«فضاء المدينة في عصر الذكاء الاصطناعي: التحولات والاتجاهات واستجابات التخطيط» - حوار أكاديمي

## المؤلفون

أوتهاين هرتسوغ، يوان فنغ، وانغ شينغبينغ، لونغ ينغ، تشانغ شياوتشون، هوانغ جينغنان، يانغ جون يان، تشانغ شان تشي، تشن فنغ، يان لونغ شو

## الملخص / كلمة التحرير

تعيد تقنيات الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي تشكيل النشاط الاجتماعي والاقتصادي البشري بعمق واتساع غير مسبوقين، وتندمج على نحو متزايد في منظومات الفضاء الحضري. ولم يعد الذكاء الاصطناعي مجرد أداة مساعدة، بل أخذ يتحول إلى عنصر محوري في تحديد شكل المدينة المستقبلي، وأنماط حوكمتها، وقواعد تشغيلها. ومع انتقال المدن من نموذج «المدينة الذكية» التقليدي إلى نموذج أعمق هو «مدينة الذكاء الاصطناعي»، يصبح فهم كيفية إعادة الخوارزميات والقدرة الحاسوبية والبيانات تشكيل الفضاء الحضري، واستشراف اتجاهات تطوره واستجابات التخطيط له، قضية نظرية مهمة وتحديا معاصرا أمام حقل التخطيط. ولهذا دعت هيئة التحرير عشرة خبراء إلى حوار أكاديمي حول «فضاء المدينة في عصر الذكاء الاصطناعي: التحولات والاتجاهات واستجابات التخطيط»، تناول إدراك المدينة، والفضاء الافتراضي-الواقعي، والبنية التحتية، والعلاقات الاقتصادية والاجتماعية، وحوكمة التخطيط. وتعرض الآراء الرئيسة على النحو الآتي.

أولا، يشهد إدراك المدينة ومناهج التخطيط تحولا عميقا. فالذكاء الاصطناعي يغير في المقام الأول طريقة إدراك المدينة؛ إذ تتحول المدينة تدريجيا إلى منظومة معقدة قابلة للاستشعار اللحظي، والمحاكاة الدينامية، والاستدلال الذكي. يرى يوان فنغ أن جوهر مدينة الذكاء الاصطناعي يكمن في الانتقال من استدعاء الأدوات إلى الاستدلال الذاتي، بحيث يشارك المخططون والوكلاء الأذكياء في صياغة الأسئلة وتنظيم المحاكاة والتحقق من النتائج. ويقترح منهجية مكانية ثلاثية المستويات: المحاكاة الفائقة، والتمثيل الفائق، والاقتران الفائق، بما يتيح محاكاة متوازية للأنظمة الحضرية المتعددة وربطا آنيا ثنائي الاتجاه بين الفضاء المادي والفضاء الرقمي. ومن منظور التوائم الرقمية الحضرية ونماذج اللغة الكبيرة، يشير أوتهاين هرتسوغ إلى أن التخطيط المستقبلي سيحتاج إلى وكلاء متعددين الوسائط وآليات تغذية راجعة لمعالجة العلاقات المعقدة بين فاعلين وأهداف ومقاييس متعددة في المدينة. ولا يرفع الذكاء الاصطناعي كفاءة العمل التخطيطي فحسب، بل يدفع أيضا مناهجه من الحكم الخبراتي والتحليل المنفرد إلى الاستدلال المنظومي وصنع القرار التعاوني.

ثانيا، يتوسع موضوع الفضاء الحضري من الفضاء المادي إلى منظومة مركبة افتراضية-واقعية. فالمدينة لا تتكون فقط من الأرض والمباني والطرق والمرافق، بل أيضا من البيانات والنماذج والخوارزميات والقواعد والمشاهد الرقمية. يؤكد يانغ جون يان أن المدينة السيبرانية ليست نسخة رقمية من المدينة المادية، بل تتطور معها عبر وصل العناصر والتغذية الراجعة المتبادلة. ويوضح تشانغ شياوتشون، استنادا إلى تجربة شنتشن في التوأمة الرقمية، أن التوائم الرقمية تدعم انتقال التخطيط المكاني من التجزؤ والعزلة إلى التنسيق الشامل عبر المجال كله، ومن توفير فضاء مادي منفرد إلى توفير متزامن للفضاءين الافتراضي والواقعي. وتستكشف شنتشن دمج النماذج الكبيرة العامة مع النماذج المهنية العمودية لتحقيق استدلال دينامي دقيق عابر للمجالات.

ثالثا، تدفع البنى التحتية الجديدة المدينة من نظام أفقي مسطح إلى تنسيق ثلاثي الأبعاد. فاقتران الذكاء الاصطناعي بالاقتصاد منخفض الارتفاع، والقيادة الذاتية، واللوجستيات الذكية، وغيرها من السيناريوهات الجديدة، يعيد تنظيم البنية التحتية الحضرية. يرى هوانغ جينغنان أن البنية التحتية منخفضة الارتفاع تتسم بتماثل بين المرافق المادية وشبكات المعلومات؛ لذلك ينبغي إدراج مواقع الإقلاع والهبوط، وشبكات المسارات، والاتصالات والملاحة، والبيئات الميكرو-مناخية، وارتفاعات المباني، وحقوق استخدام الفضاء ضمن إطار حكم موحد. ويركز لونغ ينغ على وحدة تصميم المناطق السكنية، موضحا كيف يمكن للنماذج الكبيرة أن تساعد في اكتشاف مشكلات الفضاء في المناطق السكنية القائمة، وأن تترجم أنماط الحياة الجديدة - مثل التوصيل غير المأهول، واللوجستيات منخفضة الارتفاع، وخدمات الروبوتات - إلى نماذج مكانية سكنية ملموسة. وفي النهاية، لن تبقى مدينة الذكاء الاصطناعي في السحابة والمنصات، بل ستهبط إلى الحي، والمجتمع المحلي، والأسطح، والطرق، ومشاهد الحياة اليومية.

رابعا، تعيد الخوارزميات تنظيم الفضاء الاقتصادي والعلاقات الاجتماعية. يرى وانغ شينغبينغ أن القدرة الحاسوبية والبيانات والخوارزميات والمنصات تشكل جغرافيا صناعية جديدة، وأن الزراعة والتصنيع والخدمات تشهد إعادة تنظيم مكاني بفعل الأتمتة، مع احتمال ظهور اختلالات إقليمية جديدة ومخاطر تهميش رقمي. ومن منظور تنسيق «الإنسان-الأرض-الخوارزمية»، يبين تشانغ شان تشي وتشن فنغ أن الذكاء الاصطناعي يجلب كذلك تحيزا خوارزميا، وانكشافا للخصوصية، وتجانسا مكانيا، ما يجعل مدينة الذكاء الاصطناعي قضية جديدة في الحوكمة العامة.

خامسا، ينبغي أن تنتقل حوكمة التخطيط من الضبط الساكن إلى التكيف الديناميي. ففي مواجهة التحولات المعقدة لمدن الذكاء الاصطناعي، تحتاج منطقية التخطيط التقليدية إلى تحديث. يرى يان لونغ شو أن مدينة الذكاء الاصطناعي تتحدى التخطيط التقليدي على ثلاثة مستويات: البنية المكانية الكلية، والتوزيع الوظيفي المتوسط، والاستخدام المكاني المجهري. تصبح أنظمة المراكز أكثر دينامية، وتغدو الحدود الوظيفية أكثر ضبابية، وتتجه استعمالات الفضاء إلى التركيب والمرونة. لذلك يحتاج التخطيط المستقبلي إلى تعزيز قدرته على رصد العمليات الدينامية وتنظيمها وتوجيهها، وإلى بناء واجهات مؤسسية جديدة بين تطور التكنولوجيا والقيمة العامة.

إن مدينة الذكاء الاصطناعي المعروضة في هذا الحوار منظومة معقدة تشمل إدراك المدينة، وموضوعات الفضاء، والبنية التحتية، والعلاقات الاقتصادية والاجتماعية، ومنطق الحوكمة. يحتاج الذكاء الاصطناعي إلى الخوارزميات والقدرة الحاسوبية، لكنه يحتاج أيضا إلى القيمة العامة والحكم المهني؛ ويحتاج إلى الفضاء الرقمي، لكنه يجب أن يستجيب للحياة الواقعية. وتتمثل مسؤولية حقل التخطيط في إعادة الذكاء الاصطناعي إلى الأسئلة الأساسية للتنمية الحضرية: كيف تعمل المدينة، وكيف ينتظم الفضاء، ولمن تخدم التكنولوجيا في نهاية المطاف.


## الكلمات المفتاحية

فضاء المدينة في عصر الذكاء الاصطناعي؛ مدينة الذكاء الاصطناعي؛ التوائم الرقمية الحضرية؛ نماذج اللغة الكبيرة؛ المدينة السيبرانية؛ البنية التحتية منخفضة الارتفاع؛ حوكمة التخطيط المكاني


## التوائم الرقمية الحضرية ونماذج اللغة الكبيرة: دلالات لتخطيط المدن الواقعية


أوتهاين هرتسوغ (عضو أجنبي في الأكاديمية الصينية للهندسة؛ عضو في الأكاديمية الوطنية الألمانية للعلوم والهندسة؛ أستاذ في جامعة تونغجي؛ أستاذ في جامعة بريمن، ألمانيا)


يمكن فهم المدينة، أو جزء منها، بوصفها منظومة اجتماعية-تقنية طويلة العمر يتأثر تطورها بمصالح واعتماديات متشابكة. وتشمل هذه الاعتماديات تموضع موضوع التخطيط داخل تراتبية أكبر، مثل المدينة أو الدولة أو نظام النقل، مع علاقات متزايدة الأهمية مع الأقاليم المجاورة ومع البعد الثالث؛ كما تشمل مطالب المواطنين والحوكمة والموارد من منظورات متعددة، مثل التنقل، ولوجستيات السلع والطاقة والمياه والبيانات، والتنمية الصناعية والتجارية، والاستدامة، والمرونة، والصحة، والسلامة، والأمن؛ إضافة إلى الخبرات التاريخية والبنى التحتية والقيم التي أنشأتها قرارات سابقة أو قضايا حديثة بعينها.

لذلك يمكن النظر إلى المدينة أيضا بوصفها كيانا تفاعليا داخل شبكة معقدة من الأهداف والاعتماديات. ولمعالجة هذه التعقيدات، يعمل التخطيط والإدارة الحضريان على مقياسين زمنيين على الأقل، وعبر أبعاد بنيوية وديناميية. فالتخطيط الحضري طويل الأمد ينطلق من لحظة محددة وأفق مستقبلي معين، ويسعى إلى خلق إمكانات تطوير البنية التحتية في المستقبل، في ضوء أهداف تشمل جاذبية المدينة للسكان والأعمال والسياحة، والاستدامة المالية والبيئية والقدراتية، والقدرة على التكيف مع الأفكار والابتكارات والفرص المقبلة، والمرونة إزاء طيف واسع من التهديدات المحتملة. أما التخطيط التشغيلي شبه الآني والرصد والتحكم فيركز على النظم الفرعية وتفاعلاتها مع المؤشرات المهمة، بالاستناد إلى إدارة بيانات إنترنت الأشياء وتحليلات الذكاء الاصطناعي المرتبطة بها. وعلى الرغم من أن هاتين الطبقتين يمكن دراستهما بدرجة كبيرة كل على حدة، فإن علاقاتهما المتبادلة تستحق الدراسة والإدارة. فالبيانات والقضايا المرصودة على المستوى التشغيلي، عبر إنترنت الأشياء وغيرها من البيانات، يمكن أن تحسن التخطيط الحضري؛ كما يمكن إعادة استخدام المعرفة الملتقطة على مستوى التخطيط، بصورة مباشرة ولكن ذكية، في المهام التشغيلية.

وللتقاط جميع جوانب التخطيط الحضري، لا تكفي الخرائط ومستودعات البيانات؛ بل نحتاج إلى نماذج تمثل موضوعات التخطيط المطروحة. وقد استخدمت التوائم الرقمية بنجاح في كثير من مهام التخطيط الحضري الفردية. وتساعد التوائم الرقمية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، مع بنى تبادل البيانات والمحاكاة، على تمثيل عناصر الواقع واعتمادياتها. ويمكن تنفيذ النماذج الرقمية ضمن إطار واسع من نماذج ومفاهيم وخدمات نواة التوأم الرقمي، كما تعرفها اتحادات إنترنت الأشياء الصناعية: فالتوأم الرقمي تمثيل افتراضي للكيانات والعمليات الواقعية، تتم مزامنته بتواتر ودقة محددين؛ وتحوّل أنظمة التوأم الرقمي الأعمال عبر تسريع الفهم الشامل، وصنع القرار الأمثل، والفعل الفعال؛ وتستخدم التوائم الرقمية بيانات آنية وتاريخية لتمثيل الماضي والحاضر ومحاكاة المستقبل المتوقع؛ وهي موجهة بالنتائج، ومفصلة بحسب حالات الاستخدام، ومدفوعة بالتكامل، ومبنية على البيانات، وموجهة بالمعرفة المجال-تخصصية، ومنفذة في نظم تكنولوجيا المعلومات والتشغيل.

تركز مجموعة النماذج المفاهيمية التقنية المسماة نواة التوأم الرقمي على قابلية التشغيل البيني بين نماذج البيانات والنماذج الحاسوبية، فضلا عن البيانات الوصفية، والمعالجة المسبقة، وتدفق البيانات، ونماذج التحقق. وهي تقدم صورة غنية للبيئة التقنية المعقدة للتوائم الرقمية من منظور التحليل والتصميم الكائني.

وقد توسع هذا المنظور مع ظهور نماذج اللغة الكبيرة، التي باتت تؤدي دورا مهما في التخطيط الحضري. ومؤخرا عُممت هذه النماذج ضمن أنظمة ذكاء اصطناعي وكيلة قادرة على دعم تعدد الوسائط، واكتساب المعرفة، والتحقق من الخطط، والمحاكاة، وصنع القرار. وتتيح هذه التكنولوجيا بناء أطر لأنظمة ذكاء اصطناعي اجتماعية وكيلة في التخطيط الحضري، تدمج تقنيات النظم متعددة الوكلاء الراسخة مع نماذج اللغة الكبيرة متعددة الوسائط. وهذا يوفر نهجا مرنا، معياريا، وقابلا للتوسع لبناء نظام موزع من الوكلاء المتعاونين والمتنافسين، بحيث يلتقط الاعتماديات بين الجوانب الحضرية ذات الصلة داخل منظومة اجتماعية وكيلة موزعة.

في مهام التخطيط الحضري، تستطيع هذه المنظومة أن تمثل البنى الحضرية الساكنة ذات الصلة، والديناميات الحضرية الضرورية، وقواعد ومطالب ومساهمات أصحاب المصلحة. كما تقترح سير عمل تفاعليا مع حلقات تغذية راجعة والتحقق من الخطط. ولا تهدف إلى استبدال المخطط البشري، بل إلى تقديم دعم ذكي له في صيغة تعاونية وتفاعلية عبر تواصل متعدد الوسائط، مثل الخرائط والصور والتقارير والصوت.

غاية دورة التخطيط هذه هي تطوير توأم رقمي حضري يوفر التفاصيل الساكنة والدينامية اللازمة للتنفيذ اللاحق، ويعكس توازنا بين مجموعة كبيرة من المتطلبات الناشئة عن المعرفة التخطيطية القائمة، والقضايا التقنية، واللوائح الإدارية، وطلبات أصحاب المصلحة الافتراضيين ثم البشريين. وتشمل هذه الدورة التكرارية طلبات المواطنين، واللوائح الإدارية، وقيود التمويل، وظروف المعيشة والعمل. ويمكن أيضا تحديد الاعتماديات بين جوانب التخطيط المختلفة وتوحيدها، كالموازنة بين مطالب السكان واستعمال الأرض، والطرق، والتنقل، والطاقة، والمياه، والحدائق، وخصائص المرونة، وصحة السكان. لذلك ينبغي استكمال العناصر البنيوية الساكنة للخطة أولا، ثم إدراج العناصر الدينامية للتحقق والمحاكاة الموجهين بالعمليات.

في خطوة لاحقة، يمكن التحقق من هذا التوأم الرقمي الحضري الأولي وتحسينه عبر نماذج أصحاب مصلحة قائمة على نماذج اللغة الكبيرة، وممثلة في توائم رقمية حجاجية تدعمها نماذج ذكاء اصطناعي وكيلة متعددة الوسائط ومتخصصة. ويمكن لهذه النماذج إدخال جوانب محددة، بل ومتعارضة، في صنع الخطة والتفاوض عليها، مع الاستعانة بنماذج سلوك بشري. وبذلك يمكن تأجيل المساهمات البشرية المكلفة زمنيا وماليا إلى مراحل لاحقة، حين تتاح للبشر الحقيقيين فرصة نقد الخطة.

كما تتيح هذه الأنظمة تقييما قائما على المحاكاة للجدوى التشغيلية للخطط الحضرية، عبر اختبار خيارات معمارية مختلفة لإنترنت الأشياء، مثل توزيع البيانات وحوكمتها، والقابلية للتوسع، والمتانة، والمرونة، والانفتاح على الابتكار المستقبلي. ويمكنها كذلك معالجة القضايا الدلالية اللازمة لتمكين التعاون أو التنافس بين أعداد كبيرة جدا من التوائم الرقمية في بيئة تشغيلية.

إن مفهوم التوائم الرقمية الحضرية المنفذة عبر مجتمع من الوكلاء متعددي الوسائط القائمين على نماذج اللغة الكبيرة - أي نظام ذكاء اصطناعي اجتماعي وكيل - يوسع التعريف الأصلي للتوأم الرقمي من حيث قابلية التشغيل البيني والتعقيد. وبالنظر إلى تعقيد المدن والتخطيط الحضري، يحتاج الحقل التخطيطي إلى إطار من هذا النوع للتعامل بنجاح مع تعقيد تخطيط المدن القابلة للعيش. كما يمكن استخدام التوأم الرقمي الحضري إطارا للتخطيط التشغيلي الآني ورصد النظم الحضرية الفرعية والتحكم فيها وفي تفاعلاتها.

## عصر الوكيل الحضري الفائق في فضاء ذكي تأملي

يوان فنغ (عميد وأستاذ متميز، كلية العمارة والتخطيط الحضري، جامعة تونغجي)

يتجاوز الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي حدود التفكير الأداتي؛ إذ ينتقل من مساعدة الكفاءة إلى إعادة تشكيل أنماط الإدراك والتفكير، ويندمج بعمق في كامل عملية ذكاء الفضاء الحضري، بما في ذلك مشاهد الإنتاج والحياة والبيئة. وكما أشار الفيلسوف يوك هوي، فإن الإنسان ينتقل من صورة الصانع الإنساني إلى الإنسان العاقل، بل حتى إلى «الإنسان الإله». إن علاقة «الإنسان-الوكيل الذكي-الطبيعة» تعيد تشكيل معنى المدينة على نحو أكثر تكافؤا. ومن ثم لم تعد القضية الجوهرية في المدينة الذكية اصطناعيا هي «كيف نجعل المدينة أذكى»، بل «كيف نعيد بناء الإدراك، ونكتشف القوانين، ونخلق المستقبل». وهذا ليس استبدال سرج فاخر بعربة قديمة، بل انتقال نمطي إلى عصر السيارة.

### 1. من الاستدعاء الذاتي إلى الاستدلال الحاسوبي الذكي: ذكاء حضري في ظل الحوكمة المشتركة بين الإنسان والآلة

في التخطيط والتصميم التقليديين، تكون محاكاة بيئة الرياح، وتدفقات المشاة، واستهلاك الطاقة، والضوء، والصوت، والحرارة، وحركة المرور، والإخلاء الطارئ، عمليات منفصلة يقودها الخبراء. وعلى المخطط أن يحدد البرامج، ويضبط المعاملات، ويربط البيانات

واحدة تلو الأخرى. وقد جعلت «غابة الأدوات» هذه اقتران الأهداف المتعددة شديد الصعوبة، وحجبت الرؤية الكلية العابرة للمقاييس والتخصصات.

الاتجاه الذي ندفع نحوه هو بناء معمارية «الاستدلال الذاتي - وكيل البحث». فمن خلال قدرة النماذج الكبيرة على الفهم الدلالي، يمكن استدعاء عناقيد محركات المحاكاة المفتوحة المصدر الموزعة على GitHub مباشرة، بما يسمح للذكاء الاصطناعي بأن يبحث ويطابق ويركب أدوات المحاكاة الأنسب وفق دلالة التصميم، ثم يتحقق من موثوقية النتائج عبر حوار الإنسان والآلة. وهكذا يتحقق الانتقال من «تحديد الأداة» إلى «البحث الذاتي عن المسار». لا يعود سير العمل البحثي متمحورا حول البرمجيات، بل حول دلالة المشكلة؛ تُفكك الأدوات وتُجمع القدرات، ويدخل التخطيط الحضري منعطفا منهجيا نوعيا، حيث لا يعود تعاون المخطط مع الذكاء الاصطناعي مجرد تسليم مهمة، بل صياغة مشتركة للأسئلة.

يمكن تلخيص النواة التقنية لهذا النموذج في ثلاث طبقات: طبقة «البيانات + المعرفة»، وهي قاعدة تدمج البيانات الحضرية الزمانية-المكانية متعددة المصادر، مثل الاستشعار عن بعد، وإنترنت الأشياء، وإشارات الهاتف المحمول، وBIM/CIM، وأرشيفات التخطيط التاريخية، مع رسوم المعرفة المجال-تخصصية كالمعايير ونماذج الآلية والخبرة التصميمية؛ وطبقة «الاستدعاء + الخوارزمية»، وهي مركز يقترن فيه محرك المحاكاة، والنموذج التوليدي، ومحلل التحسين، والاستدلال المنطقي القابل للتفسير بما يشمل السببية والقواعد والقيود الأخلاقية؛ وطبقة «قيادة سير العمل الذكية»، وهي خط وكلاء قابل للبرمجة والتتبع والتحقق لمشكلات التصميم والبحث المحددة.

## 2. الفضاء الحضري بوصفه المشهد المركزي للفضاء الذكي: المحاكاة الفائقة، والتمثيل الفائق، والاقتران الفائق

إذا كان جوهر «الفضاء الذكي» هو تصور البيانات ورصد التشغيل، فإن جوهر «مدينة الذكاء الاصطناعي» هو التوليد، واتخاذ القرار، والتطور المشترك. وألخص منهجيتها المكانية في ثلاثة مفاهيم مترابطة.

تكسر المحاكاة الفائقة حدود المحاكاة المغلقة لعملية فيزيائية واحدة، وتنشئ محاكاة متوازية عابرة للمجالات لأنظمة حضرية متعددة، ومقاييس متعددة، وفاعلين متعددين. وبذلك يمكن أن تتردد الفضاءات المادية للمدينة - مثل ممرات القيادة الذاتية، وشبكات اللوجستيات منخفضة الارتفاع، وبنية الاستجابة الذكية - مع تدفقات السلوك البشري والطاقة والمعلومات داخل محرك واحد.

أما التمثيل الفائق فيتجاوز التوأمة الرقمية الأحادية الاتجاه من «المادي إلى الرقمي»، ليقيم تمثيلا ثنائي الاتجاه، آنيا، ودلاليا بين الفضاء المادي والفضاء الرقمي. لم يعد الفضاء الرقمي الحضري مجرد «ظل» للفضاء المادي، بل أصبح حقلا سابقا لتطور الفضاء المادي: تنبت خطط التخطيط أولا في الفضاء الرقمي، وتختبر، وتدخل في مفاوضة، ثم تعود لتوجه البناء والتحويل في الفضاء المادي.

ويقصد بالاقتران الفائق تجاوز عزلة التخصصات والأنظمة، بحيث تتشابك النقل والطاقة والبيئة والمجتمع والاقتصاد والحوكمة بعمق على المستوى الخوارزمي. فاختيار مسار للوجستيات منخفضة الارتفاع هو في الوقت ذاته قضية ضوضاء، وقضية فضاء صناعي، وقضية عدالة اجتماعية. وللمرة الأولى يمنحنا الذكاء الاصطناعي قدرة على معالجة هذا التعقيد غير القابل للتفكيك داخل نموذج قرار واحد.

## 3. استجابات التخطيط والعمارة

أمام هذا التحول، يحتاج حقل التخطيط والعمارة إلى ثلاثة أعمال. أولا، إعادة بناء منظومة معرفة للتعايش مع الوكلاء الفائقين، وإدراج الثقافة الخوارزمية، وهندسة المحاكاة، والتعاون مع الوكلاء ضمن الكفاءات الجوهرية للمخططين والمعماريين. ثانيا، بناء منظومة مفتوحة للبنية التحتية الرقمية-الذكية، ودفع المشاركة في مكتبات محركات المحاكاة الحضرية، ورسوم المعرفة، وواجهات البيانات، لتجنب تكرار كل فريق لاختراع العجلة. ثالثا، إعادة تشكيل موقف أخلاقي في عصر ما بعد الإنسانية؛ فمع اتساع استقلالية الذكاء الاصطناعي، يجب التنبه إلى صناديق الخوارزمية السوداء، والفجوة الرقمية، وقضايا العدالة المكانية الجديدة. وكلما زادت استقلالية التكنولوجيا، ازدادت أهمية حكم المخطط القيمي.

ليست المدينة الذكية مدينة تتكيف سلبيا مع التكنولوجيا، بل مدينة تتطور معها. وتتمثل مهمة التخطيط في إعادة طرح السؤال الجوهري: لماذا ينبغي أن تكون مدينة المستقبل أفضل؟ وذلك على أساس قدرات المحاكاة الفائقة، والتمثيل الفائق، والاقتران الفائق.

# الذكاء الاصطناعي وإنتاج الفضاء الاقتصادي وإعادة تنظيمه

وانغ شينغبينغ (أستاذ، كلية العمارة، جامعة جنوب شرق الصين؛ مدير مركز التعاون الدولي لبحوث تطوير وتخطيط المجمعات الصناعية المستدامة، جامعة جنوب شرق الصين)

الذكاء الاصطناعي هو منظومة تقنية قادرة على محاكاة الذكاء البشري وتمديده وتوسيعه، بحيث تنجز الآلات مهاما معقدة تتطلب عادة ذكاء بشريا. ويمكن تقسيم تقنيات وصناعات الذكاء الاصطناعي إلى فئتين: تطوير برمجياته وأجهزته، واندماجه وتطبيقه في

مختلف القطاعات. يدخل المجتمع البشري عصرا جديدا من حضارة الذكاء الاصطناعي. وعلى الرغم من أن التطوير والتطبيق لا يزالان في «مرحلة جنينية»، وأن ما يدخل المجتمع أساسا هو الأتمتة الشاملة، لا الاستقلالية العميقة ولا استبدال الذكاء البشري، فإن هذه المرحلة الأولية ظاهريا قد بدأت بالفعل في «إنتاج» الفضاء الاقتصادي و«إعادة بنائه»، بما في ذلك الفضاء المادي والرقمي لسلسلة صناعة الذكاء الاصطناعي، والفضاء الاقتصادي الواسع الذي تتغلغل فيه تطبيقاته.

تولي الصين هذه الفرصة التاريخية أهمية كبيرة وتقف في مقدمة التطور العالمي للذكاء الاصطناعي. فقد أصدرت وثائق سياساتية مثل «خطة تطوير الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي» عام 2017، و«التدابير المؤقتة لإدارة خدمات الذكاء الاصطناعي التوليدي» عام 2023، و«آراء مجلس الدولة بشأن التنفيذ المتعمق لمبادرة الذكاء الاصطناعي بلس» عام 2025. وقد حددت هذه الوثائق هدفا يتمثل في تجاوز حجم الصناعة الأساسية للذكاء الاصطناعي تريليون يوان بحلول عام 2030، ودفع الصناعات المرتبطة إلى ما يزيد على عشرة تريليونات يوان، بما يشكل منظومة إرشاد كاملة تشمل البحث والتطوير، والبنية التحتية، والتنفيذ الصناعي، ومعايير الحوكمة.

في الوقت الراهن، يتجلى أثر الذكاء الاصطناعي في الفضاء الاقتصادي في ثلاثة مسارات رئيسة.

## 1. سلسلة صناعة الذكاء الاصطناعي تخلق أنماطا وتشكيلات اقتصادية مكانية جديدة

يعيد إنتاج البرمجيات والأجهزة الخاصة بالذكاء الاصطناعي تشكيل الجغرافيا الصناعية ومنطق توزيع القيمة. فمن جهة، تظهر صناعات البحث والتطوير والتصنيع المرتبطة بالذكاء الاصطناعي وتتجمع في الفضاء الحضري، مولدة أشكالا جديدة مثل مجتمعات الذكاء الاصطناعي ومجتمعات OPC. ومن جهة أخرى، تعيد تفضيلات الذكاء الاصطناعي تشكيل جغرافيا صناعات البرمجيات والأجهزة. فعلى مستوى الأجهزة، يدفع الطلب الهائل على القدرة الحاسوبية لتدريب النماذج الكبيرة مراكز البيانات فائقة الحجم إلى التركز في مناطق غنية بالطاقة وباردة المناخ مثل قويتشو وأولانقاب. كما يتركز تصنيع الرقائق المتقدمة حول الشركات القائدة، مشكلا تقسيم عمل واسع النطاق بين «مناطق نواة القدرة الحاسوبية» و«مناطق محيط القدرة الحاسوبية». وعلى مستوى البرمجيات، تكسر مجتمعات الشفرة المفتوحة ومنصات خدمات النماذج السحابية (MaaS) حدود الفضاء المادي، بحيث يستطيع المطورون المشاركة في خلق قيمة الذكاء الاصطناعي من أي مكان، فتتشكل فضاءات ابتكار رقمية بلا حدود تتفاعل فيها الافتراضية والواقعية.

## 2. تطبيقات الذكاء الاصطناعي تعيد تشكيل الفضاء الاقتصادي الواسع

يعزز تغلغل الأتمتة الذكية التعايش والتعاون بين البشر والروبوتات الشبيهة بالبشر، ويعيد تنظيم الأشكال المكانية التقليدية للقطاعات الثلاثة، مولدا مشاهد اقتصادية ومكانية جديدة. ففي الزراعة، تتيح الطائرات المسيرة لتفقد الحقول، ورصد رطوبة التربة، والتنبؤ بالآفات، لفني واحد إدارة آلاف المو من الأرض الزراعية، فتتقارب فضاءات الإنتاج من المزارع العائلية المتناثرة نحو مزارع رقمية مركزة. وفي التصنيع، تدخل تقنيات مثل الفحص البصري بالذكاء الاصطناعي، والصيانة التنبؤية، والجدولة الذكية في عمليات الإنتاج والإدارة، فتقلل الاعتماد على العمل التقليدي وتولد مشاهد مثل «المصانع المظلمة» و«المجمعات غير المأهولة»، وتدفع حلقات التصنيع إلى مناطق ذات بنية رقمية أفضل وتكاليف عمل أقل. وفي الخدمات، تفصل تطبيقات الطب عن بعد، والتعليم المدعوم بالذكاء الاصطناعي، وخدمة العملاء الذكية، بين تقديم الخدمة والمشهد المادي زمانيا ومكانيا، بما يسمح لسكان المناطق النائية بالحصول على موارد طبية وتعليمية شبيهة بموارد المدن من الدرجة الأولى. وهذا يضيق فجوة إتاحة الخدمات بين الحضر والريف، لكنه يؤدي أيضا إلى انكماش بعض وظائف الخدمات التقليدية في مراكز المدن. وبذلك يدفع الذكاء الاصطناعي الفضاء الاقتصادي إلى نمط جديد يتفاعل فيه التجمع الافتراضي مع التشتت المادي.

## 3. تفضيلات تطبيقات الذكاء الاصطناعي تزيد اختلال الفضاء الاقتصادي الإقليمي

تتركز مكاسب الكفاءة التي يجلبها الذكاء الاصطناعي حاليا في شركات المنصات والمناطق المالكة للبيانات والقدرة الحاسوبية والخوارزميات. وتعزز بكين وشنتشن ووادي السيليكون وغيرها من المناطق ذات البنية الحاسوبية وموارد البيانات مكانتها كأقطاب نمو جديدة للذكاء الاصطناعي. وفي المقابل، تحصل بعض المناطق الطرفية الغنية بالطاقة والملائمة مناخيا على فرص صعود لاحقة عبر صناعة الذكاء الاصطناعي. أما المناطق التي تفتقر إلى هذه العناصر فتواجه خطر «التهميش الرقمي»، حيث يحصل العمال العاديون والمنتجون الصغار والمتوسطون على نصيب منخفض نسبيا من المنافع، بما قد يعزز بنية «المركز-الهامش» بين الفضاءات الاقتصادية الإقليمية ويخلق مخاطر تفكيك علاقات التنمية الإقليمية وإعادة بنائها على نحو غير عقلاني.

إن وصف الذكاء الاصطناعي بأنه في «مرحلة جنينية» يعني أن اتجاه تطوره لا يزال قابلا للتشكيل بدرجة كبيرة، وأن إدخال الأتمتة مرحلة ضرورية نحو تعاون استقلالي بين الإنسان والآلة. ويحمل تأثير الذكاء الاصطناعي الراهن في الفضاء الاقتصادي فرصا لتحسين تخصيص الموارد وتقليص فجوات الخدمات بين الحضر والريف، لكنه يجلب تحديات اختلال التنمية الإقليمية. كما يغير طريقة تخصيص قوى الإنتاج وأنماط الوجود البشري؛ إذ تتسع علاقة الإنسان بالأرض إلى علاقات مركبة بين البشر، وأشباه البشر أو الذكاء

الاصطناعي، والفضاءين الافتراضي والواقعي، بما يعيد كتابة علاقة الإنتاج والمدينة التقليدية. ولا يمكن توجيه الذكاء الاصطناعي نحو الخير بترك التكنولوجيا تتطور تلقائيا؛ بل يحتاج الأمر إلى تصميم مؤسسي يشمل بناء قدرة حاسوبية شاملة، وتنمية منظومات مصدرية، وتحسين آليات التوزيع، وإلى إرشاد تخطيطي علمي يتكيف مع قوانين تطور الذكاء الاصطناعي النافع. وبهذا فقط يصبح إنتاج الفضاء بالذكاء الاصطناعي أكثر شمولا، وتتحقق مشاركة الجميع في عوائد التكنولوجيا وبناء فضاء اقتصادي عقلاني في عصر الذكاء الاصطناعي.

بيان استخدام الذكاء الاصطناعي: أعد الكاتب الأفكار الجوهرية والبنية الرئيسة وقدم المعلومات الأساسية، واستُعين بالذكاء الاصطناعي في الصياغة؛ ويتحمل الكاتب مسؤولية النص.

## تصميم المناطق السكنية بتمكين النماذج الكبيرة: اكتشاف المشكلات، والتكيف مع الاتجاهات، والاستجابة العملية

لونغ ينغ (أستاذ مثبت، كلية العمارة، جامعة تسينغهوا)

تتطور تقنيات الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي، ممثلة في النماذج الكبيرة، بسرعة. وتوفر قدراتها البارزة في فهم اللغة الطبيعية، ومعالجة المعلومات العابرة للوسائط، والاستدلال المنطقي، أدوات دعم جديدة للتخطيط الحضري والتصميم المكاني. وبوصف المنطقة السكنية وحدة مكانية أساسية في المدينة، فإن تصميمها العملي ينطوي على تحليل معلومات ضخمة ودمج عناصر معقدة، ما يوفر سيناريو مناسبا لإدماج النماذج الكبيرة في الممارسة. ويركز فريقي حاليا على ثلاثة محاور: اكتشاف المشكلات واستخلاص الخبرات في المناطق السكنية القائمة، والتكيف مع اتجاهات أنماط الحياة الجديدة، والاستجابة العملية عبر تعاون الإنسان والآلة.

في اكتشاف المشكلات واستخلاص الخبرات، نركز على التعرف إلى مشكلات المناطق السكنية القائمة وصياغة منهجيات تصميم التدخل المكاني. في الماضي كان من الصعب، بسبب محدودية المعالجة اليدوية، تحليل كميات كبيرة من بيانات الحالات غير المهيكلة بسرعة أو تحويلها إلى مرجع تصميمي في مرحلة التحليل المبكر. أما اليوم فتساعد قدرة النماذج الكبيرة على فهم النص والصورة في تجاوز هذا الحاجز. ومن خلال جمع مواد نصية وبصرية واسعة لحالات سكنية قائمة، وتحديد قواعد واضحة لاستخراج الخصائص داخل الأوامر النصية، نوجه النموذج الكبير إلى تحليل بيانات الحالات سريعا، واستخراج عناصر نموذجية في أبعاد مثل الكتلة المعمارية، والفضاء العام، والبنية الخضراء، وتنظيم الحركة، ثم تلخيص نقاط الألم المكانية. كما نجري تحليلا نصيا للحالات السكنية، ونستخرج طرائق تصميم دقيقة، ونستخدم تمثيل النصوص المتجهي وخوارزميات التجميع لتخفيض أبعاد النصوص المتناثرة وغير المعيارية وتصنيفها، ثم نلخص، عبر التحقق البشري، مئات الطرائق التي تغطي عناصر مكانية متعددة. وبهذا يحول سير العمل المدعوم بالنماذج الكبيرة مواد الحالات الضخمة إلى «خريطة مشكلات للمناطق السكنية القائمة» و«مجموعة طرائق تصميم للمناطق السكنية»، بما يوفر قاعدة استراتيجية غنية وعالية القيمة للخطوات اللاحقة.

في التكيف مع الاتجاهات، أوجد تطور التقنيات الجديدة مشاهد مثل خدمات الروبوتات، والتوصيل بالطائرات المسيرة، والربط بالمركبات ذاتية القيادة داخل المناطق السكنية. لذلك يصبح السؤال عن كيفية الاستجابة لأنماط الحياة الجديدة عاملا تصميميا مهما. وبأخذ اتجاه «الاقتصاد منخفض الارتفاع واللوجستيات الذكية» مثالا، نستخدم قدرات النماذج الكبيرة في البحث الشبكي وتحليل النص والصورة لإجراء تحليل حالات عابر للمشاهد، وجمع مشروعات تطبيق التقنيات الحديثة في السنوات الأخيرة من الإنترنت، وتلخيص الخصائص المكانية والأنماط الناضجة لتطبيق هذه التقنيات في الفضاءات المفتوحة. ثم نقيم، بالاستناد إلى البحث الميداني، ملاءمة نقل هذه التقنيات المتقدمة إلى الفضاء المادي للمناطق السكنية، ونترجم التطبيقات الحضرية الناضجة إلى نماذج مكانية سكنية. وعلى هذا الأساس نبني مكتبة سيناريوهات للاستجابة للاتجاهات، تشمل الفضاء العام، ومرافق الطرق، والفضاء السكني، وتتضمن مثلا عقد إقلاع وهبوط لوجستيات الطائرات المسيرة وممرات توصيل المركبات غير المأهولة، بما يتيح لتصميم المناطق السكنية الاستجابة النشطة للاتجاهات الناشئة.

في الاستجابة العملية، لا تكون النماذج الكبيرة مجرد أدوات تحليل مساعدة في المراحل المبكرة، بل وسائل مهمة للتدخل العميق في توليد مخططات التصميم وتقييمها. ففي مشروع محدد لتصميم منطقة سكنية، يمكن إدخال معلومات الموقع، والنصوص السياساتية ذات الصلة، واحتياجات السكان الفعلية، مع «مجموعة طرائق التصميم» و«مكتبة سيناريوهات الاستجابة للاتجاهات» إلى النموذج كمعرفة. وبحسب توجيهات تصميمية مختلفة، يستطيع النموذج الكبير توليد عدة بدائل متمايزة بسرعة، تشمل نصوص شرح مخطط التصميم ونقاط التصميم. وفي مرحلة التقييم يمكن للنموذج، استنادا إلى صور نمطية محددة للسكان، محاكاة رؤى ومطالب فئات مختلفة، وإجراء مقارنة كمية وتقييم نوعي للبدائل المتولدة. وتؤكد ممارسة الحلقة المغلقة «تحليل بيانات المسح - توليد بدائل متعددة - تغذية راجعة من التقييم المحاكى» الإمكانات الكبيرة للنماذج الكبيرة في دعم تصميم المناطق السكنية.

إن تأثير التقنيات التخريبية في الثورة الصناعية الرابعة في ماهية الفضاء الحضري ومنهجية التخطيط لا يمكن تجاهله. فالجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة كفاءة لمعالجة البيانات، بل يتحول إلى محرك قوي للتوليد والاستدلال. وكما حدث مع التقنيات الجديدة في التاريخ، فإن المفتاح هو تبنيها مبكرا وجعلها في خدمتنا. لذلك أدعو الزملاء في حقل التخطيط الحضري وممارسته إلى متابعة التطور التقني، وإدماج النماذج الكبيرة والتقنيات المتقدمة بجدية في كل حلقات البحث الحضري والتصميم المكاني، واستكشاف مسارات جديدة لبناء بيئة سكنية ممكّنة بالذكاء.

## التوائم الرقمية وتمكين التخطيط المكاني الحضري في العصر الجديد

تشانغ شياوتشون (رئيس مجلس إدارة مجموعة شنتشن لتطوير تكنولوجيا المدينة الذكية؛ خبير وطني في المسح والتصميم الهندسي؛ مهندس كبير بدرجة أستاذ)

### 1. التحديات الرئيسة للتخطيط المكاني الحضري في العصر الجديد

تعيد ثورة تقنية جديدة، يمثلها big data والذكاء الاصطناعي، تشكيل المجتمع والاقتصاد وتشغيل المدن بعمق. وأصبح التحديث الوظيفي عالي التواتر سمة مهمة، بينما يواجه التخطيط المكاني الحضري ثلاثة تحديات: التنسيق بين المستويات، والتعاون بين تخصصات متعددة، والتكيف مع القوى الإنتاجية الجديدة النوعية.

أولا، قاعدة البيانات المكانية غير واضحة والفضاء الرقمي غير متصل، ما يصعب دعم التنسيق التخطيطي الشامل والعابر للمقاييس. فالبيانات المكانية موزعة بين إدارات متعددة، مع اختلاف المراجع الزمانية والمكانية والمعايير الإحصائية وتعريفات السمات، الأمر الذي يجزئ البيانات فوق الأرض وتحتها، وثنائية وثلاثية الأبعاد، والساكنة والدينامية، ويضعف قابلية التشغيل البيني ويزيد تعارض الخطط.

ثانيا، النماذج المهنية العمودية مشتتة ومستقلة، وتقنيات النماذج الكبيرة والصغيرة مفصولة، بما يصعب الاستدلال الدقيق عبر المجالات. فكثير من النماذج المهنية يبنى وفق أعماله الخاصة، وتختلف معايير البيانات والمقاييس الزمانية-المكانية، كما يصعب دمج آليات النماذج الكبيرة مع النماذج المهنية التقليدية. وهذا يؤدي إلى اختلال مطابقة الوظائف عبر المجالات وعدم دقة القرارات العابرة للإدارات.

ثالثا، لا يتكيف نموذج التخطيط المكاني التقليدي القائم على توفير ساكن أحادي البعد مع التطور المتكامل عميقا بين الرقمي والمادي في ظل القوى الإنتاجية الجديدة. فصناعات استراتيجية ناشئة مثل الاقتصاد منخفض الارتفاع، والقيادة الذاتية، والذكاء المتجسد، تحتاج بصورة عاجلة إلى دعم مزدوج: محاكاة واستدلال في الفضاء الرقمي، وربط متزامن في الفضاء المادي.

### 2. ممارسة شنتشن في تمكين التخطيط المكاني بالتوائم الرقمية

نفذت شنتشن خلال السنوات الثلاث الماضية أكثر من 450 تطبيق توأمة رقمية في مجالات البناء الحضري وتشغيل الاقتصاد وغيرها، بما دفع التحول الرقمي الشامل. وفي مجال التخطيط المكاني الحضري، تحقق التمكين المنهجي عبر ثلاثة جوانب: قاعدة بيانات موحدة، وتقنيات دعم رئيسة، ونماذج تطبيق تخطيطية.

أولا، بنت شنتشن قاعدة توأم رقمي موحدة على مستوى المدينة لدعم تنسيق التخطيط المكاني متعدد المقاييس. فقد أنشأت نظام خرائط أساس معيارية، وشبكة استشعار وفق معمارية HarmonyOS، ونظام معايير بيانات SZ-IFC، وطورت خوارزميات للحوكمة الذكية للبيانات وتحديثها، وطبقت نظاما إلزاميا لتقديم البناء على أساس BIM/CIM، وأنشأت آلية تنسيق وتحديث بيانات بين الإدارات، وبنت منصة معلومات زمانية-مكانية موحدة على مستوى المدينة. وبهذا تشكلت قاعدة بيانات للفضاء الوطني-الإقليمي تدمج وتحدث ديناميا أكثر من 50 نوعا من البيانات المكانية، منها التخطيط والأرض والبحر. وقد دعمت قاعدة التوأم الرقمي في شنتشن في السنوات الأخيرة أكثر من 600 مشروع رئيس، منها التخطيط المكاني الإقليمي للمدينة، وتخطيط النقل السككي، وتخطيط منطقة الموقع الرئيس لاجتماع APEC 2026، بما أتاح التكامل عبر المقاييس من التخطيط الكلي إلى تخطيط المناطق والمشروعات الفردية.

ثانيا، بنت شنتشن منظومة تقنية متدرجة ومتعاشقة من النماذج الكبيرة والصغيرة لتحقيق استدلال تعاوني وديناميي ودقيق عبر المجالات. فقد أنشأت نموذجا كبيرا للحوسبة العلمية الحضرية، وربطته بقاعدة بيانات فائقة الاندماج، ووحدت معايير البيانات والمقاييس الزمانية-المكانية وآليات النماذج، وبنت معمارية استدلال تعاوني تتعاشق فيها النماذج الكبيرة والصغيرة. وتدمج هذه المعمارية النماذج العامة والنماذج العمودية المتخصصة لتحل محل نمط الاستدلال أحادي المجال. وفي معالجة ازدحام العطل، تستخدم شنتشن النماذج الكبيرة لتحليل الطقس وأنشطة المناطق السياحية وإجراءات الضبط والتقلبات الاقتصادية وغيرها من العوامل غير الاعتيادية، فتتنبأ بسرعة بحركة المرور الإقليمية وتقترح استراتيجيات تحسين شاملة؛ بينما تركز النماذج الصغيرة على

المقاطع والعقد الرئيسة وتصيغ حلول المنحدرات والتقاطعات، وبذلك يتحقق تحسين محلي وشامل متزامن عبر تعاشق العلاقات الزمانية-المكانية، وترتفع دقة التنبؤ وفعالية ضبط المرور.

ثالثا، بنت شنتشن نمطا من «التوفير المتزامن والتطور على التردد نفسه» بين الفضاء الافتراضي والفضاء الواقعي، للتكيف مع احتياجات القوى الإنتاجية الجديدة. فمن حيث المحتوى، تعتمد شنتشن على قاعدة التوأم الرقمي لتوفير أرض للاقتصاد منخفض الارتفاع والطاقة الجديدة والأنظمة الذكية المتصلة وغيرها من القوى الإنتاجية الجديدة، وفي الوقت نفسه توفر فضاء توأمة رقمية موحدا ومتواصلا على مستوى المدينة، يدعم محاكاة الذكاء المتجسد، والتنسيق الافتراضي-الواقعي، والتعاون بين الإنسان والآلة، وغير ذلك من احتياجات التفاعل المتعددة. وبذلك يتحقق الانتقال من توفير فضاء مادي أحادي البعد إلى توفير متزامن افتراضي-واقعي. وفي التنفيذ، تخطط شنتشن لبناء ميادين تدريب في دابنغ وبينغشان وغيرهما، وإقامة سلسلة تنفيذ دينامية: «محاكاة واستدلال في الفضاء الافتراضي - اختبار وتحقق في ميدان التدريب - تعميم في التخطيط المكاني»، بما يحقق تعايشا وتزامنا بين الفضاءين الافتراضي والواقعي ويدعم الترقية السريعة للصناعات الاستراتيجية الناشئة.

تظهر ممارسة شنتشن أن تقنية التوأم الرقمي تستطيع دعم تحول التخطيط المكاني الحضري من «تخطيط متجزئ ومنعزل» إلى «تنسيق شامل عابر للمقاييس»، ومن «قرار إدارة واحدة» إلى «تعاون متعدد الإدارات»، ومن «توفير أحادي البعد لمرة واحدة» إلى «تعايش افتراضي-واقعي وتطور متزامن».

## بناء بنية تحتية حضرية منخفضة الارتفاع من نمط «المادي-المعلوماتي» واستجابات التخطيط

هوانغ جينغنان (أستاذ، قسم التخطيط الحضري، كلية التصميم الحضري، جامعة ووهان)

أدى صعود الاقتصاد منخفض الارتفاع إلى موجة بناء للبنية التحتية الحضرية منخفضة الارتفاع. وتفرض خاصية التماثل «المادي-المعلوماتي» لهذه البنية أن يستجيب تخطيطها وبناؤها لتحديات حضرية معقدة، منها تشابك الشبكات بعمق، وتعقد التغيرات الزمانية-المكانية، وارتفاع متطلبات المرونة.

في السنوات الأخيرة، أدى انتشار المركبات منخفضة الارتفاع، ممثلة بالطائرات المسيرة والطائرات الكهربائية ذات الإقلاع والهبوط العمودي (eVTOL)، إلى دفع الاقتصاد منخفض الارتفاع وتحويل النقل الحضري من حركة أرضية تقليدية إلى نمط جديد من «تكامل الجو والأرض والطبقات العمودية». وبوصف البنية التحتية منخفضة الارتفاع شرطا أساسيا وحاملا رئيسا لهذا الاقتصاد، فإن بناءها أمر حاسم.

يكمن الاختلاف الأكبر بين هذه البنية والبنى التقليدية في أنها تتكون من نظامين: نظام «مادي» ونظام «معلوماتي». فالمرافق المادية هي كيانات مرئية مثل مواقع الإقلاع والهبوط ومحطات الشحن؛ أما مرافق المعلومات فهي شبكة رقمية غير مرئية تنسجها أنظمة الاتصال والملاحة. ولا يمكن ضمان إقلاع المركبات وهبوطها وتشغيلها إلا إذا عمل النظامان معا. لذلك تعد مشكلة «موقع بلا شبكة» أو «شبكة بلا موقع» خللا شائعا في التخطيط منخفض الارتفاع.

كما تجعل خاصية التماثل «المادي-المعلوماتي» التخطيط والبناء خاضعين لقيود شديدة في البيئة العمرانية المعقدة. أولا، ليس المجال الحضري منخفض الارتفاع امتدادا ثنائي الأبعاد متجانسا وساكنا، بل فضاء ثلاثي الأبعاد عالي الكثافة والتغاير. فكتل المباني المتدرجة لا تشكل مقاومة مادية وحواجز خط رؤية فحسب، بل تولد كذلك تغيرات ميكرو-مناخية مفاجئة مثل رياح الأخاديد الحضرية، ودوامات الذيل، وقص الرياح القوي. ثانيا، يعتمد تشغيل المركبات منخفضة الارتفاع بشدة على شبكة اتصال واستشعار متكاملة غير مرئية. وتؤدي كثافة الخرسانة المسلحة وضوضاء الخلفية الحضرية عالية التردد إلى ضعف الإشارة، والانعكاس متعدد المسارات، وتجزؤ مناطق العمى في الفضاء الحضري ثلاثي الأبعاد. وثالثا، يتعرض نظام المجال المنخفض زمنيا لاضطرابات دينامية ناتجة عن تفاعل الإنسان والأرض. ففي الحالة الاعتيادية، تتبع تدفقات اللوجستيات منخفضة الارتفاع والتوصيل الفوري مسارات النشاط البشري وتظهر تقلبات مدية واضحة؛ وفي الحالات المتطرفة، مثل انقطاع شبكة الطرق الأرضية بسبب كوارث جوية أو استجابة طارئة واسعة بسبب حريق، قد تتعرض الشبكة منخفضة الارتفاع لضغط لحظي يؤدي بسهولة إلى شلل محلي أو شامل. ويواجه تخطيط هذه البنية كذلك تحديات التنظيم الاجتماعي وأثر الرفض المحلي في بيئة السكن. فصراع حقوق استخدام الفضاء هو التناقض الأكثر مباشرة. إذ غالبا ما تحتاج مواقع الإقلاع والهبوط ومحطات الشحن إلى الانتشار على أسطح المباني أو في الفضاءات العامة المجتمعية أو على واجهات المباني، ما يخلق تراكبا مع وظائف حضرية قائمة ويستلزم إعادة تحديد آليات الملكية والانتفاع وتوزيع المنافع. كما تدخل المركبات منخفضة الارتفاع إلى مناطق حياة السكان من مسافة قريبة، فتثير عوامل خارجية مثل الضوضاء، ومخاطر الخصوصية والأمن، وخطر سقوط الأجسام، بما قد يمس عتبة الأمان النفسي لدى الجمهور ويطرح قضايا عدالة بيئية مكانية.

إزاء هذه الخصائص والتحديات، ينبغي تعديل التفكير في التخطيط المكاني الحضري من أربعة جوانب.
أولا، تجاوز التفكير ثنائي الأبعاد في استعمال الأرض والمتمركز حول سطح الأرض، وبناء منهج تحليل شامل ينسق ما فوق الأرض وتحتها والجو والفضاء-الأرض. يجب إدراج ارتفاع المباني، وقدرة الأسطح على التحمل، وإتاحة المجال الجوي، وتغطية الاتصال والملاحة، والبيئة الكهرومغناطيسية، ضمن إطار موحد، وبناء نماذج تكيف مكاني متعددة الأبعاد والمقاييس. وبمساعدة أحدث خوارزميات الذكاء الاصطناعي ومنصات التوأم الرقمي، يمكن تحسين اختيار مواقع الإقلاع والهبوط وتخطيط شبكات المسارات بصورة تعاونية، وتعزيز كفاءة اقتران البنية منخفضة الارتفاع بالفضاء الحضري القائم.
ثانيا، دفع التكامل العميق بين مرافق الإقلاع والهبوط منخفضة الارتفاع ومجالات حضرية مثل النقل، والرعاية الطبية، والطوارئ، واللوجستيات، لتكوين نمط مكثف ومركب لتوزيع المرافق. ومن خلال التراكب الوظيفي للفضاء، يمكن تحويل الوظائف بمرونة بين الأوقات العادية وأوقات الكوارث: ففي العادي تندمج هذه المرافق في نظم اللوجستيات التجارية وتحسن كفاءة التشغيل الحضري؛ وفي الكوارث تستفيد المركبات منخفضة الارتفاع من سرعة الاستجابة ومرونة المسار لتنفيذ المهام الطارئة. ويساعد هذا الاستخدام المختلط على رفع كفاءة استخدام الفضاء الحضري ومرونة النظام.
ثالثا، إدراج القبول الاجتماعي والعدالة المكانية في متغيرات القرار الأساسية لاختيار المواقع. وينبغي استخدام طرائق كمية لتقييم عوامل التأثير الاجتماعي مثل التعرض للضوضاء، وانتهاك الخصوصية، ومخاطر السلامة، وبناء نماذج تحسين متعددة الأهداف توازن بين الكفاءة التقنية والأثر الاجتماعي. وهذا يخفض المقاومة النفسية لدى السكان تجاه المرافق منخفضة الارتفاع ويمنع المجتمعات الهشة من تحمل آثار خارجية سلبية غير متناسبة.
رابعا، استكشاف آليات جديدة لتنسيق استخدام المجال الجوي. فإدماج المرافق منخفضة الارتفاع يجعل علاقات الحقوق المكانية أكثر تعقيدا، ويحول استخدام الفضاء من حيازة حصرية إلى مشاركة مركبة. لذلك هناك حاجة عاجلة إلى آليات تنسيق عابرة للأقاليم والحقوق، تحدد حقوق استخدام المجال الجوي وقواعد تخصيصها وتداولها، وتدفع التحول من منطق «حقوق ملكية الأرض» إلى منطق «الموارد المكانية»، بما يوفر ضمانا مؤسسيا للتطور المنظم للبنية منخفضة الارتفاع.

## التفاعل والتعايش بين المدن الافتراضية والواقعية: أسئلة جديدة لحقل التخطيط

يانغ جون يان (أستاذ، كلية العمارة، جامعة جنوب شرق الصين)

هناك أكثر من 200 مليون شخص في العالم يقضون في الفضاء السيبراني وقتا أطول مما يقضونه في الحياة الواقعية. ومع التغلغل العميق للتوائم الرقمية، والذكاء الاصطناعي، والميتافيرس، وغيرها من التقنيات، يبني البشر تدريجيا فضاء سيبرانيا رقميا بمعناه الكامل، ويمتد شكل المدينة من البعد المادي إلى بعدين افتراضي وواقعي. وعلى حقل التخطيط الحضري أن يواجه ثلاثة أسئلة جديدة حول مستوطنات المستقبل: إمكان وجود المدينة السيبرانية وآليات بنائها، وآليات التفاعل والتمثيل بين المدينة السيبرانية والمدينة الواقعية، وارتقاء التقنية الرقمية من أداة تخطيط إلى نموذج رقمي للتخطيط الحضري. ولا يمكن للتخطيط أن يتكيف مع عصر الحضارة الرقمية ويحقق تعايش المدن الافتراضية والواقعية إلا عبر الإجابة عن هذه الأسئلة.

### 1. المدينة السيبرانية: شكل حضري مستقبلي قابل للتنبؤ وآليات بناء مختلفة عن مدن العالم المادي

ليست المدينة السيبرانية خيالا علميا، بل نتيجة حتمية للتكامل العميق بين التكنولوجيا الرقمية واحتياجات الاستيطان البشري. وتختلف آليات بنائها جوهريا عن آليات المدينة المادية. فالمدينة المادية تتمحور حول «تجمع الفضاء المادي»، أما المدينة السيبرانية فتتمحور حول «تجمع البيانات والعلاقات»، وتعتمد على الشبكات الرقمية والنماذج الخوارزمية والمشاهد الافتراضية لتكسر حدود الجغرافيا وتظهر خصائص بلا حدود وقابلة للتكرار ومتعددة الأبعاد. وجوهرها هو امتداد العلاقات الاجتماعية واحتياجات النشاط وإعادة بنائها في الفضاء الرقمي، أي «فضاء اجتماعي جديد يتجاوز المكان الجغرافي».
تحدد هذه الاختلافات خصائص متباينة. فنمو المدينة المادية مقيد بشروط طبيعية وموارد صلبة، ويتسم بناء شكلها بالتدرج وعدم القابلية للعكس؛ أما المدينة السيبرانية فمحورها «تعريف القواعد»، ويمكن تعديل شكلها ووظيفتها بسرعة عبر التكرار الخوارزمي، بل ومحاكاة تطور المدينة المادية لتحقيق «التجريب قبل الفعل». ولن تكون مدينة المستقبل السيبرانية نسخة رقمية للمدينة المادية، بل «مدينة ثانية» ذات منطق بناء مستقل: تستطيع حمل العمل الافتراضي والتواصل والترفيه، كما تستطيع عبر التغذية الراجعة بالبيانات التأثير عكسيا في تشغيل المدينة المادية، مشكلة نمطا جديدا من التمكين المتبادل بين الافتراضي والواقعي.

### 2. التفاعل الافتراضي-الواقعي: الوصل والتغذية الراجعة وآليات التطور

لا يمثل التفاعل بين المدينة السيبرانية والمدينة الواقعية نسخا بسيطا من الافتراضي إلى الواقعي، بل تكاملا عميقا عبر وصل العناصر، والتغذية الراجعة الثنائية، والتطور التفاعلي. وتكمن نقطته الأساسية في بناء آلية وصل بين الافتراضي والواقعي. فالرقمنة الكاملة لعناصر

المدينة المادية أساس للتفاعل، بينما تحقق المدينة السيبرانية رد فعل من «الافتراضي إلى الواقعي» عبر التحسين الخوارزمي ومحاكاة السيناريوهات، بحيث تؤثر القواعد الاجتماعية والاستدلالات الوظيفية في الفضاء الافتراضي مباشرة في تطور المدينة المادية. والمدينة، بوصفها كائنا لمنظومة فائقة التعقيد، لها قوانين نمو وتطور خاصة. كذلك للمدينة السيبرانية منطق بناء ونمو ودورات تطور خاصة. تختلف قواعد تشغيلهما وتطورهما، لكن بينهما عناصر وصل لا تحصى. تؤثر ثقافة المدينة الواقعية الإقليمية، وعاداتها، وجيناتها المكانية، في المدينة السيبرانية وتقيدها بقوة؛ في المقابل يؤثر ابتكار المدينة السيبرانية وتفاعلها مباشرة في توزيع وظائف المدينة الواقعية وتشغيل مرافقها. لذلك تزداد أهمية التمثيل التفاعلي بينهما، وتتكون تدريجيا آليات تطور منسقة لكل منهما.

## 3. انتقال النموذج: تحول التخطيط من الأدوات الرقمية إلى النموذج الرقمي

الارتقاء من الأدوات الرقمية إلى النموذج الرقمي هو الاستجابة الجوهرية لحقل التخطيط أمام صعود المدن السيبرانية، وهو متطلب حتمي لتحول الحقل. فقد أدت التقنيات الرقمية في التخطيط الحضري طويلا دور «الأداة المساعدة»، سواء في خرائط GIS أو الإحصاء، فكانت في جوهرها دعما تقنيا لتخطيط المدن المادية التقليدي، من دون كسر منطق هيمنة الفضاء المادي. أما جوهر النموذج الرقمي فهو النظر إلى الفضاء الرقمي بوصفه موضوع تخطيط لا يقل أهمية عن الفضاء المادي، ونقل مركز التخطيط من «بناء الفضاء» إلى «تصميم القواعد»، وبناء منظومة تخطيط تعاونية بين الافتراضي والواقعي.

يتضمن هذا الارتقاء ثلاثة مستويات. أولا، يتوسع موضوع التخطيط من الفضاء المادي الواحد إلى فضاء مزدوج «واقعي-سيبراني»، فتدخل حقوق البيانات، وأخلاقيات الخوارزميات، وحدود الفضاء الافتراضي في مجال التخطيط. ثانيا، تتجدد طرائق التخطيط عبر التخلي عن نمط يقوده الخبرة وحدها، والاعتماد على التوائم الرقمية والنماذج الحضرية الكبيرة لتحقيق المحاكاة الافتراضية والاستدلال الدينامي والتحسين الآني للخطط. ثالثا، ترتقي الأهداف من «تحسين الفضاء» إلى «التعايش الافتراضي-الواقعي»، بحيث تضمن قابلية المدينة المادية للعيش، وتراعي كذلك شمولية وأمن المدينة السيبرانية، وتتجنب احتكار الخوارزميات وانعزال الدوائر الرقمية.

يتجسد ذلك في مسارين. الأول هو التكامل الوظيفي: إذ تحمل المدينة السيبرانية وظائف غير مادية للمدينة الواقعية، مثل العمل عن بعد، والتعليم عبر الإنترنت، والترفيه والتواصل، فتخفف ضغط الفضاء المادي؛ في حين توفر المدينة الواقعية حاملا ماديا وتجربة حقيقية للمدينة السيبرانية، بما يعوض نقص الواقعية في الفضاء الافتراضي. والثاني هو التنسيق الدينامي: فمن خلال رصد البيانات في الزمن الحقيقي، يمكن للمدينة السيبرانية توقع مخاطر تشغيل المدينة الواقعية، مثل الازدحام أو الكوارث أو تسرب المرافق، وتقديم إرشادات مسبقة؛ بينما تواصل التغذية الراجعة من الممارسة الواقعية تحسين نماذج وخوارزميات المدينة السيبرانية، مشكلة حلقة مغلقة من الإدراك، والمحاكاة، والقرار، والتحسين.

## 4. خاتمة: التعايش الافتراضي-الواقعي والتخطيط الحضري في عصر الحضارة الرقمية

تمثل المدينة السيبرانية ارتقاء نموذجيا في أشكال الاستيطان البشري؛ ولا يعني تخطيطها إنكار التخطيط التقليدي، بل توسيع معناه الحقولي. يكمن جوهر تخطيط المستقبل في فهم القوانين الداخلية للتمثيل الافتراضي-الواقعي، والموازنة بين العقلانية التقنية والقيم الإنسانية. وينبغي للتخطيط، عبر تصميم القواعد، أن ينظم بناء المدينة السيبرانية وتشغيلها، وأن يحقق، عبر آليات التفاعل، تطورا منسقا بين الفضاءين. وعلى المخطط أن يتجاوز التفكير الأداتي، وأن يعيد بناء منطق التخطيط وفق نموذج رقمي، جامعا بين الحكمة الشرقية في «وحدة السماء والإنسان» والتكنولوجيا الرقمية، كي تحمل المدينة السيبرانية والمدينة المادية معا سعي البشر إلى حياة أفضل، ويدخل التخطيط الحضري عصرا جديدا من الحضارة الرقمية.

# تنسيق «الإنسان-الأرض-الخوارزمية»: إعادة تشكيل الفضاء الحضري في عصر الذكاء الاصطناعي

تشانغ شان تشي (أستاذة مشاركة، المختبر الجامعي الرئيس للذكاء الاصطناعي الحضري وبناء بيئة سكنية خضراء، كلية العمارة والتخطيط الحضري، جامعة نانجينغ)، تشن فنغ (أستاذ، المختبر الجامعي الرئيس للذكاء الاصطناعي الحضري وبناء بيئة سكنية خضراء، كلية العمارة والتخطيط الحضري، جامعة نانجينغ)

كانت التكنولوجيا دائما قوة مهمة تدفع تطور الوظائف الحضرية وإعادة تشكيل الفضاء. ويدفع الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي المدينة من «الحوكمة الرقمية» إلى «الحوكمة الذاتية». وبخلاف تقنيات المدينة الذكية التقليدية القائمة على الاستشعار والنقل والمعرفة والتحكم، يتمثل الذكاء الاصطناعي في القيادة الذاتية، واللوجستيات منخفضة الارتفاع، وروبوتات الخدمة، ووكلاء التخطيط التوليديين، ويمتلك قدرات التحليل التنبئي، والتعبير التوليدي، ودعم القرار. ومع اندماجه في الحلقات الرئيسة لتشغيل المدينة، لم تعد المدينة حاملا مكانيا يستجيب سلبيا للطلبات الخارجية، بل تتطور إلى منظومة معقدة تعدل نفسها وتتحسن باستمرار تحت دفع الخوارزميات. وفي هذه العملية ينتقل الفضاء الحضري من منظومة إنتاج تقودها علاقات الإنسان والأرض إلى منظومة توليدية تنسق الإنسان والأرض والخوارزمية، ويتغير منطق تطوره جذريا.

أولا، يعيد الذكاء الاصطناعي تشكيل إدراك السكان للفضاء وقراراتهم عبر آليات التنبؤ والتوصية. فقد كان الإدراك المكاني التقليدي يعتمد أساسا على العناصر المكانية، لكن مع تدخل الذكاء الاصطناعي يبنى فهم السكان للمدينة تدريجيا على البيانات الآنية والخوارزميات واقتراحات الوكلاء. وتمثل القيادة الذاتية واللوجستيات منخفضة الارتفاع هذا التحول: فمن جهة، تخفض القيادة الذاتية إلى حد ما قلق الركاب من مخاطر السائقين الغرباء، كما تزيد الطائرات المسيرة إتاحة الخدمات وسرعتها عبر تقليل زمن التوصيل وتوسيع نصف قطر الخدمة؛ ومن جهة أخرى، يصبح فشل النظام، وحوادث السقوط، وغموض المسؤولية، وقصور الاستجابة الطارئة، مصادر جديدة للقلق الأمني. وهكذا ينتقل إدراك الأمان المكاني من تجنب خطر مادي واحد إلى حكم متعدد الأبعاد يشمل التحيز الخوارزمي، وانكشاف الخصوصية، وموثوقية التكنولوجيا. إضافة إلى ذلك، يخفض الذكاء الاصطناعي التوليدي عبر التفاعل باللغة الطبيعية عتبة حصول الجمهور على معلومات التخطيط والتعبير عن مطالبه المكانية، فيشارك بصورة أكثر مباشرة في إدراك الفضاء ومناقشته. غير أن استبدال الخبرة الفردية تدريجيا بالتفسير الخوارزمي والتوصية الشخصية قد يجعل الإدراك المكاني موجها خفيا بمنطق المنصة ورأس المال، فيعيد تشكيل الخيارات السلوكية والتفضيلات المكانية.

ثانيا، يغير الذكاء الاصطناعي نمط إنتاج الفضاء الحضري ومنطقه التنظيمي عبر آليات التوليد والتحسين. فالقيادة الذاتية والتوصيل غير المأهول واللوجستيات منخفضة الارتفاع تعيد تشكيل نظم الطرق، وهياكل الوقوف، وعقد التخزين والتوزيع، وتدفع البنية التحتية الحضرية من تخصيص ساكن إلى منظومة شبكية ذات استجابة دينامية، كما توفر أساسا أكثر آنية واعتمادا على البيانات لتنظيم الفضاء الحضري. وعلى هذا الأساس يدخل الذكاء الاصطناعي التوليدي تدريجيا في التصميم التخطيطي، ومقارنة البدائل، والتشاور العام، فيتحول من أداة مساعدة إلى فاعل مشارك في توليد مخططات الفضاء. ويزيد هذا التحول كفاءة إنتاج الفضاء، لكنه يجلب مخاطر بنيوية جديدة. فعندما تتعلم النماذج من عينات مكانية عالية الظهور والتحويل وتكررها، قد تتقارب المناطق المختلفة نحو أشكال مكانية ومشاهد استهلاكية متشابهة، ما يؤدي إلى تجانس الفضاء وضعف الخصوصية المحلية. كما أن استبدال AI لمهام مهنية في التصميم والقيادة والتوصيل يجعل قضية إنتاج الفضاء تمتد إلى إعادة تشكيل بنية العمل والتوزيع الاجتماعي.

عموما، ينتقل أثر الذكاء الاصطناعي في الفضاء الحضري من إدماج موضعي إلى إعادة تشكيل منظومية، ويتوسع من رفع الكفاءة إلى إعادة بناء التنظيم المكاني والعلاقات الاجتماعية وهياكل الحوكمة. فمن جهة، يحول اندماج قدرات التنبؤ والتوليد واتخاذ القرار تشغيل المدينة من «الاستجابة بعد الحدث» إلى «التوقع المسبق والجدولة الدينامية»، مانحا التخطيط والحوكمة قدرة أكبر على الاستشراف والتكيف. ومن جهة أخرى، تبين مشكلات نقل المخاطر، وضبابية حدود الخصوصية، وتفاقم التجانس المكاني، وتراكم التحيز الخوارزمي، أن مدينة الذكاء الاصطناعي لا تقود بالضرورة إلى نظام مكاني أفضل.

في الوقت الراهن، تتطور تقنيات الذكاء الاصطناعي بسرعة بينما يتأخر العرض المؤسسي، وتتزايد التوترات بين القدرة التقنية والقيمة العامة. لذلك لا ينبغي أن تبقى الاستجابة التخطيطية عند مستوى إدخال التقنية ومواءمة الأدوات، بل يجب أن تنتقل إلى إعادة بناء مؤسسية ومنهجية موجهة بمشاهد الحوكمة. أولا، ينبغي إدراج القواعد الخوارزمية وتدفقات البيانات وآليات المنصات في نظم تحليل التخطيط المكاني وضبطه، بما يوسع النموذج التقليدي المتمحور حول العناصر المادية. ثانيا، ينبغي بناء نظام مؤشرات للرصد والتقييم المكاني لتأثير الذكاء الاصطناعي، لرصد اللامساواة والانحياز البنيوي المدفوعين بالخوارزميات. ثالثا، ينبغي الجمع بين محاكاة الوكلاء المتعددين والنماذج التوليدية للتنبؤ باتجاهات تطور الفضاء تحت مسارات تدخل تقنية مختلفة، وتحسين استشراف القرارات التخطيطية ومرونتها. ولن يصبح الذكاء الاصطناعي قوة محورية للتنمية الحضرية عالية الجودة وتحديث الحوكمة المكانية إلا بإنشاء آليات وصل فعالة بين التطور التقني والقيمة العامة.

## تحديات التخطيط في سياق مدن الذكاء الاصطناعي

يان لونغ شو (أستاذ مشارك، كلية العمارة والتخطيط الحضري، جامعة تونغجي)

تدفع موجة جديدة من التحول التقني، قوامها البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي والبنية التحتية للقدرة الحاسوبية، المدن من «المدينة الذكية» إلى «مدينة الذكاء الاصطناعي» الأعمق. وفي هذه العملية لا تبقى التقنية أداة ملحقة بتشغيل المدينة، بل تغدو قوة تأسيسية تعيد تشكيل البنية المكانية، وتوزيع الوظائف، وتشغيل المدينة. ويتناول هذا القسم بإيجاز تحديات التخطيط من ثلاثة جوانب: البنية المكانية، والتوزيع المكاني، واستخدام الفضاء.

### 1. تحديات تخطيط البنية المكانية الكلية

على المستوى الكلي، تتمثل السمة الأساسية للذكاء الاصطناعي والتقنيات المرتبطة به في خفض تكلفة تدفق العوامل بدرجة كبيرة، وجعلها أسرع وأكثر يسرا، بما يزعزع البنية الشجرية «مركز-محيط» القائمة على المسافة المادية وتكلفة النقل.

في جانب القوى الجاذبة، ترى الاقتصاديات الحضرية التقليدية أن المركز الحضري ينشأ من أثر الحجم واقتصادات التجمع الناتجة عن القرب المكاني. ومع انتقال التصنيع إلى الخارج، أصبح المركز يعتمد أكثر على الخدمات الإنتاجية والتجارة الراقية، ويتطلب تشغيله تواصلا وجها لوجه، وبيئات متنوعة، وشبكات تفاعل معقدة. غير أن التعاون عن بعد، والحوسبة السحابية، والتوائم الرقمية، وغيرها من التقنيات، تضعف هذا الاعتماد على القرب. فوظائف مثل تطوير البرمجيات، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، وخدمات البيانات يمكن أن تتعاون في ظروف موزعة، ويتراجع اعتمادها المكاني على المركز التقليدي. وما إذا كانت ستستمر في التركز في عقد متميزة محدودة، مشكّلة «مراكز رقمية» جديدة، أم ستنتشر على نطاق أوسع، سيؤثر بعمق في مسار تطور البنية المكانية الحضرية.
في جانب القوى الطاردة، يقوم نظرية المكان المركزي على قيود المسافة الجغرافية على نطاق الخدمة، بما يولد نظاما هرميا مستقرا. لكن في ظل الذكاء الاصطناعي والاقتصاد الرقمي، تتحرر الخدمات الإنتاجية والاستهلاك الشبكي واقتصاد المنصات تدريجيا من نطاقات خدمة مكانية محددة. وبمساعدة المنصات الرقمية، تستطيع العقد الحضرية خدمة السوق الوطني بل العالمي، ولا تعود «منطقة السوق» مقيدة بالمسافة المادية. لذلك تكتسب العقد القادرة على توسيع نطاق خدمتها مزايا حجم تتجاوز الهرمية التقليدية.
وفي ظل عدم استقرار القوى الجاذبة والطاردة معا، ستصبح منظومات الحضر والريف والمراكز أكثر دينامية وتعقيدا. ويتمثل التحدي الرئيس للتخطيط في: كيف نلخص أنماط تنظيم مكاني جديدة، ونحدد آليات تطور البنية، ونصوغ أطر توجيه كلية في شروط تقنية عالية اللايقين. ومن الواضح أن ذلك يعتمد على البحث متعدد التخصصات وتراكم الخبرة الطويلة.

## 2. تحديات فكرة «التقسيم الوظيفي» في التوزيع المكاني

على المستوى المتوسط، يضرب تطور مدن الذكاء الاصطناعي فكرة التنظيم المكاني القائمة على «التقسيم الوظيفي». فقد تشكل نظام التخطيط الحديث في سياق التصنيع، انطلاقا من فرضية أن بين الوظائف المختلفة تعارضات خارجية، وأن الفصل المكاني يرفع الكفاءة ويضمن السلامة. لذلك ظلت منظومات تقسيم «السكن، والصناعة، والتجارة، والخدمات العامة» أساس التنظيم المكاني.
إلا أن الذكاء الاصطناعي والتقنيات المرتبطة به يعيدان اقتران وظائف الإنتاج والحياة. فمن جهة، تخفض الأتمتة والتصنيع الذكي والأنظمة غير المأهولة اعتماد الصناعة على شروط مكانية بعينها، وتضعف الآثار الخارجية مثل التلوث والضوضاء، فتغدو المناطق الصناعية أخف وأقل حضورا حسيا. ومن جهة أخرى، يدمج العمل عن بعد، واقتصاد المنصات، وإنتاج المحتوى الرقمي، قدرا كبيرا من النشاط الإنتاجي في فضاءات السكن والمجتمع المحلي، فتكتسب فضاءات الحياة سمات إنتاجية. وفي الوقت نفسه تدفع تقنيات التعرف إلى الطلب، والتوصيل الفوري، وشبكات الخدمات الموزعة، التجارة واللوجستيات والخدمات العامة إلى دوائر الحياة وعقد المجتمع المحلي، فتحول المدينة من نظام تقوم فيه مراكز قليلة بحمل الوظائف إلى نظام خدمة متعدد العقد وقريب المدى.
في سياق محدودية الفضاء الجديد وتصلب الفضاء القائم، تطرح إعادة التنظيم الوظيفي هذه تحديات عملية. فأنظمة التقسيم القائمة يصعب أن تستوعب تراكيب وظيفية عالية التركيب والدينامية، كما أن التعديل المكاني واسع النطاق مكلف. لذلك ينبغي إعادة فهم معنى «التقسيم»، والانتقال من الفصل الصلب إلى تنظيم مكاني غير شجري يدعم تعايش الوظائف المتعددة ويؤكد التوافقية والمرونة. وليست هذه مسألة شكلية فحسب، بل تحول في منطق الضبط.

## 3. تحديات الاستخدام المكاني الملموس وضبط الاستعمال

على المستوى المجهري، يظهر الأثر المباشر لمدينة الذكاء الاصطناعي في إعادة تشكيل طرق استخدام الفضاء وتراجع صلاحية نظم ضبط الاستعمال. فمع تدخل الذكاء الاصطناعي العميق في تشغيل المدينة، يعاد تنظيم فضاءات الإنتاج والاستهلاك. وتعتمد الفضاءات التجارية والعامة، ومرافق الخدمات العامة، وأنظمة النقل على البيانات الآنية لإجراء تعديلات دينامية؛ فقد يعاد تكوين الفضاء العام بحسب الطلب، وتعدل المرافق التجارية محتوى تشغيلها بحسب تدفق الناس، وتحقق أنظمة النقل تحسين التدفقات عبر الخوارزميات.
وبذلك يصبح الفضاء الحضري مرنا واستجابيا، وقد يؤدي الفضاء نفسه وظائف مختلفة في أوقات مختلفة، وتتغير طرق استخدامه بدرجة عالية. لكن نظام التخطيط الراهن لا يزال يتمحور حول ضبط استعمال ساكن، يحدد الفضاء مسبقا عبر طبيعة الأرض والمؤشرات والمعايير. وبما أنه يقوم على فرضية «الاستقرار النسبي للوظائف»، يصعب عليه التكيف مع استعمال فضاء عالي الدينامية والتركيب. وقد ظهرت هذه الفجوة عمليا: فمن جهة، يصعب إدراج أنماط الأعمال الجديدة ضمن نظم التصنيف القائمة، فتظهر مناطق رمادية في الموافقات؛ ومن جهة أخرى، يعيق الضبط الصارم التجديد الحضري، وتحويل المباني، وإعادة استخدام الفضاء، فيخفض المرونة ويقيد الابتكار.

لذلك تتمثل القضية الجوهرية في الانتقال من «الضبط الساكن» إلى «الحوكمة الدينامية»: تقليل السيطرة الموحدة من نوع «حل واحد للجميع»، وإدخال تصنيفات استعمال أكثر مرونة تتيح مجالا مؤسسيا للاستعمالات المؤقتة والمركبة؛ وفي الوقت نفسه استخدام الوسائل الرقمية للرصد الآني والتعديل الديناميي، بما يرفع قدرة الفضاء على التكيف مع ضمان السلامة والمصلحة العامة. إجمالا، تعيد مدن الذكاء الاصطناعي تشكيل منطق توليد الفضاء الحضري وآليات تشغيله. فعلى المستوى الكلي، تصبح أنظمة المراكز أكثر دينامية وعدم استقرار؛ وعلى المستوى المتوسط، تتلاشى حدود التقسيم الوظيفي ويتجه الفضاء إلى التركيب والتوزيع؛ وعلى المستوى المجهري، يزداد الاستخدام المكاني مرونة وتواجه نظم ضبط الاستعمال التقليدية خطر الفشل. وأمام هذه التحولات، لا يحتاج التخطيط إلى أدوات تقنية جديدة فحسب، بل إلى تعديل مؤسسي عميق. وبعبارة أخرى، ليست مدينة الذكاء الاصطناعي قضية تقنية فقط، بل نقطة انطلاق لتحول النموذج التخطيطي.

ملاحظة: لا يحمل ترتيب المشاركين دلالة تراتبية. وقد اختصر بعض المحتوى قليلا بسبب حدود المساحة.

نُقح: مايو 2026

ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي