتى زوال الخطر. مثلت هذه المحاكاة أول محاكاة ذكية لتوزيع مكاني بمستوى مليون شخص في تاريخ التخطيط الحضري، كما كان حجم 22,525 وحدة مكانية سابقة عالمية. وفي هذه المرحلة طور الفريق أيضا الجيل الثاني من أكبر قاعدة بيانات حضرية في العالم.

2.1.3 المرحلة الثالثة: تشكل نظرية الذكاء الحضري ومنطق التوليد، 2006-2016

استندت هذه المرحلة إلى التعلم العميق، والتعلم المعزز، والانحدار متعدد الوسائط، والنماذج التوليدية، والمناهج القابلة للتفسير. وبدأ بحث ذكاء التخطيط يشكل الحلقة المنطقية العليا لوكيل التخطيط: «إدراك - حكم - فعل - تعلم». وحوالي عام 2012 طرح فريق المؤلفين بصورة منهجية نظرية «مؤشر ذكاء المدينة» (City IQ)، مؤكدا أن المدينة لا تحتاج فقط إلى أن تدرك وتشخص، بل تحتاج أيضا إلى قدرات الحكم والفعل والتعلم [23]. وكانت السمة المركزية الانتقال من «التشخيص» إلى «التوليد»: فلم تعد النظم الذكية تكتفي بنتائج تقييمية، بل بدأت تنتج منطقا لتوليد المخططات يكون مفهوما وقابلا للمقارنة والتتبع. وفي هذه المرحلة دخل الذكاء الاصطناعي إلى سيناريوهات تحسين التكامل الوظيفي، ورفع جودة الواجهات المائية، وتنظيم فضاءات الابتكار العلمي والتقني، وتوليد التصميم المفهومي.

2.1.4 المرحلة الرابعة: الاختراق النظامي في التخطيط الممكّن بالذكاء الاصطناعي، 2016-2023

بعد عام 2016 ارتبط بحث التخطيط الذكي بالكامل بتطور الذكاء الاصطناعي عالميا، ودخل مرحلة اختراقات نظامية في تمكين المدن والتخطيط. شارك المؤلفون في المشروع الاستراتيجي للذكاء الاصطناعي 2.0 التابع للأكاديمية الصينية للهندسة، مركزين على تمكين المدينة والتخطيط. وقد نقل التعلم المعزز العميق (DRL)، والشبكات التوليدية التنافسية (GANs)، والتعلم متعدد الوسائط، والذكاء الاصطناعي القابل للتفسير مثل XAI وSHAP، الوكلاء من أدوات تحليلية إلى حلقة التصميم. وتتلخص خصائص المرحلة في ثلاثة جوانب: الانتقال من التشخيص إلى التوليد لمحاكاة التخطيط على مستوى الشارع والمجتمع والقطاع ضمن قيود مكانية معقدة؛ اختراق «الصندوق الأسود» بحيث يصبح مسار حكم الوكيل مفهوما وقابلا للمراجعة من قبل المخطط؛ وتحقيق الدمج متعدد الوسائط بين المتجهات المكانية، وصور الاستشعار عن بعد، وصور الشوارع، ونصوص التخطيط. وفي هذه المرحلة دفع الفريق تطبيق التخطيط الحضري القائم على الذكاء الاصطناعي، وطور أطر خوارزمية ذكية لإسناد توليد المخططات وتحسين الجودة المكانية.

2.1.5 المرحلة الخامسة: النضج عبر دفع النماذج الكبرى والتفاعل الكامل بين الإنسان والوكيل، منذ 2024

منذ عام 2024 دخل وكيل التخطيط مرحلة تقودها النماذج الكبرى والتفاعل الكامل بين الإنسان والوكيل (HAI). فقد دفعت النماذج اللغوية الكبرى متعددة الوسائط (MLLM)، وبنى وكلاء النماذج اللغوية الكبرى (LLM Agents)، والتعلم الفدرالي، الوكلاء من أدوات منفردة إلى نظم منصاتية ومنهجية وتعاونية. وتتجسد السمة المركزية في تكوين منظومة HAI تغطي العملية كلها: يستطيع الوكيل أن يخترق بناء المنصات، وتصميم المشروعات، والتحقق الأكاديمي، والتعبير الهندسي، ليشكل قدرة طرفية من المحاكاة المفهومية إلى المخرجات عالية الواقعية. وفي مشاهد عالية الحساسية مثل التخطيط المكاني للأراضي، بدأت المنصات الذكية تمتلك التصنيف الأمني متعدد المستويات، والحماية، والتحكم عبر العملية كلها. وبات الوكيل المدرب على الأدبيات المهنية، ورسوم التخطيط، والسياسات والمعايير، والخبرة الهندسية، «نظاما خبيرا 2.0» يملك حسّا مهنيا. ويؤكد الفريق الدمج العميق بين «ذكاء الآلة» و«حكمة الإنسان»، بحيث لا يعود وكيل التخطيط مجرد أداة رسم، بل شريكا رقميا في الابتكار البحثي، وتصميم المسارات التقنية، وتنسيق الحوكمة المكانية.

2.2 خمسة اتجاهات لتطوير وكلاء التخطيط

2.2.1 الاتجاه الأول: النماذج اللغوية الكبرى والنظم متعددة الوكلاء: الدماغ المعرفي والتعاوني

يتعلق هذا الاتجاه بالإطار المعرفي القاعدي للوكيل، بما يشمل البنية الإدراكية، والذاكرة الطويلة، وتخطيط المهام، واستدعاء الأدوات، وتقسيم الأدوار، وآليات بناء التوافق. وجوهره تمكين الوكيل من فهم المهام في السياقات الحضرية المعقدة، وتنسيق الأطراف، وتكوين حكم فعلي. كما يمكنه تحويل الحكومة والمخططين والمطورين والسكان إلى وكلاء أدوار ذوي أهداف وقيود مختلفة لمحاكاة

المساومات الاجتماعية في التخطيط. أرست الرمزية ونظم القواعد في سبعينيات وتسعينيات القرن العشرين، مع أعمال Wooldridge وآخرين [24]، أساسا نظريا للوكلاء الموزعين. ومن العقد الأول إلى الثاني من القرن الحادي والعشرين استخدمت النظم متعددة الوكلاء في محاكاة سيناريوهات استخدام الأرض واختيار مواقع السكن. وفي عام 2016 أثبت نموذج CityGo للألعاب الحضرية الذي طوره الفريق أهمية القرار التعاوني عبر محاكاة ألعاب متعددة الفاعلين. ومنذ عام 2023 منحت الوكلاء التوليديون المدفوعون بالنماذج اللغوية، مثل Generative Agents لدى Park وآخرين [25]، قدرات الذاكرة والتأمل والسلوك الشخصي، كما أظهر MetaGPT لدى Hong وآخرين [26] إمكانات تقسيم الأدوار وتنظيم سير العمل. وتكمن الاختناقات في انجراف الذاكرة في المحاكاة طويلة الدورة، والانسداد والاستقطاب الجماعي في الألعاب الاجتماعية، وضعف واقعية الأدوار.

2.2.2 الاتجاه الثاني: التصميم الحضري التوليدي وتوليد الهندسة المكانية: الكيان المجسد واليدان

يحدد هذا الاتجاه قدرة وكيل التخطيط على تحويل الأهداف النصية، ومعايير التخطيط، والقيود المكانية إلى مخططات مكانية مرئية وقابلة للتقييم. في مرحلة CAD والنمذجة المعلمية بين ثمانينيات القرن العشرين والعقد الأول من القرن الحادي والعشرين، سيطر المصمم على الشكل الهندسي بالقواعد والمعلمات. وبين عامي 2016 و2023 وفر التوليد المكاني بالتعلم العميق، مثل نماذج Pix2Pix الشرطية [27]، أساسا لتوليد الصور المكانية، كما استخدم التعلم المعزز والشبكات العصبية البيانية في تحسين استخدامات الأرض. ومنذ عام 2024 بدأت مرحلة الوكلاء متعددة الوسائط تدمج نماذج الانتشار، وControlNet، والنماذج الكبرى، ومحركات GIS، دافعة مهام التخطيط من الإدخال الدلالي إلى التوليد المكاني. أما الاختناقات فتتمثل في الانقطاع الدلالي للبنى الطوبولوجية عالية الأبعاد، وتشوه التوليد عبر المقاييس، وعدم استقرار تحويل الدلالة النصية إلى معلمات تخطيطية.

2.2.3 الاتجاه الثالث: مورفولوجيا المدينة والنحو المكاني: الحس المهني والصلابة العلمية

يسهل على الذكاء الاصطناعي التوليدي أن ينتج مخططات تبدو معقولة لكنها تفتقر إلى سند مهني. لذلك يوفر هذا الاتجاه قيودا علمية وحدا مانعا للهلوسة، حتى لا يكون المخطط «جميلا» فحسب، بل متوافقا مع قوانين تطور المجال. فقد حللت المورفولوجيا الكلاسيكية في سبعينيات القرن العشرين، ولا سيما مدرسة كونزن والتقليد الإيطالي، النسيج الحضري عبر الخرائط التاريخية. ومن ثمانينيات القرن العشرين إلى العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين أسست أعمال Hillier وآخرين [28] النحو المكاني، وفسر Batty [29] تطور المجال الحضري من منظور النظم المعقدة. ومنذ 2023 بدأت المعرفة المورفولوجية تتحول، في مرحلة تقودها البيانات والنظرية معا، إلى رسوم معرفة، ودوال تقييم، وقيود توليدية. وقد بنى فريق المؤلفين «أشجارا حضرية» بشبكة دقة 30 مترا على مدى أربعين عاما، وصنف 13,861 منطقة عمرانية مبنية إلى سبعة أنماط نمو، مبينا أن الشكل الحضري يمتلك انتظامات قابلة للتعرف والتلخيص والتعلم. وتكمن الصعوبة في عجز النحو المكاني عن التعبير الكامل عن السياق التاريخي والخبرة المعيشية، وفي الفجوة القائمة بين نماذج التوليد والنظرية المورفولوجية.

2.2.4 الاتجاه الرابع: محاكاة السكان والنقل القائمة على الوكلاء: صندوق رمل سلوكي واختبار ضغط

يستخدم هذا الاتجاه لاختبار العواقب السلوكية والأداء النظامي للمخططات في التشغيل الحقيقي. ويمتد من توقع الطلب على النقل وتقدير أحمال الشبكات في خمسينيات إلى ثمانينيات القرن العشرين، إلى النماذج التقليدية القائمة على الوكلاء والمحاكاة المرورية المجهرية من تسعينيات القرن العشرين إلى العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين [30-31]، ثم إلى محاكاة السلوك الاجتماعي المدعومة بالنماذج اللغوية الكبرى منذ 2023. وما زالت هناك حاجة إلى اختراقات في التوفيق بين الموارد الحاسوبية والتغذية الراجعة الآنية، والتحقق من السلوك الناشئ، وربط نتائج المحاكاة بتوليد المخططات ضمن حلقة مغلقة.

2.2.5 الاتجاه الخامس: التحسين متعدد الأهداف وتقييم التخطيط: التطور وعجلة القيادة

يدعم هذا الاتجاه وكيل التخطيط في كشف تعارضات المخططات، ومقارنة أدائها، وإجراء التصحيح التكراري. فقد عالج التحسين العددي أحادي الهدف بين ستينيات وتسعينيات القرن العشرين مسائل مثل اختيار مواقع المرافق بالبرمجة الخطية. ومن العقد الأول إلى الثاني من القرن الحادي والعشرين أدخلت الخوارزميات الإرشادية والتحسين متعدد الأهداف، مثل NSGA-II، تحسين باريتو إلى مسائل تخطيطية معقدة، كما وفرت نماذج مثل ENVI-met أساسا لتقييم المناخ الدقيق والأداء البيئي [32]. ومنذ عام 2023 أدخلت آليات الإنسان داخل الحلقة والتعلم المعزز خبرة المخططين وتغذية الجمهور في تصحيح المخططات، مكونة آلية تحسين تعاونية. وتكمن الصعوبة في أن أوزان الأهداف المتعددة تعتمد كثيرا على خبرة الخبراء، وأن منطق القيمة بين الأهداف المختلفة يصعب توحيده في دالة تحسين مستقرة، وأن حدس المخطط الخبير وحكمه الجمالي يصعب تحويلهما إلى معلمات قابلة للتنفيذ.

الجدول 1. عرض عام للاتجاهات الخمسة الكبرى المتصلة بوكلاء التخطيط الحضري

الاتجاه التقني	القدرة المقابلة	إسناده لوكيل التخطيط	المشكلات الرئيسة المطلوب

		الحضري	تجاوزها
النماذج اللغوية الكبرى والنظم متعددة الوكلاء	الفهم والتنسيق	فهم المهام، تقسيم الأدوار، استدعاء الأدوات، ذاكرة العملية، والتفاوض متعدد الفاعلين	انجراف الذاكرة طويلة الدورة، الاستقطاب الجماعي، وضعف واقعية الأدوار
التصميم الحضري التوليدي وتوليد الهندسة المكانية	الإنتاج المكاني	دعم توزيع استعمالات الأرض، وتنظيم الطرق، وشكل المباني، وتوليد المخططات	عدم استقرار العلاقات الطوبولوجية، ضعف الاتساق عبر المقاييس، وصعوبة إدماج المعايير
مورفولوجيا المدينة والنحو المكاني	القيود المهنية	فهم البنية المكانية، وتمييز انتظامات الشكل، والفحص المهني للمخطط	صعوبة معلمة المفاهيم المورفولوجية، وصعوبة تمثيل السياق التاريخي والخبرة المحلية حسابيا
محاكاة السكان والنقل	المحاكاة السلوكية	محاكاة سلاسل النشاط، واختبار تشغيل النقل، وتقييم ضغط المخطط	كلفة حاسوبية عالية، صعوبة التحقق من معلمات السلوك، وضعف الحلقة المغلقة مع التوليد
التحسين متعدد الأهداف وتقييم التخطيط	تطور التغذية الراجعة	مقارنة المخططات، وتحديد التعارض، وتقييم الأداء، والتحسين التكراري	اعتماد الأوزان على التفاوض، وصعوبة تحويل الأحكام القيمية إلى دوال تحسين كاملة

إجمالا، يشكل المسار العالمي لتطوير وكلاء التخطيط نقطة التقاء بين إدراك الشكل الحضري، ومحاكاة السلوك، والتوليد المكاني، وتقييم التخطيط، والتعاون بين الإنسان والوكيل. تكشف المراحل الخمس منطق الانتقال من محاكاة القواعد، وإدراك البيانات، ونظرية الذكاء الحضري، وتمكين الذكاء الاصطناعي، إلى الدفع بالنماذج الكبرى. أما الاتجاهات الخمسة فتوضح كيفية تحول هذا الانتقال إلى قدرات ملموسة: توفر النماذج اللغوية الكبرى والنظم متعددة الوكلاء قاعدة معرفية وتنسيقية؛ ويمنح التصميم الحضري التوليدي قدرة الإنتاج المكاني؛ وتوفر المورفولوجيا والنحو المكاني قيودا مهنية؛ وتقدم محاكاة السكان والنقل اختبارا سلوكيا؛ ويتيح التحسين متعدد الأهداف والتقييم آلية تصحيح راجعة. ومن ثم ينبغي فهم وكيل التخطيط بوصفه نظاما مركبا يتكون من مناهج الفكر التخطيطي، ونماذج علم المدن، وتقنيات الذكاء الاصطناعي. وتتمثل قيمته الأساسية في نقل التخطيط من عمل يعتمد طويلا على الخبرة والرسوم والمخرجات المرحلية إلى منظومة منهجية ذكية تستطيع إدراك المدينة باستمرار، وتفسير انتظاماتها، وتوليد المخططات، وفحص القواعد، وتغذية التنفيذ، وتنسيق الحوكمة.

3 العمارة التقنية: تكوين قدرات وكيل التخطيط الحضري

وكيل التخطيط الحضري (UPA) ليس نموذجا واحدا للذكاء الاصطناعي، بل نظام ذكي مركب يدمج الإدراك الزماني المكاني متعدد المصادر، والاستدلال المعرفي المهني، ومحاكاة السيناريوهات المعقدة، والتنفيذ الذاتي للمهام. ومنطقه المركزي هو اتخاذ النموذج اللغوي الكبير (LLM) «مركزا» معرفيا. وبالمقارنة مع نظم دعم التخطيط التقليدية (PSS)، يؤكد وكيل التخطيط أكثر على تفكيك الأهداف، واستدعاء الأدوات، وذاكرة العملية، والتعلم من التغذية الراجعة، وتنسيق الفعل.

3.1 تحديد المفهوم

وكيل التخطيط الحضري نظام ذكي مهني موجه إلى عملية التخطيط بكاملها. يتخذ من البيانات الحضرية متعددة المصادر أساسا للإدراك، ومن معرفة التخطيط، واللوائح والمعايير، والمناهج النموذجية، وخبرة الحالات، وتغذية التنفيذ الراجعة سندا معرفيا، ومن

القيمة العامة والنظام المكاني وأهداف الحوكمة أساسا للحكم. ويمكنه أن يساعد أو يشارك في الإدراك، والفهم، والمحاكاة، والقرار، والتنفيذ، والتنسيق، والتعلم، وأن يخدم إعداد المخططات، ومراجعتها، ورصد التنفيذ، وتقييم التغذية الراجعة، وتنسيق الحوكمة.

ينبغي تمييز هذا التعريف عبر ثلاثة حدود. أولا، يختلف وكيل التخطيط عن أدوات الكفاءة العامة؛ فالأداة تنفذ أمرا مفردا غالبا، أما الوكيل فيفكك المهمة حول الهدف، ويستدعي الأدوات، ويسجل العملية، ويصحح الفعل وفق التغذية الراجعة. ثانيا، يختلف عن وكيل الذكاء الاصطناعي العام؛ فالتخطيط ليس نشاط توليد مكاني عام، بل عملية قرار عام تشمل موارد الأرض، والخدمات العامة، والأمن الإيكولوجي، والثقافة التاريخية، والإنصاف الاجتماعي، والمسؤولية بين الأجيال [33-34]. لذلك يجب أن يندمج وكيل التخطيط في أهداف التخطيط وقيوده التنظيمية وخبرته المحلية وإجراءاته المؤسسية. ثالثا، يختلف عن نموذج منفرد؛ فهو ليس تطبيق خوارزمية واحدة على مهمة واحدة، بل نظام منهجي تشغيلي ينظم البيانات والنماذج والمعرفة والقواعد والقيم والتغذية الراجعة.

من منظور منهجي، يعيد وكيل التخطيط بناء ثلاث علاقات في التخطيط. الأولى علاقة الوقائع بالمشكلات، أي تحويل بيانات حالة المدينة إلى مشكلات مكانية وقضايا حوكمة. والثانية علاقة المعرفة بالحكم، أي تنظيم النصوص المعيارية وخبرة الخبراء ومواد الحالات في بنى معرفة قابلة للاستدلال والتفسير والفحص. والثالثة علاقة المخططات بالأفعال، أي إدماج المخطط في المراجعة والتنفيذ والرصد والتغذية الراجعة والتنسيق، ليصبح ذا أثر حقيقي في الحوكمة المكانية.

3.2 تنمية القدرات: ثماني قدرات تخطيطية متخصصة

ينبغي اشتقاق بنية قدرات وكيل التخطيط من عملية التخطيط نفسها. فالتخطيط الحضري ليس معالجة معلوماتية لمرة واحدة، بل عملية مستمرة تدور حول حالة المدينة، والمشكلات المكانية، والسيناريوهات المستقبلية، والأحكام القيمية، وأفعال التنفيذ، وتصحيح التغذية الراجعة. وبذلك يحتاج وكيل التخطيط إلى ثماني قدرات: الإدراك، والفهم، والمحاكاة، والإنشاء، واتخاذ القرار، والتنفيذ، والتنسيق، والتعلم. وهذه ليست قائمة وظائف متجاورة، بل تعبير قدراتي عن عملية التخطيط داخل نظام ذكي.

تتمثل قدرة الإدراك الزماني المكاني في الفهم المستمر للحالة الحقيقية للمدينة. ومن خلال بيانات الموارد الطبيعية، والوضع العمراني، ونشاط السكان، والاقتصاد الصناعي، والتنقل، والبيئة الإيكولوجية، والخدمات العامة، وآراء الجمهور، ورصد التنفيذ، يحدد الوكيل تغيرات الحالة الحضرية، وينقل المعرفة التخطيطية من المسح المرحلي إلى الملاحظة المستمرة.

وتتمثل قدرة إدراك الانتظامات في التفسير المهني للمشكلات الحضرية، وجوهرها تحويل وقائع البيانات إلى تفسير للآليات المكانية، والظواهر الموضعية إلى قضايا تخطيط، والأحكام الخبرية إلى بنى معرفة قابلة لإعادة الاستخدام.

وتتمثل قدرة المحاكاة المستقبلية في تنظيم الإمكانات المستقبلية. فمن خلال إعداد السيناريو، ومحاكاة النماذج، وتوليد المخططات، وتقييم الأثر، يحول الوكيل لايقين المستقبل إلى مجموعة سيناريوهات قابلة للمقارنة [35].

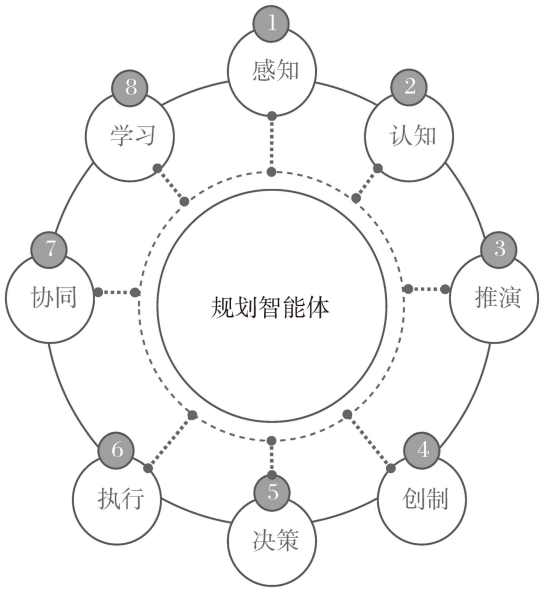
وتتمثل قدرة إنشاء المخطط في الإعداد الفعلي للمخططات والمخرجات القانونية. وعلى أساس السيناريوهات الناتجة عن المحاكاة، يحول الوكيل نية التخطيط إلى مخططات مكانية وقواعد ضبط قابلة للتشغيل عبر توليد التصميم المكاني، والتوزيع الدقيق للعناصر، وصوغ النصوص، والتعبير الآلي بالرسوم.

وتتمثل قدرة اتخاذ القرار في معالجة القيمة العامة وتعارض الأهداف المتعددة، إذ ينبغي تنظيم منظومة الأهداف، واللوائح والمعايير، ونماذج التقييم، وخبرة الخبراء، وتغذية الجمهور الراجعة، في أسس حكم قابلة للتفسير [36].

وتتمثل قدرة التنفيذ صعودا وهبوطا في تحويل الحكم التخطيطي إلى إجراءات عمل، مثل فحص القواعد، وتوليد المخرجات، وحساب المؤشرات، وكشف التعارض المكاني، وتفكيك المهام، ومطابقة المشروعات، وترتيب التسلسل التنفيذي [37].

وتتمثل قدرة التنسيق متعدد الأطراف في تلبية حاجة التخطيط، بوصفه عملية حوكمة عامة، إلى التنظيم. فمن خلال تفكيك الأهداف، وتتبع المهام، ومشاركة المعلومات، وتجميع الآراء، والتفاوض حول المخططات، يمكن للوكيل تعزيز التعاون بين الإدارات والمستويات والمناطق والفاعلين الاجتماعيين.

أما قدرة التعلم الآلي فتتعلق بالتحديث الديناميكي للنظام التخطيطي. فمن خلال تراكم الحالات، ورصد التنفيذ، وتغذية الجمهور، وتصحيح الخبراء، ومراجعة القواعد، يجري تحسين بنية المعرفة، وقواعد الحكم، واستراتيجيات الفعل باستمرار. وتشكل القدرات الثماني معا سلسلة قدرات عملية تجعل الوكيل ينتقل من أداة لمعالجة المعلومات إلى نظام منهجي يخدم التخطيط بكامل عمليته.



الشكل 1. بنية قدرات وكيل التخطيط الحضري.

3.3 العمارة الأساسية: طبقة البيانات، وطبقة الحوسبة، وطبقة القرار، وطبقة التطبيق

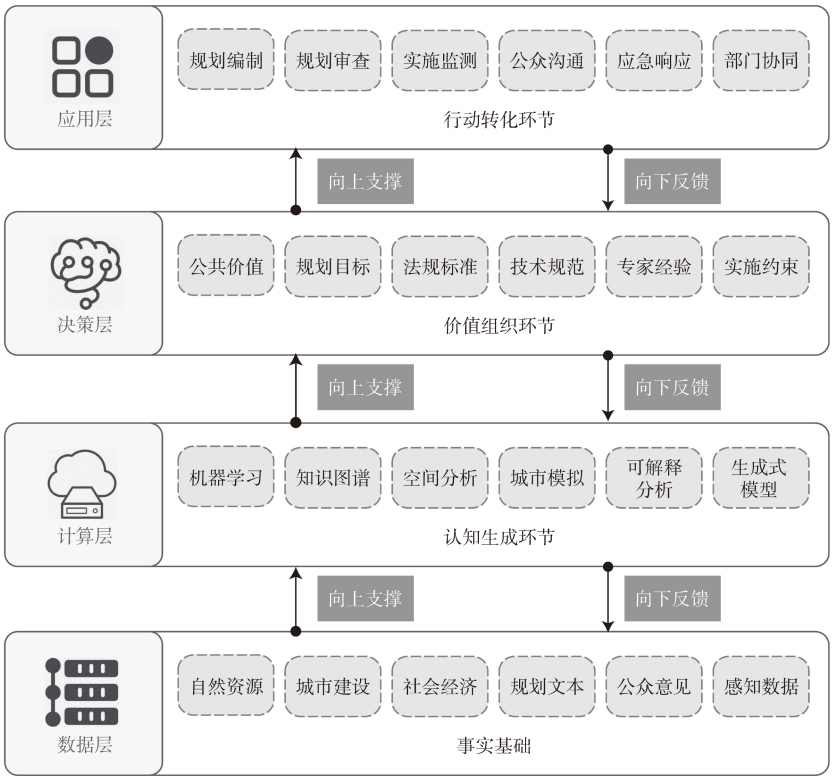
يتطلب تشغيل قدرات وكيل التخطيط سندا معماريا واضحا. وبالجمع بين سير عمل التخطيط ومنطق تشغيل النظم الذكية، يمكن أن يتكون وكيل التخطيط من طبقات البيانات والحوسبة والقرار والتطبيق. توفر طبقة البيانات معلومات حالة المدينة والتخطيط؛ وتنجز طبقة الحوسبة تحديد المشكلات ومحاكاة المخططات؛ وتكوّن طبقة القرار الموازنة القيمية والحكم القاعدي؛ وتدفع طبقة التطبيق تنفيذ مهام التخطيط وتنسيق الحوكمة. وتكمن الدلالة النظرية لهذه العمارة الرباعية في تنظيم البيانات الحضرية، والمعرفة التخطيطية، والمناهج النموذجية، والقيمة العامة، وفعل الحوكمة في نظام منهجي قابل للتشغيل والفحص والتكرار.

طبقة البيانات هي أساس الوقائع، وتركز على تنظيم البيانات مكانيا وزمنيا وشيئيا ودلاليا. فبيانات الموارد الطبيعية، والبناء الحضري، والاجتماع والاقتصاد، وآراء الجمهور، ورصد التنفيذ، تسند تباعا تحديد الخطوط الدنيا، وحكم الحالة الراهنة، وتحليل الطلب، وفهم المطالب، وتعديل التغذية الراجعة.

وطبقة الحوسبة هي حلقة توليد الفهم، إذ تحول البيانات إلى تحديد للمشكلات، وتحليل مكاني، ومحاكاة سيناريو، وتوليد مخططات، وتقييم أثر، وفحص قواعد. ويمكنها استدعاء التحليل الجغرافي المكاني، ومحاكاة المدينة، ورسوم المعرفة، والتعلم الآلي، والنماذج التوليدية، والتحسين متعدد الأهداف؛ غير أن جوهرها هو تحويل الظواهر الحضرية المعقدة إلى مشكلات تخطيطية قابلة للتفسير.

وطبقة القرار هي حلقة تنظيم القيمة، إذ تضع نتائج الحوسبة ضمن القيمة العامة، وأهداف التخطيط، والمعايير التنظيمية، وخبرة الخبراء، وقيود التنفيذ، لتكوين حكم مركب. فالتخطيط الحضري اختيار عام ينبغي أن يكون قابلا للتفسير والمراجعة وتحمل المسؤولية في سياق محدد.

وطبقة التطبيق هي حلقة تحويل الفعل، إذ تدخل نتائج البيانات والحوسبة والقرار في إعداد المخططات، ومراجعتها، ورصد التنفيذ، والتواصل العام، والاستجابة الطارئة، والتنسيق بين الإدارات. وتعود البيانات والمشكلات والتغذيات الجديدة الناتجة عن التطبيق إلى طبقة البيانات، دافعة تحديث النماذج والقواعد وطرق التطبيق. وهكذا تشكل العمارة الرباعية حلقة مغلقة تربط حالة المدينة، والفهم التخطيطي، والقيمة العامة، وفعل الحوكمة، وتدعم وكيل التخطيط في العملية كلها.



الشكل 2. العمارة الأساسية لوكيل التخطيط الحضري.

4 خريطة التطبيقات: ثمانية وكلاء متخصصين للعملية التخطيطية كلها

عندما يدخل وكيل التخطيط المجال الحضري، تظهر قيمته في التنظيم المنهجي للعملية كلها. فالتخطيط الحضري يحتاج إلى استيعاب المطالب العامة، وتحديد مشكلات المدينة، وتكوين المخططات المكانية، وصون القواعد المؤسسية، وتقييم آثار التنفيذ، والاستجابة للمخاطر غير العادية، وتنسيق أفعال الفاعلين المتعددين. ولتيسير العرض، تسمي الدراسة الوكلاء المهنيين الموجهين إلى مهام تخطيطية محددة «وكلاء متخصصين». وعلى امتداد العملية كلها، يمكن تلخيص وكيل التخطيط في ثمانية أنواع: استشعار الزمان والمكان، وإدراك الانتظامات، ومحاكاة التخطيط، وإعداد المخطط، واتخاذ قرارات الفعل، والتنسيق التنظيمي، والاستجابة الطارئة، وتكرار المعرفة. وهي تقابل تشخيص حالة المدينة، وتمييز الانتظامات المكانية، وتكوين المخطط، ومراجعة القواعد، وتقييم التنفيذ، وتنسيق الفعل، وحوكمة المرونة، وتحديث معرفة التخطيط.

4.1 وكيل استشعار الزمان والمكان: التعرف المستمر إلى حالة المدينة

يتعامل هذا الوكيل مع معلومات متعددة المصادر عن الموارد الطبيعية، والوضع العمراني، ونشاط السكان، والاقتصاد الصناعي، والتنقل، والبيئة الإيكولوجية، والخدمات العامة، وآراء الجمهور، ورصد التنفيذ [38-39]، ويحدد باستمرار حالة التشغيل الحضري والتغير المكاني. ومن خلال المعالجة المكانية والزمنية والشيئية، يحول البيانات المكانية المبعثرة، والمطالب الاجتماعية، ومعلومات التشغيل، إلى نتائج إدراك تخطيطي ذات موقع ونوع وكثافة واتجاه تطور. وبذلك ينقل فهم المدينة من المسح المرحلي إلى الملاحظة المستمرة، ويوفر خريطة أساس واقعية لإدراك الانتظامات ومحاكاة المخططات.

4.2 وكيل إدراك الانتظامات: التشخيص التفسيري للآليات المكانية

يتعامل هذا الوكيل مع مشكلات مركبة تشمل البنية السكانية، والوظائف المكانية، وتشغيل النقل، والخدمات العامة، والبيئة الإيكولوجية، وعرض السكن، وقدرة الحوكمة [40]. وهو يكشف البنية المكانية وآليات التشغيل وانحرافات التنفيذ الكامنة خلف الظواهر. ومن خلال تحويل وقائع البيانات إلى تفسير آليات مكانية، والظواهر الموضعية إلى قضايا تخطيطية، والأحكام الخبرية إلى بنى معرفة قابلة لإعادة الاستخدام، يسند تشخيص مشكلات المدينة، وتحديد أولويات الحوكمة، واختيار اتجاه التدخل التخطيطي.

4.3 وكيل محاكاة التخطيط: تنظيم السيناريوهات المستقبلية ومقارنتها

يواجه هذا الوكيل لايقين التنمية الحضرية. فمن خلال إعداد السيناريو، ومحاكاة النماذج، وتقييم الأثر، والمقارنة بين المخططات، يحول عوامل مثل تغير السكان، وتطور الصناعة، وتنظيم النقل، والقيود الإيكولوجية، وإيقاع التجديد، إلى سيناريوهات مستقبلية قابلة للمقارنة. وجوهره مساعدة المخططين على رؤية النتائج المكانية للاختيارات المختلفة، وتحويل مشكلات المستقبل الصعبة إلى مجموعات سيناريوهات قابلة للحساب والمقارنة والنقاش.

4.4 وكيل إعداد المخطط: إنشاء المخططات المكانية والمخرجات القانونية

يوجه هذا الوكيل إلى توليد المخططات المكانية والمخرجات القانونية. ففي ظل وضوح أهداف التخطيط، وقيود الخطوط الدنيا، وشروط التنفيذ، والرقابة البشرية، يساعد على تنظيم البنية المكانية، وتحسين توزيع استخدامات الأرض، والتخصيص الدقيق للعناصر، وصوغ النصوص، والتعبير بالرسوم [41]. ويمكنه توسيع أفق استكشاف البدائل ورفع كفاءة التعبير عن النتائج، لكن تعريف المشكلة، وتحديد الأهداف، وتركيب القواعد، والحكم القيمي، تظل مسؤوليات أساسية للمخطط.

4.5 وكيل اتخاذ قرارات الفعل: الموازنة متعددة الأهداف واختيار المخطط

يتعامل هذا الوكيل مع تعارضات بين الأمن الإيكولوجي، وكفاءة التنمية، والإنصاف المكاني، والثقافة التاريخية، والخدمات العامة، والمرونة والسلامة، وكلفة التنفيذ. وينظم منظومة الأهداف، والمعايير التنظيمية، ونماذج التقييم، وخبرة الخبراء، وتغذية الجمهور، في أسس حكم قابلة للتفسير. كما يدعم مقارنة المخططات، وتحديد المخاطر، واختيار الأفعال، ناقلا القرار التخطيطي من أمثلية تقنية مفردة إلى موازنة مركبة موجهة إلى القيمة العامة، ودافعا حساب الآلة إلى الخضوع للعقلانية التخطيطية ومسؤولية الحوكمة.

4.6 وكيل التنسيق التنظيمي: تنسيق الحوكمة بين الفاعلين

يتعامل هذا الوكيل مع مهام عابرة للإدارات مثل التجديد الحضري، وتحسين النقل، والترميم الإيكولوجي، ورفع الخدمات العامة، وتعديل الفضاء الصناعي، والتعاون الإقليمي. وينظم أهداف التخطيط، والمهام المكانية، وأدوات السياسة، والجهات المنفذة، في بنية واضحة. كما يدعم تفكيك الأهداف، وربط المسؤوليات، وتتبع التقدم، وإنذار التغذية الراجعة، لتكوين علاقات تعاونية أوضح بين الإدارات والمستويات والمناطق والفاعلين الاجتماعيين.

4.7 وكيل الاستجابة الطارئة: الاستجابة المكانية للمخاطر غير العادية

يتعامل هذا الوكيل مع الطقس المتطرف، والفيضانات، وحوادث الصحة العامة، وأعطال البنية التحتية، وحوادث السلامة العامة الكبرى، ويسند تحديد المخاطر، وتعبئة الموارد، والاستجابة السريعة [42]. وهو يربط الوقاية قبل الحدث، والمعالجة أثناءه، والتغذية الراجعة بعده، بحيث تعود المشكلات التي تكشفها الأحداث غير العادية، مثل ضعف البنية التحتية، ونقص الفضاء العام، وسوء تنظيم الممرات، وضعف مرونة المجتمع المحلي، إلى التخطيط المكاني للأراضي، والتخطيط التفصيلي، وبناء البنية التحتية.

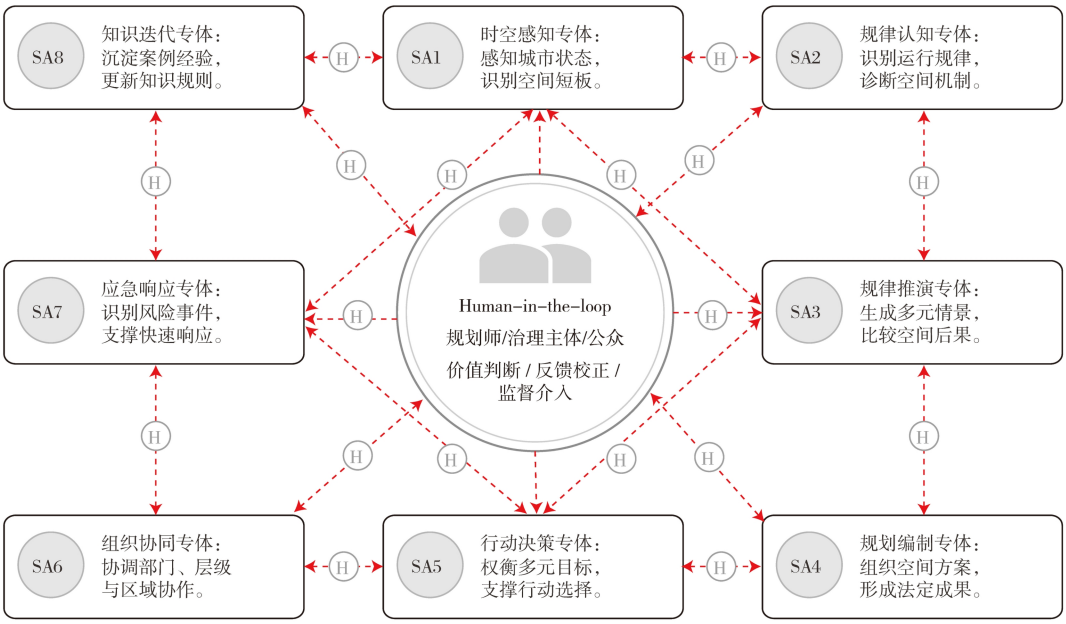
4.8 وكيل تكرار المعرفة: التحديث المستمر لخبرة التخطيط

يتعامل هذا الوكيل مع مواد الممارسة مثل حالات التخطيط، وآراء المراجعة، ونتائج التنفيذ، وتغذية الجمهور، وتصحيحات الخبراء، وتعديلات القواعد. وهو يراكم باستمرار موارد معرفة تخطيطية قابلة لإعادة الاستخدام. كما يحول الخبرات والانحرافات والدروس في عمليات التخطيط إلى أسس لتحديث المعرفة، وتحسين القواعد، وتصحيح النماذج، بما يمنح وكيل التخطيط قدرة إعادة التعلم وإعادة المعايرة والتطور الديناميي عبر الممارسة المستمرة.

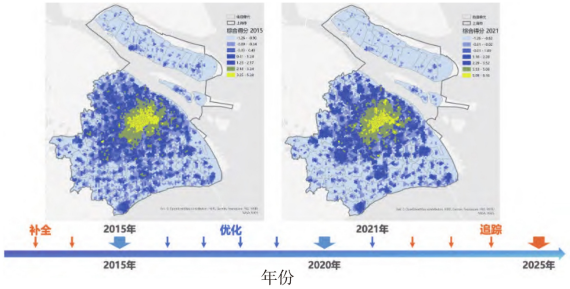
4.9 آلية التشغيل التعاوني للوكلاء المتخصصين الثمانية

تشكل الوكلاء المتخصصة الثمانية بنية جماعية لوكيل التخطيط. يوفر وكيل استشعار الزمان والمكان أساس حالة المدينة؛ ويفسر وكيل إدراك الانتظامات الآليات المكانية؛ وينظم وكيل محاكاة التخطيط السيناريوهات المستقبلية؛ ويولد وكيل إعداد المخطط المخططات المكانية والمخرجات القانونية؛ ويدعم وكيل اتخاذ القرار الموازنة متعددة الأهداف؛ ويضمن وكيل التنسيق التنظيمي فعل الفاعلين المتعددين؛ ويستجيب وكيل الطوارئ للمخاطر غير العادية؛ ويجمع وكيل تكرار المعرفة خبرة التغذية الراجعة ويحدث قواعد المعرفة.

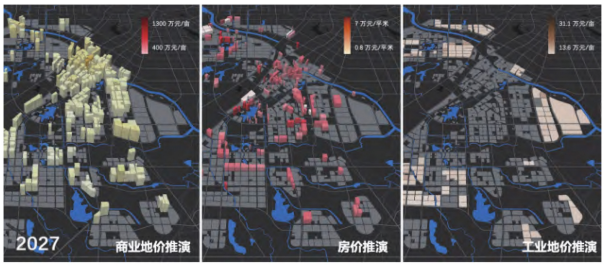
وتكمن نقطة التعاون في تكوين علاقة مستمرة: «حالة - انتظام - سيناريو - مخطط - قرار - تنسيق - استجابة - تكرار». إذ تدرك حالة المدينة باستمرار، وتفسر الانتظامات المكانية، وتنظم السيناريوهات المستقبلية وتقارن، وتولد المخططات وتعبر، وتقيّم اختيارات الفعل تقييما مركبا، وتدفع مهام الفاعلين المتعددين تعاونيا، وتستجاب المخاطر بسرعة، وتتراكم تغذية التنفيذ وخبرة الممارسة. وبذلك يتطور وكيل التخطيط من أداة مساعدة ملحقة بالإجراءات القائمة إلى آلية تنظيمية ذكية تسند العملية التخطيطية كلها.



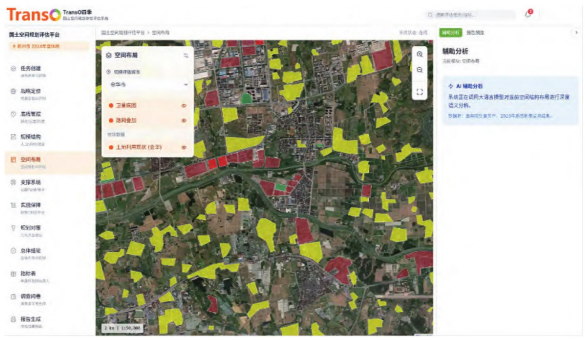
الشكل 3. الإطار العام للعقلانية الإيكولوجية في ترابط الوكلاء الحضريين المتخصصين الثمانية.



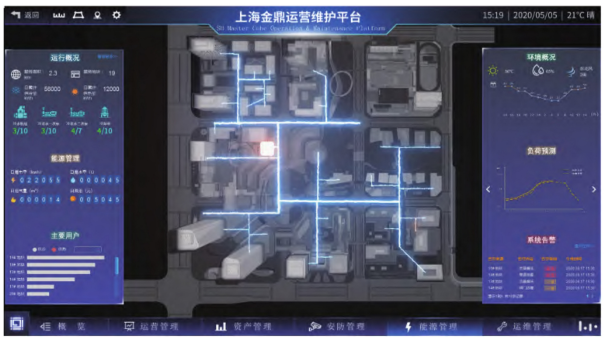
（a）时空感知专体：上海城市地块活力度持续诊断



（b）规划推演专体：合肥商业地价、住房价格与工业地价空间推演



（c）行动决策专体：兰溪国土空间开发保护评估与研判



（d）知识迭代专体：上海金鼎聪明城区能源运行监测、反馈与知识更新

الشكل 4. تطبيقات مختارة لوكلاء التخطيط الحضري المتخصصين: (أ) وكيل استشعار الزمان والمكان: التشخيص المستمر لحيوية القطع الحضرية في شنغهاي؛ (ب) وكيل محاكاة التخطيط: المحاكاة المكانية لسعر الأرض التجارية، وسعر السكن، وسعر الأرض الصناعية في خفي؛ (ج) وكيل اتخاذ قرارات الفعل: تقييم وحكم تطوير المجال الوطني وحمايته في لانشي؛ (د) وكيل تكرار المعرفة: رصد تشغيل الطاقة، والتغذية الراجعة، وتحديث المعرفة في حي جيندينغ الذكي في شنغهاي.

5 خاتمة: وكيل التخطيط في السياق الصيني: الأساس المؤسسي وسند المعرفة

5.1 سند المعرفة في الصين: منظومة القواعد الخمس

يعتمد تشغيل وكيل التخطيط على أساس معرفي مستقر ومنهجي وقابل للتحديث. يمتلك التخطيط الحضري في الصين مصادر بيانات غنية، وقواعد مؤسسية، وخبرة عملية، غير أن هذه الموارد ظلت طويلا متفرقة بين الإدارات والمنصات ومخرجات التخطيط وعمليات المشروعات [43]. ولكي يكوّن وكيل التخطيط حكما مهنيا، ينبغي تنظيم هذه الموارد المتفرقة في منظومة معرفة ذات معنى تخطيطي.

وانطلاقا من المهام الرئيسة لممارسة التخطيط الصينية، يمكن تلخيص سند المعرفة في خمس قواعد: قاعدة الموارد الطبيعية، وقاعدة البناء الحضري، وقاعدة الأوضاع الاجتماعية الاقتصادية، وقاعدة المعايير واللوائح، وقاعدة حالات التخطيط. ولا تكمن أهمية القواعد الخمس في جمع المواد، بل في تنظيم معرفة التخطيط؛ فمن خلال تحويل البيانات والقواعد والنماذج والحالات والتغذية الراجعة إلى نظام معرفي قابل للاستدعاء والتفسير والتحديث، يستطيع وكيل التخطيط أن يكوّن قدرة حكم تخطيطي مهنية حقا.

الشكل 5. منظومة القواعد الخمس الداعمة لوكيل التخطيط الحضري.

5.2 دفع قفزة منهجية في التخطيط لعصر الذكاء

يدل طرح وكيل التخطيط على دخول العلاقة بين التخطيط الحضري والذكاء الاصطناعي مرحلة جديدة. فمن منظور تطور التخصص، يطرح الوكيل أسئلة مركزية يجب أن يجيب عنها التخطيط الحضري في عصر الذكاء: كيف يمكن معرفة المدينة باستمرار؟ وكيف تحكم المشكلات بدقة؟ وكيف تحاكى المخططات بعقلانية؟ وكيف تنتقل القواعد بثبات؟ وكيف تدمج القيمة في العملية الذكية؟ وكيف يغذي التنفيذ نظام التخطيط؟ لقد تجاوزت هذه الأسئلة مجال التطبيق التقني العام، وأصبحت تشير إلى تجديد نظري داخل علم التخطيط. لذلك لا ينبغي للتخطيط أن يعد الذكاء الاصطناعي أداة خارجية فقط، ولا أن يبقى عند مستوى نقل التقنية، بل يجب أن يبني نظرية تخطيط ذكي ذات موقف تخصصي، تدمج النظم الحضرية المعقدة، وهندسة معرفة التخطيط، والقرار التعاوني بين الإنسان والوكيل، وقيود القيمة العامة، وآليات الحوكمة المكانية، في إطار موحد يشكل منهجية تخطيط للمستقبل.

ومن منظور تطور المهنة، سيغير وكيل التخطيط بنية قدرات العمل التخطيطي. ستتركز قدرات المخططين مستقبلا بدرجة أكبر على تعريف المشكلة، وتحديد الهدف، والحكم القيمي، وتنظيم القواعد، وتفسير السيناريو، والحوكمة التعاونية، وضبط المسؤولية. ويمكن للوكيل أن يوسع نطاق إدراك المخطط، وقدرته على المحاكاة والمقارنة والتغذية الراجعة، لكن اتجاه التخطيط، والقيمة العامة، والمسؤولية النهائية، ستظل بيد الجماعة المهنية ونظام الحوكمة العامة. وكلما دخل التخطيط عصر الذكاء، زادت الحاجة إلى تعزيز العقلانية المهنية وصون الحدود الدنيا للمصلحة العامة، والإنصاف المكاني، والأمن الإيكولوجي، واستمرارية الثقافة، والمسؤولية طويلة الأجل. ولا ينبغي لتطور وكيل التخطيط أن يضعف حكم الإنسان المهني، بل أن يرفع قدرة المخطط على قيادة مشكلات المدينة المعقدة [44].

تكمن نقطة بناء وكيل التخطيط في تحويل ما راكمته المهنة طويلا من بيانات وقواعد وحالات وخبرة وأحكام قيمية إلى منظومات معرفة قابلة للتنظيم والتفسير والمراجعة والتحديث. فالوكيل من دون معرفة تخطيطية يبقى أداة ذكية عامة؛ والوكيل من دون قيد القيمة العامة قد يقع في أولوية الكفاءة والأمثلية المحلية؛ والوكيل من دون تغذية تنفيذ راجعة يصعب أن يخدم الحوكمة الحضرية حقا. ومن ثم ينبغي لوكيل التخطيط مستقبلا أن يستند إلى قواعد الموارد الطبيعية، والبناء الحضري، والأوضاع الاجتماعية الاقتصادية، والمعايير واللوائح، وحالات التخطيط، وأن يراكم باستمرار معرفة الممارسة ومناهجها وخبراتها، ليشكل منظومة قدرات مهنية تسند إعداد التخطيط ومراجعته وتنفيذه وتقييمه والحوكمة التعاونية، مساهما بالحكمة والخبرة الصينيتين في تطور علم التخطيط الحضري وممارسته المهنية عالميا في عصر الذكاء.

المراجع

[1] GALLOTTI R, SACCO P, DE DOMENICO M. النظم الحضرية المعقدة: تحديات وحلول متكاملة لاستدامة المدن ومرونتها2021 ,Complexity .[J](1): 1782354.

[2] Zhou Changlin, Bai Yu, Xie Shuimu. الأداء المكاني الحضري الموجه إلى التنمية عالية الجودة: مفارقة الأهداف المتعددة ونموذج التقييم2022 ,Urban Planning Forum .[J](4): 58-63.

[3] Yang Xuanmei. مرونة المجال الوطني: إطار مفاهيمي ومسارات تنفيذ2021 ,Urban Planning Forum .[J](3): 112-118.

[4] Wu Zhiqiang, Liu Xiaochang, Zhao Gang, et al. استبدال التوسع البسيط بتوجه المنفعة المكانية: مؤشرات تقييم رئيسة للحوكمة الحضرية2021 ,Urban Planning Forum .[J](5): 15-22.

[5] ZHOU X, LIN Y, MONSTADT J, et al. فحص عمليات التخطيط التعاوني ونتائجه في التجديد الحضري: انعطافة تداولية في الصين؟2024 ,Urban Studies .[J], 62(4): 682-699.

[6] Cao Chunhua, Lu Tao, Li Peng, et al. الرصد والتقييم والإنذار المبكر في التخطيط المكاني للأراضي: الدلالة والمهام والإطار التقني2022 ,Urban Planning Forum .[J](6): 88-94.

[7] Sun Shiwen. بحث أساسي في نظام الإشراف على تنفيذ التخطيط المكاني للأراضي2024 ,Urban Planning Forum .[J](2): 12-17.

[8] PAN H, GEERTMAN S, DEAL B, et al. دعم التخطيط للمدن الذكية في مرحلة ما بعد كوفيد[J]. Journal of Urban Technology, 2022 ,29(2): 1-5.

[9] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Zang Wei, et al. مفهوم نموذج ذكاء المدينة (CIM) وتطوره[J]. City Planning Review, 2021 ,45(4): 106-113.

[10] BATTY M. التوائم الرقمية في تخطيط المدن2024 ,Nature Computational Science .[J], 4(3): 192-199.

[11] RITTENBRUCH M, FOTH M, MITCHELL P, et al. التصميم المشترك لنظم دعم التخطيط في علم المدن: الأسئلة التي تجيب عنها والأسئلة التي تثيرها2021 ,Journal of Urban Technology .[J], 29(2): 7-32.

[12] SON T H, WEEDON Z, YIGITCANLAR T, et al. التخطيط الحضري الخوارزمي للتنمية الذكية والمستدامة: مراجعة منهجية للأدبيات2023 ,Sustainable Cities and Society .[J], 94: 104562.

[13] PENG Z R, LU K F, LIU Y, et al. مسار ذكاء التخطيط الحضري: من دعم التخطيط إلى صنع المخطط[J]. Journal of Planning Education and Research, 2023 ,44(4): 2263-2279.

[14] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Liu Chaohui, et al. مدينة الذكاء الاصطناعي: النظرية وعمارة النموذج[J]. Urban Planning Forum, 2022 ,(5)23-17.

[15] Gan Wei, Wu Zhiqiang, Wang Yuankai, et al. بناء نموذج نظري للتصميم الحضري بمساعدة AIGC[J]. Urban Planning Forum, 2023 ,(2)18-12.

[16] ZHENG H, YUAN P F. منهج توليدي للتصميم المعماري والحضري عبر الشبكات العصبية الاصطناعية[J]. Building and Environment, 2021 ,205: 108242.

[17] Wu Zhiqiang, Zhou Mimi, Liu Qi, et al. «التوأم العابر للأجيال»: رسم خصائص حياة المدينة[J]. Urban Planning Forum, 2024 ,(1)9-17.

[18] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Li Shuran, et al. «العقول الحضرية الجماعية»: النموذج النظري والقضايا الرئيسةUrban .[J]. Planning Forum, 2023(6): 20-26.
[19] Wu Zhiqiang. تحول مناهج التفكير في التخطيط الحضري1986 ,Urban Planning Forum .[J](5): 1-7.
[20] Wu Zhiqiang. كيفية التعامل مع المعلومات اللينة: مناهج التحليل متعدد المعايير في تخطيط استخدامات الأرض الحضرية1985 ,Urban Planning Forum .[J](3): 41-49.
[21] Wu Zhiqiang. بحث أساسي في تطوير الأرض الحضرية في شنغهاي: توزيع حجم التطوير، وقياس القيمة، وآلية التطوير[D]. Shanghai: Tongji University, 1984.
[22] WU Z Q. Globalisierung der grossstadte um die jahrtausendwende: forschung[D]. Berlin: Technische Universitat Berlin, 1994.
[23] WU Z Q, PAN Y, YE Q, et al. نظام تقييم مؤشر ذكاء المدينة (City IQ): التصور والتقييم2016 ,Engineering .[J], 2(2): 196-211.
[24] WOOLDRIDGE M, JENNINGS N R. الوكلاء الأذكياء: النظرية والممارسةThe Knowledge Engineering Review .[J], 1995, 10(2): 115-152.
[25] PARK J S, O'BRIEN J, CAI C J, et al. الوكلاء التوليديون: محاكيات تفاعلية للسلوك البشريProceedings of the//[C] 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '23). San Francisco, CA, USA: Association for Computing Machinery, 2023: 1-22.
[26] HONG S, ZHUGE M, CHEN J, et al. MetaGPT: البرمجة الفوقية لإطار تعاوني متعدد الوكلاءThe Twelfth//[C] International Conference on Learning Representations (ICLR 2024). Vienna, Austria: OpenReview.net, 2024.
[27] ZHENG Y, LIN Y, ZHAO L, et al. التخطيط المكاني للمجتمعات الحضرية عبر التعلم المعزز العميقNature .[J]. Computational Science, 2023(9): 748-762.
[28] HILLIER B, HANSON J. المنطق الاجتماعي للفضاء1989 ,Cambridge: Cambridge University Press .[M].
[29] BATTY M. المدن والتعقيد: فهم المدن بالخلايا الآلية والنماذج القائمة على الوكلاء والكسوريات, Cambridge, MA .[M]: The MIT Press, 2007.
[30] HEPPENSTALL A, MALLESON N, CROOKS A. «الفضاء، الجبهة الأخيرة»: ما مدى جودة النماذج القائمة على الوكلاء في محاكاة الأفراد والفضاء في المدن؟2016 ,Systems .[J], 4(1): 9.
[31] AXHAUSEN K W, HORNI A, NAGEL K, et al. محاكاة النقل متعددة الوكلاء MATSim[M]. London: Ubiquity Press, 2016.
[32] BRUSE M, FLEER H. محاكاة تفاعلات السطح والنبات والهواء داخل البيئات الحضرية بنموذج عددي ثلاثي الأبعاد[J]. Environmental Modelling & Software, 1998, 13(3-4): 373-384.
[33] Tian Li, Xia Jing. حقوق تطوير الأرض والتخطيط المكاني للأراضي: منطق الحوكمة، وأدوات السياسة، والتطبيقات العملية2021 ,Urban Planning Forum .[J](6): 12-19.
[34] HERZOG R H, GONCALVES J E, SLINGERLAND G, et al. مدن للمواطنين! مجالات القيمة العامة لفهم النزاعات في التخطيط الحضري2023 ,Urban Studies .[J], 61(7): 1327-1344.
[35] YAP J R, ROMAN O, ADEY B T, et al. الاتجاهات والفرص في التخطيط التكيفي للبيئة المبنية: مراجعة أدبياتCity .[J]. and Environment Interactions, 2025, 26: 100196.
[36] SHEYDAYI A, DADASHPOOR H. المصلحة العامة: مدارس الفكر في التخطيط2022 ,Progress in Planning .[J], 165: 100647.
[37] NOARDO F, GULER D, FAUTH J, et al. كشف التقدم الفعلي في رخص البناء الرقمية: بناء الوعي عبر مراجعة نقدية لحالة الفن2022 ,Building and Environment .[J], 213: 108854.
[38] Bakowska-Waldmann E, Kaczmarek T. استخدام PPGIS: نحو مشاركة عامة ذات معنى في التخطيط المكاني[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021, 10(9): 581.

[39] MARSHALL S, FARNDON D, HUDSON-SMITH A, et al. مشاركة التصميم والتخطيط الحضري في العصر الرقمي: دروس من منصة تجريبية على الإنترنت2024 ,Smart Cities .[J], 7(1): 615-632.
[40] Wu Jiang, Wang Xin, Chen Ye, et al. تحديات فحص صحة المدن الكبرى وممارسة شنغهايUrban Planning .[J]. Forum, 2022(4): 28-34.
[41] HONG Q, XIA J, LONG Y. الذكاء الاصطناعي التوليدي في التصميم الحضري: مراجعة للتطبيقات الحديثةLandscape .[J]. Architecture, 2026, 32(12): 24-34.
[42] SAENZ DE TEJADA C, DAHER C, HIDALGO L, et al. مناهج التخطيط والتصميم والإدارة الحضرية لبناء المرونة الحضرية: مراجعة سريعة للأدلة2024 ,Cities & Health .[J], 8(5): 932-955.
[43] Niu Xinyi, Lin Shijia, Sang Tian, et al. تقنية التخطيط الرقمي: البيانات والمعرفةUrban Planning Forum .[J], 2024(2): 18-24.
[44] FU J, HAN H, SU X, et al. نحو بحث حضري تعاوني بين الإنسان والذكاء الاصطناعي تمكّنه النماذج اللغوية الكبرى مسبقة التدريب2024 ,Urban Informatics .[J], 3(1): 8.
ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي