

Paradigme théorique et méthodologie du diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

LIU Xiaochang, WU Zhiqiang

Résumé: Face aux maladies urbaines complexes qui émergent dans l'espace territorial, le diagnostic spatial territorial tombe souvent dans un traitement symptomatique fragmenté et la prise de décision accélérée fondée sur l'expérience au cours de la pratique d'aménagement rapide, qui peut transformer l'aménagement de l'espace en un exercice abstrait détaché de la réalité. Bien que les technologies de l'IA avec un raisonnement holistique de plus haut niveau et une rationalité écologique montrent un potentiel important pour améliorer la rationalité scientifique de l'aménagement du territoire, les paradigmes théoriques et les méthodes opérationnelles efficaces pour le diagnostic territorial de l'IA restent insuffisants. À partir des caractéristiques théoriques et des tâches essentielles du diagnostic spatial territorial, cet article examine la trajectoire de développement des technologies de diagnostic et identifie les défis auxquels leur transformation intelligente fait face. Sur cette base, il construit un paradigme à double hélice et un cadre diamantaire pour le diagnostic spatial territorial sous l'intelligence hybride homme-machine, et propose en outre cinq directions pour les changements dans les méthodes cognitives et d'action et six systèmes pour améliorer les méthodes de travail après l'introduction de l'IA dans le diagnostic spatial territorial. Le cadre proposé devrait aborder systématiquement les problèmes et les symptômes du diagnostic territorial traditionnel, améliorer la rationalité scientifique de l'aménagement du territoire et promouvoir le développement durable de l'espace territorial.

Mots-clés: diagnostic spatial territorial; technologie de l'intelligence artificielle; paradigme théorique; méthodes cognitives et d'action; lois spatiales; intelligence hybride homme-machine

Depuis la réforme et l'ouverture, l'espace territorial chinois a connu une urbanisation rapide à une échelle rarement vue dans l'histoire humaine. Divers effets négatifs et maladies urbaines sont apparus et constituent aujourd'hui de graves menaces pour le développement durable de l'espace territorial. Lorsqu'il est confronté à des troubles spatiaux très divers, le diagnostic territorial de l'espace traite souvent les symptômes de façon fragmentée et s'appuie sur des décisions rapides fondées sur l'expérience dans des pratiques d'aménagement spatial en évolution rapide. Cela peut transformer l'aménagement du territoire en un exercice abstrait détaché des conditions réelles.

Afin d'améliorer encore la rationalité de l'aménagement du territoire, des spécialistes du domaine ont exploré les fondements intellectuels du diagnostic spatial territorial et de ses technologies de soutien, y compris la numérisation, l'informatisation et l'intelligibilité [1]. La profession de planification a également émis des normes relatives à l'examen et à l'évaluation de la santé spatiale territoriale [2]. Un système théorique, méthodologique et technique d'identification et de prévention des troubles spatiaux territoriaux a donc progressivement pris forme.

Les technologies de soutien au diagnostic spatial territorial peuvent être divisées en deux types. La première est la technologie axée sur le savoir. L'examen et l'évaluation de la santé dans l'espace territorial, par exemple, forment des bases de connaissances spécialisées, extrait les connaissances en systèmes d'indicateurs et en paramètres d'indicateurs spécifiques, puis utilise ces normes pour effectuer des examens et des évaluations [3-5]. Les systèmes de soutien à la planification fondés sur des règles si-then-else traduisent de la même façon les connaissances en règles normalisées exécutables par les machines [6-7]. Le deuxième est la technologie axée sur les données. L'apprentissage automatique ne repose plus seulement sur des connaissances explicitement extraites; grâce à la formation, à la validation et à l'essai sur des ensembles de données massives, il obtient des connaissances qui sont fondées sur l'échantillon complet plutôt que sur l'efficacité plutôt que sur la précision et

sur la corrélation plutôt que sur la causalité, puis les utilise pour le diagnostic de problèmes [7-8]. Les technologies récentes de l'AIGC, notamment DeepSeek, ChatGPT, Midjourney et Gemini, s'appuient sur des modèles généraux de grande envergure et intègrent des techniques de formation, une génération augmentée et des agents. Ils permettent de construire des modèles professionnels et industriels de grande envergure pour l'aménagement du territoire et de produire des résultats divers tels que des rapports d'examens sanitaires territoriaux [9].

Toutefois, lorsque ces deux types de technologies de soutien sont examinés ensemble, de nombreuses difficultés pratiques subsistent. La difficulté de la technologie axée sur le savoir réside dans l'extraction efficace et l'expression exacte du savoir. Cette difficulté découle des caractéristiques intégrales, inclusives, équilibrées, orientées vers le droit, écologiques et durables de l'aménagement du territoire [10]. La technologie axée sur les données évite le problème de l'extraction et de l'expression des connaissances, mais les connaissances en boîte noire créent encore des limites dans la dépendance aux données, l'interprétation des résultats, le transfert cognitif et la crédibilité des décisions, et ne peuvent donc pas améliorer de manière globale la scientialité du diagnostic spatial territorial [11].

Malgré cela, la vague de technologie de l'IA dans l'aménagement du territoire continue de se développer et a exercé une influence de plus en plus profonde sur le diagnostic territorial [8, 10]. Dans ce contexte, il est nécessaire de reconsidérer l'application de l'IA dans ce domaine. Comment construire systématiquement un paradigme théorique et une architecture de modèle pour le diagnostic spatial territorial assisté par l'IA? Comment les changements dans les méthodes cognitives et les méthodes d'action après l'intervention de l'IA peuvent-ils être entièrement clarifiés? Ces questions sont essentielles pour surmonter les déficits de rationalité technique du diagnostic spatial territorial traditionnel, notamment la difficulté de percevoir les préoccupations du public, de tracer les flux, de distinguer les trajectoires, de suivre les lois et de démontrer les effets [12].

1 Caractéristiques théoriques et principales tâches du diagnostic spatial territorial

1.1 Caractéristiques théoriques du diagnostic spatial territorial

1.1.1 Orientation vers des lois objectives

Le raisonnement déductif est l'une des méthodes les plus couramment utilisées dans le diagnostic clinique et offre une référence efficace pour les caractéristiques théoriques du diagnostic spatial territorial [13]. Le raisonnement déductif commence par des lois communes ou universelles et, en les comparant avec des critères de diagnostic [14], atteint une compréhension des objets individuels [15].

L'hypothèse de base du diagnostic spatial territorial est que l'espace territorial est un corps vivant avec ses propres lois objectives de développement et d'évolution. Le diagnostic détermine si ces lois ont été déviées de, le degré de déviation et les causes de cette déviation. Le diagnostic spatial territorial devrait donc reconnaître, respecter et suivre les lois du développement spatial territorial et de l'évolution [16], allouer des ressources limitées aux troubles qui s'écartent le plus sérieusement de ces lois et éviter un diagnostic exagéré ou des jugements fragmentés.

1.1.2 Orientation vers une coordination multiple

La médecine fondée sur des données probantes fournit également une référence importante pour les caractéristiques théoriques du diagnostic spatial territorial. Les données cliniques externes peuvent éclairer la pratique, mais elles ne peuvent jamais remplacer les connaissances professionnelles dans des contextes cliniques individuels. Ce sont ces connaissances professionnelles qui déterminent si des preuves externes s'appliquent à un patient donné. De même, lorsqu'il s'agit de déterminer s'il y a lieu d'adapter l'état clinique, le contexte et les préférences d'un patient, toute ligne directrice externe doit être intégrée à l'expertise du

clinicien. L'idée fondamentale de la médecine fondée sur des données probantes est donc de combiner les données cliniques, l'expérience du médecin et les préférences du patient dans la formulation collaborative des décisions médicales [17].

Par analogie, le diagnostic spatial territorial combine l'ensemble de preuves de troubles spatiaux, l'expérience pratique des planificateurs et les préoccupations urgentes des parties prenantes. Sur cette base, il élabore en collaboration des méthodes de diagnostic et des plans de traitement des troubles territoriaux de l'espace afin d'obtenir le meilleur effet diagnostique et thérapeutique possible.

1.1.3 Orientation vers l'évolution temporelle

La prise d'antécédents médicaux est une autre méthode courante dans le diagnostic clinique. Les antécédents médicaux enregistrent principalement les symptômes et le processus et les résultats de leur apparition, de leur développement, de leur diagnostic et de leur traitement [18], ce qui favorise un diagnostic et un traitement précis des maladies [14].

De même, l'espace territorial est un corps vivant complexe composé d'innombrables processus et éléments. Son processus évolutif implique des concepts tels que la criticité, le seuil, la surprise et la transition de phase [19]. Le diagnostic spatial territorial fait donc plus que juger des problèmes présents. Il examine également le calendrier, le processus de développement et le plan de traitement des troubles spatiaux, et simule davantage l'évolution des troubles dans le cadre de différents plans de traitement. De cette façon, il anticipe différents effets de traitement et déplace le diagnostic spatial territorial d'une pratique axée sur le passé et le présent vers un diagnostic orienté vers l'avenir.

1.1.4 Orientation vers la formation mutuelle des formes et des flux

L'aménagement du territoire prend des formes spatiales comme principal objet de gestion et d'intervention, tandis que le fonctionnement ordonné et efficace des flux spatiaux est un objectif plus profond de l'aménagement du territoire [20]. La formation mutuelle de formes et de flux traite l'espace territorial comme un corps vivant et met l'accent sur les flux avec des attributs naturels objectifs, des intentions subjectives de mobilité et des normes de valeur [1]. L'objet du diagnostic spatial territorial n'est donc pas seulement des formes telles que les bâtiments, les rivières et les routes, mais aussi des flux naturels, des flux de population, des flux logistiques, des flux économiques, des flux fonctionnels et des flux d'information, ainsi que des interactions entre les formes et les flux.

1.2 Principales étapes du diagnostic territorial

En médecine moderne, le diagnostic de maladie comprend généralement la collecte de données cliniques, l'analyse, la synthèse et l'évaluation des données, la proposition d'un diagnostic préliminaire et la vérification ou la révision du diagnostic [14]. Cette procédure de compréhension de la maladie ne peut être omise, ignorée ou inversée occasionnellement. En s'appuyant sur ce flux de travail, le diagnostic spatial territorial peut être divisé en cinq tâches : perception du sentiment, apprentissage des preuves, inférence explicative, jugement pronostique et prescription.

Sentiment de perception obtient des données et des informations pertinentes sur l'espace territorial.

L'apprentissage de la preuve mine les lois du développement spatial territorial et de l'évolution comme critères diagnostiques. L'inférence explicative indique le degré d'écart par rapport à ces lois et les causes de l'écart. Le jugement pronostique simule les effets à court et à long terme après une auto-récupération spatiale ou une intervention, y compris la récupération, la transition et la progression. La prescription complète et révisé l'auto-récupération spatiale ou l'intervention de planification et propose des stratégies d'optimisation.

2 Trajectoire de développement des technologies de diagnostic spatial territorial et défis de la transformation intelligente

2.1 Trois étapes dans le développement des technologies de diagnostic spatial territorial

La trajectoire de développement des technologies de diagnostic spatial territorial peut être divisée en trois étapes.

2.1.1 Étape I: Expérience de cas et technologie d'enquête manuelle

Une méthode commune de diagnostic spatial territorial consiste à prendre des matériaux de cas comme objets de recherche, à en résumer l'expérience et à formuler des conclusions causales [1]. Cependant, la rationalité de cette approche est limitée par l'accumulation de connaissances des praticiens. Il fait face à la fois à la difficulté de la vérification et à la limitation de la falsification [21], et est souvent critiqué pour une forte subjectivité, une grande arbitraire et une science faible [22].

2.1.2 Phase II: Visualisation des données, systèmes experts et algorithmes modèles

Avec le développement rapide de séries de données géographiques basées sur l'emplacement telles que les données mobiles de signalisation [23], les données GPS [24], les trajectoires de taxi [25], les données de cartes intelligentes de bus [26] et les points d'intérêt [27], la technologie de visualisation des données a fourni de nouvelles perspectives et méthodes pour observer, comprendre et analyser les problèmes spatiaux territoriaux [1]. Il marque une transition clé de la perception à la cognition [28].

La technologie de modèle professionnel introduit des statistiques mathématiques pour effectuer des calculs complexes dans un cadre théorique clair. Par exemple, Yu Yajuan et al. [29] ont construit un modèle d'évaluation intégrée pour la santé spatiale territoriale qui combine les fonctions d'appartenance trapézoïdale, une méthode de déviation carrée moyenne améliorée et une distance euclidienne pondérée. Wu Zhiqiang et al. [5] ont utilisé la poursuite de la projection pour diagnostiquer les avantages écologiques, économiques et sociaux de l'utilisation spatiale territoriale en Chine.

La technologie d'appui à la décision générale intègre la technologie informatique sur la base de la visualisation des données et de la modélisation professionnelle pour former des systèmes d'appui à la planification de la perception et de l'action [30-31], fournissant ainsi un soutien scientifique et rationnel au diagnostic spatial territorial. Klosterman [6], par exemple, a développé le système de diagnostic de la capacité de charge des terres QUOI SI. La technologie générale d'appui à la décision a également produit des résultats notables à des stades ultérieurs du diagnostic. Li Xia et al. [32] ont utilisé des automates cellulaires pour analyser les mécanismes de croissance spatiale territoriale. Dans l'ensemble, la technologie de soutien à la décision générale classe les décisions de rechange selon certaines règles et certains objectifs de décision, et constitue une mesure fondée sur la représentation et le raisonnement des connaissances [33].

2.1.3 Étape III: Technologie de l'intelligence artificielle

La technologie de l'IA forme des apprenants puissants en combinant des apprenants faibles de différentes façons pour effectuer des calculs, des apprentissages et des raisonnements complexes. Il comprend principalement l'apprentissage automatique, l'apprentissage profond et le renforcement de l'apprentissage. La machine learning utilise les facteurs de contrôle des entrées et les solutions de sortie comme données de formation, calcule la cartographie entre les entrées et les sorties, et a été largement utilisée pour identifier les fonctions spatiales territoriales et évaluer les avantages de l'utilisation [33]. Les algorithmes courants comprennent les arbres de décision et les machines vectorielles de soutien [27, 34-36].

Deep learning adopte des architectures cachées multicouches et une stratégie hiérarchique de préformation comprenant des formes discriminantes, génératrices et hybrides. Il renforce efficacement l'extraction des

caractéristiques et l'apprentissage du droit [37] et a de vastes applications dans le traitement, l'analyse, la compréhension et la connaissance de l'image spatiale territoriale [38]. Les algorithmes courants comprennent les réseaux de croyances profondes et les réseaux neuronaux convolutionnels [39]. Le renforcement de l'apprentissage maximise la récompense cumulative obtenue par un agent de son environnement afin qu'il puisse apprendre une stratégie optimale pour atteindre un objectif. Il met davantage l'accent sur les stratégies d'apprentissage pour résoudre les problèmes de diagnostic spatial territorial, et utilise généralement des algorithmes tels que l'apprentissage Q et les méthodes acteur-critique [40]. Dans l'ensemble, la technologie de l'IA est non linéaire, adaptative et multidirectionnelle. Il peut gérer des scénarios complexes et a un potentiel important dans le diagnostic spatial territorial.

2.1.4 Différences dans l'applicabilité, les mécanismes et les capacités de base des trois étapes

La comparaison des trois étapes montre que la technologie de l'IA diffère fondamentalement dans les conditions d'applicabilité, la logique du mécanisme et les capacités de base (tableau 1). Elle peut compenser plus efficacement les déficits de rationalité technique du diagnostic territorial traditionnel et jette une base importante pour construire le paradigme théorique du diagnostic territorial territorial assisté par l'IA.

2.2 Limitations de la transformation intelligente des technologies de diagnostic territorial

Bien que les technologies intelligentes apportent un soutien utile au diagnostic spatial territorial, il reste nécessaire de se demander si ces technologies correspondent réellement à ses caractéristiques théoriques et si elles améliorent ses tâches essentielles. Actuellement, les limites de la transformation intelligente des technologies de diagnostic spatial territorial peuvent être résumées sous quatre aspects.

2.2.1 Limitation I: Insuffisance de l'attention aux caractéristiques de vie de l'espace

Au niveau macro, les études actuelles sur le diagnostic spatial territorial portent principalement sur les écosystèmes territoriaux [29], sur les performances et sur le diagnostic des facteurs d'obstacle [41]. Au niveau micro, ils portent principalement sur l'emplacement fonctionnel [42], l'espace public ouvert [43] et le diagnostic environnemental communautaire [44]. Dans l'ensemble, la plupart des études portent sur un système de planification, un sous-système ou un type spatial particulier. Bien que les chercheurs aient procédé à une analyse bionique systématique de l'architecture fonctionnelle du diagnostic spatial territorial [1], les cadres théoriques systématiques orientés vers les caractéristiques de vie de l'espace demeurent insuffisants.

L'introduction de l'IA dans le diagnostic spatial territorial doit donc revenir à la prémisse philosophique selon laquelle l'espace territorial est un corps vivant complexe contenant d'innombrables processus et éléments, afin de renforcer les caractéristiques théoriques telles que les lois objectives, la coordination multiple, l'évolution temporelle et la formation mutuelle de formes et de flux.

2.2.2 Limitation II: Insuffisance de l'attention accordée aux lois spatiales objectives

Les technologies classiques de diagnostic calculent souvent comme norme la moyenne ou la médiane d'échantillons de preuves comparables. Cette norme change avec le niveau global des organismes de preuve au cours de la même période et est moins limitée par le biais causé par une valeur standard basée sur l'expérience. Cependant, les échantillons d'intrants manquent souvent d'interprétation en ce qui concerne le processus décisionnel et son fondement. Par conséquent, les normes de diagnostic axées sur les lois spatiales objectives restent absentes, ce qui peut conduire à un diagnostic exagéré ou à des jugements fragmentés. Les raisons sont triples. Premièrement, les technologies d'IA n'ont pas pleinement servi l'extraction de lois objectives et la formulation de normes d'évaluation. Deuxièmement, la recherche sur la technologie de l'intelligence artificielle n'a accordé qu'une attention limitée à la compréhension du processus décisionnel et de la base de chaque échantillon de données [45]. Troisièmement, les technologies d'intelligence artificielle fiables, fiables et

explicables n'ont pas été pleinement appliquées aux mécanismes, aux effets et aux stratégies d'optimisation qui concernent le diagnostic spatial territorial.

2.2.3 Limitation III : Insuffisance du renseignement hybride fondé sur des preuves

Le diagnostic spatial territorial actuel peut être résumé en deux modes : les données et les machines d'entrée humaines s'exécutent passivement; ou la conscience humaine est ignorée et les machines génèrent directement des sorties. Les méthodes utilisées par les modèles d'IA sont essentiellement empiriques et fondées sur la rétroaction, comme la classification, l'induction et les essais et les erreurs. Elles sont incomplètes sur le plan méthodologique pour le diagnostic spatial territorial et dépendent fortement de l'expérience antérieure et de l'annotation des données humaines. L'intelligence qu'ils simulent ne peut souvent être généralisée qu'à des domaines semblables limités, à savoir la généralisation locale, et est difficile à étendre à tous les domaines, à savoir la généralisation mondiale. Sa résistance aux conditions changeantes est donc limitée. La collaboration homme-machine est nécessaire pour produire des données, développer des algorithmes et évaluer les résultats.

2.2.4 Limitation IV: Absence de cadre technique axé sur les tâches en boucle fermée

D'une part, les études existantes sur le diagnostic spatial territorial sont fragmentées et dispersées. Ils font souvent des percées profondes sur des problèmes spécifiques dans un certain système, mais ne disposent pas d'un cadre général technique. D'autre part, les technologies de diagnostic se concentrent souvent sur l'amélioration de leurs propres algorithmes, la puissance de calcul et les données, tout en l'absence de cadres techniques orientés vers les principales tâches du diagnostic spatial territorial, y compris la perception du sentiment, l'apprentissage des preuves, l'inférence explicative, le jugement pronostique et la prescription. Les raisons sont également triples. Premièrement, l'objectif technique n'est pas axé sur les tâches essentielles du diagnostic spatial territorial. Deuxièmement, les praticiens de l'aménagement du territoire ont une compréhension limitée du paradigme théorique et des méthodes de réflexion du diagnostic territorial de l'IA. Troisièmement, les algorithmes pertinents n'ont pas encore été adaptés avec précision aux tâches de diagnostic de base.

3 Paradigme théorique et architecture modèle pour le diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

3.1 Le paradigme double hélice du diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

Dans le diagnostic spatial territorial, l'intervention d'IA devrait suivre quatre principes.

Le principe 1 est l'IA centrée sur les données. Selon les connaissances antérieures, l'accent est mis sur l'amélioration et l'enrichissement de données efficaces pour les algorithmes de formation.

Le principe 2 est l'IA centrée sur le modèle. En saisissant les relations d'IA ou de causalité pertinentes, il améliore la capacité d'interprétation, la robustesse et l'adaptabilité, et réduit le biais systématique de l'IA.

Le principe 3 est l'IA centrée sur les applications. Il faut bien comprendre comment l'aménagement du territoire prend des décisions et comment le diagnostic territorial peut améliorer la rationalité scientifique de l'aménagement du territoire.

Le principe 4 est l'IA centrée sur l'homme. Son but est de donner aux hommes les moyens de prendre des décisions, et non de les remplacer.

3.2 Le cadre diamantaire du diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

Dans les études existantes, la technologie de l'IA est généralement intégrée dans le domaine de la recherche sur les nouvelles technologies d'aménagement du territoire, alors qu'une théorie spécifique du diagnostic territorial intelligent n'a pas encore été élaborée. Cette étude propose le paradigme du double hélice du diagnostic territorial territorial assisté par l'IA (fig. 1).



Fig. 1 Paradigme à double hélice du diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

Plus précisément, le diagnostic spatial territorial intelligent prend l'espace territorial comme un corps vivant complexe comme son idée directrice et les lois objectives du développement spatial territorial et de l'évolution comme base fondamentale. Il donne plein jeu aux forces respectives de la sagesse antérieure humaine et des modèles d'IA dans les cinq principales étapes de la perception du sentiment, l'apprentissage des preuves, l'inférence explicative, le jugement pronostique et la prescription. Par l'amélioration hybride spirale, il identifie l'état normal et sain dans lequel les formes et les flux se constituent mutuellement, le degré et les causes de déviation de cet état, et les points de douleur qui s'écartent sérieusement des lois objectives. Il alloue ensuite des ressources limitées à ces points de douleur, poursuivant ainsi l'unité des environnements naturels et bâtis, l'harmonie entre les multiples éléments du système et la durabilité de la continuité civilisationnelle et de l'innovation.

3.3 Architecture modèle générale pour le diagnostic spatial territorial assisté par l'IA



Fig. 2 Cadre en diamant du diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

Basée sur le paradigme Dual-Helix du diagnostic spatial territorial intelligent, cette étude intègre la sagesse humaine antérieure et les modèles d'IA dans les cinq principales étapes du diagnostic spatial territorial et construit un modèle de diamant humain dans la boucle pour le diagnostic intelligent amélioré hybride. Comme le montre la figure 2, le modèle se compose d'un frustum pentagonal représentant la sagesse humaine antérieure et d'une pyramide pentagonale représentant les modèles d'IA. Leur volume combiné indique la performance globale du modèle de diagnostic intelligent hybride amélioré pour l'espace territorial.

4 Changements dans les méthodes cognitives et d'action après introduction de l'IA dans le diagnostic spatial territorial

4.1 De la passivité à l'initiative collective

La méthode de pensée passive à sens unique comporte deux significations. Premièrement, le traitement à sens unique de la douleur de la tête en traitant la douleur de la tête et du pied en traitant le pied nie l'influence d'autres systèmes en dehors du système et ne discute du système qu'en lui-même [46]. Deuxièmement, la passivité signifie que le diagnostic repose souvent sur la volonté personnelle, les habitudes, l'expérience et les préférences, et traite l'analyse de l'état routinière et officialisée comme un diagnostic spatial territorial. Un tel diagnostic se termine souvent à la hâte et devient une analyse pour son propre bien [8].

Après l'intervention de l'IA, la méthode de réflexion du diagnostic spatial territorial se dirige vers l'initiative collective. Par rapport à un mode unidirectionnel, un mode collectif nécessite à la fois des chemins de pensée multisystèmes et une coordination entre eux. Par rapport à la passivité, l'initiative repose sur les capacités de l'IA en matière de perception multi-sources, d'apprentissage profond, de raisonnement rigoureux, de

rétroaction sensible et d'aide à la décision pour effectuer un examen actif des caractéristiques des stades de développement territorial et des effets de mise en oeuvre de la planification [47]. Le diagnostic spatial est donc considéré comme une tâche aussi importante que l'aménagement du territoire.

4.2 Du flux déterminé par la forme à la formation mutuelle des formes et des flux

La méthode de pensée du flux déterminé par la forme prend la forme spatiale physique comme objet principal de diagnostic, considère les flux comme des appendices de forme physique et accorde une attention limitée aux flux eux-mêmes. La formation mutuelle des formes et des flux considère les flux dans l'espace territorial comme l'origine des formes. Si une forme n'est pas conforme aux lois de la demande des flux, les flux deviennent bloqués et la santé de l'espace territorial est affectée. Le diagnostic spatial territorial devrait donc diagnostiquer l'état de santé des flux et juger si les formes sont conformes aux lois de la demande des flux, de sorte que les formes puissent mieux suivre les flux et assurer une circulation fluide [1].

4.3 Du diagnostic axé sur l'expérience au diagnostic axé sur le droit

Le diagnostic axé sur l'expérience a deux caractéristiques. Premièrement, il est linéaire. Le diagnostic spatial territorial traditionnel est souvent basé sur l'expérience passée et repose sur des chemins de raisonnement linéaires, ce qui rend difficile l'adaptation à la complexité non linéaire de l'espace territorial. Deuxièmement, elle est rigide. Le diagnostic traditionnel tend à s'attendre à des résultats conformes aux connaissances et à l'expérience existantes et donc à une subjectivité inhérente.

Après l'introduction de l'IA dans le diagnostic spatial territorial, la méthode de pensée se transforme en diagnostic axé sur le droit de deux façons. Premièrement, l'habitude d'échantillonnage aléatoire et de synthèse d'expérience fragmentée basée sur la volonté personnelle est renversée et remplacée par la révélation des lois de développement spatial territorial et d'évolution et le diagnostic des déviations par rapport à ces lois. Deuxièmement, l'utilisation simple de valeurs de données élevées ou faibles en tant que bonnes ou mauvaises normes d'évaluation est remplacée par le concept pharmacologique de dose efficace. Cela clarifie la dose minimale efficace et la dose maximale tolérée pour la correction de la loi et alloue des ressources limitées aux points de douleur avec des écarts graves par rapport à la loi.

4.4 Du diagnostic d'État au diagnostic pronostique

Le diagnostic d'état se réfère à l'utilisation de certaines méthodes d'analyse et d'examen pour comprendre et évaluer l'état opérationnel et l'état de développement d'un espace territorial spécifique, découvrir les problèmes et identifier leurs causes. Il comprend le diagnostic des états historiques et actuels [1].

Selon un point de vue classique, la bonne gouvernance traite la maladie avant qu'elle n'apparaisse et le trouble avant qu'elle ne se produise. En médecine, le pronostic est utilisé pour prédire le développement probable ou attendu de la maladie, y compris si les signes et les symptômes s'améliorent, s'aggravent ou demeurent stables au fil du temps, et la possibilité de complications et de problèmes de santé connexes [48]. Le diagnostic spatial territorial fait face à une exigence similaire. Il ne peut connaître que le passé récent sans comprendre l'avenir. Le pronostic est donc un besoin urgent et une difficulté technique majeure dans la planification. La technologie de l'IA peut simuler et prévoir les futurs États possibles et les problèmes potentiels de l'espace territorial sur la base de ses lois objectives de développement et d'évolution. Il peut aider à résoudre les problèmes avant qu'ils ne surviennent et déplacer le diagnostic spatial territorial du diagnostic d'état vers le diagnostic pronostique.

4.5 De la séparation homme-machine à l'intelligence collaborative homme-machine

La séparation homme-machine comporte également deux significations. Premièrement, le diagnostic spatial territorial repose entièrement sur des connaissances antérieures humaines, et la sélection subjective est utilisée pour choisir les cas et les données qui vérifient l'expérience passée et les problèmes spatiaux prédéfinis.

Deuxièmement, le diagnostic repose entièrement sur des modèles d'IA. À l'heure actuelle, les modèles d'IA demeurent incomplets sur le plan méthodologique pour le diagnostic spatial territorial et dépendent fortement de l'expérience antérieure et de l'annotation humaine. Leur intelligence simulée n'obtient souvent qu'une généralisation locale plutôt que mondiale, et leur capacité à résister à l'interférence dans des conditions changeantes est limitée [49].

Le diagnostic spatial territorial devrait donc intégrer les connaissances antérieures humaines et les modèles d'IA et évoluer vers l'intelligence collaborative homme-machine. Ceci s'exprime par l'amélioration hybride homme-machine, l'amélioration spirale et la symbiose itérative. Les humains possèdent une forte capacité théorique de construction et un jugement inductif pour les troubles spatiaux territoriaux, tandis que l'IA peut révéler quantitativement les lois objectives du développement et de l'évolution de l'espace territorial, déterminer les états d'écart, les degrés et les causes clés, et, du point de vue des prescriptions composées, prévoir la position des facteurs clés et leurs effets combinés dans une prescription afin de formuler un plan de traitement coordonné.

5 Systèmes d'amélioration des méthodes de travail dans le diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

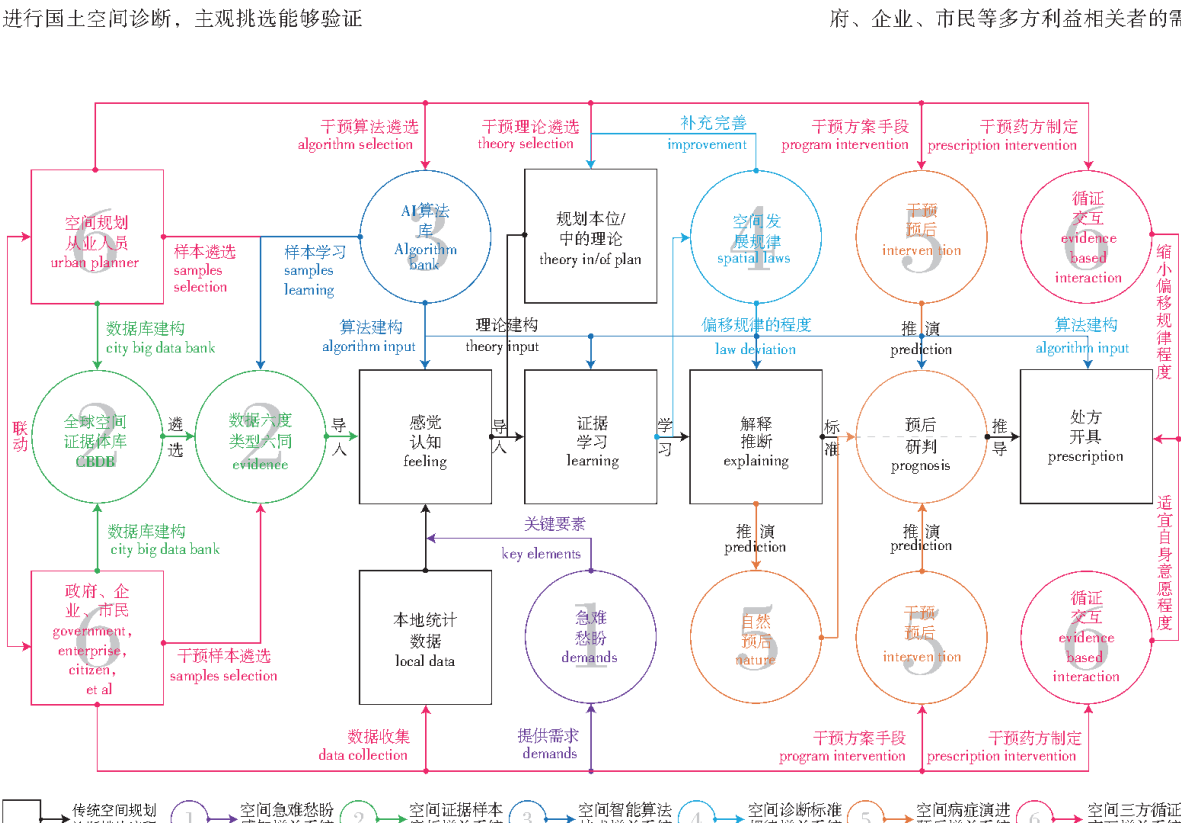


Fig. 3 Six systèmes d'amélioration des méthodes de travail dans le diagnostic spatial territorial assisté par l'IA

Dans le diagnostic spatial territorial traditionnel, le flux de travail de base consiste à saisir des données statiques et à faible fréquence, à effectuer l'apprentissage des données probantes au moyen d'une procédure de calcul spécifique, puis à juger les problèmes spatiaux territoriaux. En réponse aux lacunes de ce processus, le diagnostic territorial territorial assisté par l'IA comprendra six systèmes d'amélioration des méthodes de travail (fig. 3), qui ont déjà été appliqués efficacement dans plusieurs projets de diagnostic territorial en Chine.

5.1 Système d'amélioration de la perception des besoins spatiaux urgents

Le diagnostic spatial territorial traditionnel comprend généralement les préoccupations urgentes de plusieurs intervenants au moyen d'entrevues et d'une classification et d'un résumé manuels. Dans la pratique, cependant, les centres narratifs de ces sources sont souvent différents. L'introduction de la technologie de l'intelligence artificielle permet de percevoir les besoins des gouvernements, des entreprises, des citoyens et des autres parties prenantes de manière plus complète et plus efficace à partir de données multimédias massives, y compris des images, des textes, des vidéos et de l'audio.

5.2 Système d'amélioration de base pour les échantillons de données spatiales

Une banque d'échantillons globale de données spatiales présente les caractéristiques de six dimensions de données et de six similarités de type. Les six dimensions des données font référence à l'amélioration et à l'expansion continues de la dimension, de la largeur, de l'étendue, de la granularité, de la fréquence et de la vitesse des données hétérogènes multisources. Ces améliorations permettent de révéler plus précisément les lois du développement et de l'évolution de l'espace territorial et de construire une banque d'échantillons à grande échelle de données spatiales territoriales.

Les six similitudes de type se rapportent à des similitudes dans l'espace régional, l'espace de terrain, l'espace d'échelle, l'espace morphologique, l'espace de propriété et l'espace de scène [10]. La médecine clinique présente souvent des différences importantes entre les adultes et les enfants, les hommes et les femmes, et les jeunes et les personnes âgées. De même, l'espace territorial est un corps vivant complexe. Sa gestation, sa naissance, son développement, sa mutation, son renouvellement, son déclin et son évolution ne sont pas seulement des mouvements physiques simples à complexes, des troubles à l'ordre et des niveaux inférieurs à plus élevés. Ils présentent également des caractéristiques de vie différentes selon la région, le terrain, l'échelle, la morphologie, la propriété et le stade. L'étude typologique de caractéristiques de vie semblables est donc un prémisses clé pour établir scientifiquement des normes de référence pour le diagnostic spatial territorial [50].

5.3 Système d'amélioration technique des algorithmes d'intelligence spatiale

Dans le diagnostic spatial territorial, les algorithmes d'IA peuvent être réorganisés autour de cinq niveaux, à savoir la perception du sentiment, l'apprentissage des preuves, l'inférence explicative, le jugement pronostique et la prescription, formant un système d'amélioration de l'algorithme FLEPP.

Le niveau 1 exige que les algorithmes d'IA perçoivent les caractéristiques du stade de développement de l'espace territorial et les effets de mise en œuvre de la planification. Parmi les exemples, mentionnons les algorithmes d'augmentation de données tels que les autoencodeurs variationnels et les modèles de diffusion, et les algorithmes de réduction de dimensionnalité tels que les autoencodeurs et les réseaux neuronaux convolutionnels. Le niveau 2 exige des algorithmes d'IA qu'ils apprennent les lois objectives du développement et de l'évolution de l'espace territorial en utilisant des méthodes telles que le regroupement spectral, les machines de stimulation des gradients, l'apprentissage bayésien et les réseaux neuronaux. Le niveau 3 exige des algorithmes d'IA qu'ils déterminent le degré d'écart par rapport aux lois objectives et qu'ils en déduisent les causes, en utilisant des algorithmes globaux de modélisation-agnostique tels que des diagrammes de dépendance partielle et des algorithmes locaux de modélisation-agnostique tels que SHAP pour identifier des caractéristiques importantes et expliquer les effets de seuil.

Le niveau 4 exige que les algorithmes d'IA jugent les effets à court et à long terme après une auto-récupération spatiale ou une intervention, y compris la récupération ou la progression. L'apprentissage des arbres de décision, les réseaux neuronaux et les réseaux antagonistes générateurs peuvent être utilisés pour la simulation et la prévision. Le niveau 5 nécessite des algorithmes d'IA pour compléter et réviser l'auto-récupération spatiale ou l'intervention de planification. Le renforcement de l'apprentissage fondé sur les fonctions de valeur ou les

gradients de politiques, y compris les cadres d'acteurs-critiques, peut être utilisé pour déterminer le portefeuille optimal de stratégies d'aménagement du territoire.

5.4 Système de renforcement fondé sur la loi pour les normes de diagnostic spatial

La technologie de l'IA possède les caractéristiques de l'association des systèmes, de la pensée profonde et de la pensée écologique. Elle peut exploiter les lois évolutives du développement spatial territorial par un apprentissage profond et formuler des normes diagnostiques sur cette base. L'espace territorial couvre les liaisons régionales, l'environnement écologique, l'industrie économique, la dynamique des sciences et de l'innovation, la population sociale, la culture historique, les flux de transport, la morphologie et la fonction, la santé, les loisirs et la durabilité [51-52]. Il met en œuvre les idées d'unité entre l'homme et la nature, d'harmonie du système et de durabilité intergénérationnelle, et répond à trois problèmes clés : le manque d'ajustement, à savoir le conflit entre les environnements naturels et bâtis; le manque d'harmonie, à savoir le déséquilibre entre les multiples éléments du système; et le manque de continuité, à savoir la déconnexion entre la poursuite de la civilisation et l'innovation [10]. Ces idées forment le système d'amélioration de la loi HOS pour le diagnostic spatial territorial.

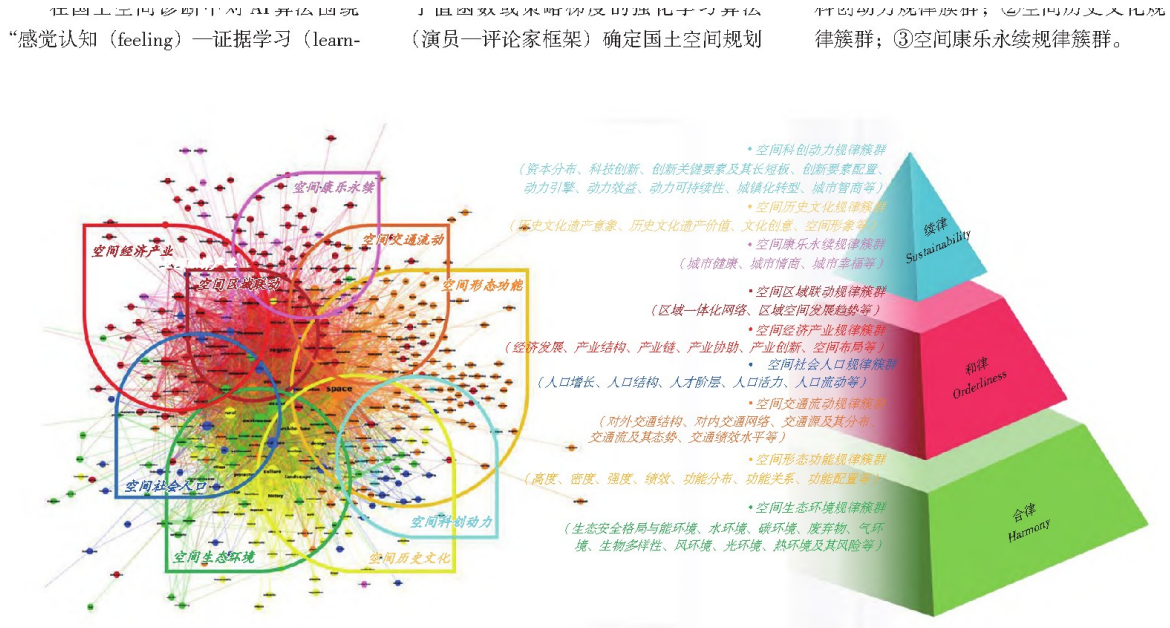


图4 国土空间智能诊断的“HOS”规律增益系统
Fig.4 The "HOS" law gain system of AI-assisted territorial spatial diagnosis

Fig. 4 Système de renforcement fondé sur la loi HOS pour le diagnostic spatial territorial

(1) La loi spatiale de l'ajustement inclut le groupe de lois spatiales écologiques et environnementales. (2) Le droit de l'harmonie spatiale comprend des groupes de lois pour l'industrie économique spatiale, la population sociale spatiale, les flux de transport spatial, la morphologie et la fonction spatiales, et les liaisons spatiales régionales. (3) Le droit spatial de la continuité comprend des ensembles de lois pour les sciences spatiales et la dynamique de l'innovation, la culture historique spatiale et la santé spatiale, les loisirs et la durabilité.

5.5 Système d'amélioration pronostique pour l'évolution des troubles spatiaux

En médecine, le pronostic désigne la prédiction fondée sur l'expérience du développement de la maladie. Il peut être divisé en pronostic naturel et pronostic d'intervention, qui prédisent respectivement le processus de développement et les conséquences d'une maladie avec ou sans traitement médical ou intervention.

De même, le diagnostic spatial territorial après l'introduction de l'IA ajoute un système d'amélioration pronostique pour l'évolution des troubles spatiaux. Il peut également être divisé en pronostic naturel et pronostic d'intervention. Dans des conditions avec ou sans intervention de planification, ce système simule et prédit le processus de développement et les conséquences d'un trouble spatial territorial particulier sur la base des lois objectives du développement et de l'évolution de l'espace territorial [53].

Le système de renforcement pronostique devrait accorder une attention particulière au mécanisme de résilience de l'espace territorial. Si le mécanisme a un effet positif, la planification devrait y travailler; s'il a un effet négatif, la planification devrait l'améliorer par rapport à la tendance [13]. Le respect des lois d'auto-récupération de l'espace territorial réduira les coûts de planification, qui est également l'un des fondements du diagnostic territorial.

5.6 Système interactif d'amélioration des preuves tripartites

Le diagnostic spatial territorial intelligent ajoute un système tripartite d'amélioration de l'interaction fondé sur les lois objectives du développement et de l'évolution de l'espace territorial, l'expérience pratique des praticiens de l'aménagement du territoire et les préoccupations urgentes de plusieurs parties prenantes. Elle élabore en collaboration des méthodes de diagnostic et des plans de traitement des troubles territoriaux de l'espace, permettant ainsi d'obtenir des effets de diagnostic et de traitement optimaux. L'interaction tripartite fondée sur des données probantes se reflète principalement dans six aspects.

- (1) Les praticiens de l'aménagement du territoire et plusieurs parties prenantes peuvent intervenir dans la sélection du système de référence d'échantillons de données spatiales en fonction des six similarités d'espace.
- (2) Ils peuvent intervenir dans la construction de modèles théoriques diagnostiques selon la théorie de la planification (TOP) et la théorie de la planification (TIP).
- (3) Ils peuvent intervenir dans le choix des modèles techniques de diagnostic en fonction de la précision, de l'efficacité, de la robustesse, de la capacité d'interprétation et de généralisation de différents algorithmes d'IA.
- (4) Les lois relatives au développement et à l'évolution de l'espace territorial fondées sur la banque d'échantillons de données spatiales mondiales améliorent encore le TOP et le TIP et renforcent l'expérience pratique des praticiens de l'aménagement du territoire.
- (5) Les praticiens de l'aménagement du territoire et les multiples parties prenantes peuvent intervenir dans les plans d'aménagement du territoire et simuler le processus et les conséquences des troubles territoriaux.
- (6) Conformément aux principes de minimisation du degré d'écart par rapport aux lois et d'optimisation de l'adéquation aux préférences des parties prenantes, les praticiens de l'aménagement du territoire et plusieurs parties prenantes élaborent conjointement des plans de prévention et de traitement des troubles territoriaux dans une logique de prescription coordonnée.

6 Conclusion

Promouvoir l'intégration profonde de la technologie de l'IA et du diagnostic spatial territorial est un besoin urgent de renforcer les caractéristiques théoriques du diagnostic spatial territorial orienté vers des lois objectives, la coordination multiple, l'évolution temporelle et la formation mutuelle de formes et de flux. Guidé par l'idée que l'espace territorial est un corps vivant complexe et ancré dans les lois objectives du développement et de l'évolution de l'espace territorial, cette étude construit le paradigme Dual-Helix et l'architecture Diamond pour le diagnostic spatial territorial après l'introduction de la technologie de l'IA sous l'angle des principes, de la théorie et des modèles.

Sur cette base, l'étude explique cinq directions de changement dans les méthodes de pensée après l'introduction de l'IA dans le diagnostic spatial territorial: de la passivité unidirectionnelle à l'initiative collective, du flux déterminé par la forme à la formation mutuelle de formes et de flux, de l'orientation de l'expérience à l'orientation du droit, du diagnostic d'État au diagnostic pronostique, et de la séparation homme-machine à

l'intelligence collaborative homme-machine. Il propose en outre six systèmes pour améliorer les méthodes de travail, à savoir la perception des préoccupations urgentes, la base de données des échantillons de données probantes, la technologie des algorithmes intelligents, les lois des normes diagnostiques, le pronostic de l'évolution du désordre et l'interaction tripartite fondée sur des données probantes. Ces systèmes devraient aborder les problèmes et les symptômes du diagnostic territorial traditionnel, améliorer la rationalité scientifique de l'aménagement du territoire et promouvoir le développement durable de l'espace territorial. Les auteurs remercient les évaluateurs anonymes de leurs suggestions et commentaires, et remercient la rédaction du Forum de l'urbanisme pour son aide durant le processus de publication.

Annexe

1 D'une part, au cours de la pratique des cinq étapes de travail du diagnostic spatial territorial, les praticiens peuvent en permanence conduire l'apprentissage entre l'homme et le cerveau des corps de preuves (EBn), améliorant ainsi la hauteur théorique (THn) et la richesse expérientielle (ERn) du diagnostic spatial territorial. En général, la richesse expérientielle d'un individu ne dépasse pas l'étendue de la preuve de l'ensemble complet, à savoir $ERn \leq EBn$, et la sagesse humaine antérieure est ainsi pleinement renforcée. D'autre part, les modèles d'IA peuvent mener en permanence l'apprentissage automatique (LDn) à partir d'organismes de preuve (EBn), améliorer l'application des connaissances obtenues à partir de preuves limitées à de nouvelles situations, et améliorer de manière globale la capacité de généralisation du modèle. L'amélioration continue de THn, ERn, EBn et LDn peut donc renforcer la performance globale du modèle.

2 <http://www.wupen.org/lectures/190?lesson=446>

Références

- [1] 叶锺楠, 吴志强. 城市诊断的概念、思想基础和发展思考[J]. 城市划, 2022, 46(1): 53-59.
- [2] 中国自然资源报. 新版《国土空间规划城市体检评估规程》发布[EB/OL]. (2025-05-19) [2025-07-25]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202505/t20250519_2884504.html.
- [3] 石晓冬, 王吉力, 杨明. 北京城市总体规划实施评估机制的回顾与新探索[J]. 城市规划学刊, 2019(3): 66-73.
- [4] 伍江, 王信, 陈烨, 等. 超大城市城市体检的挑战与上海实践[J]. 城市规划学刊, 2022(4): 28-34.
- [5] 吴志强, 刘晓畅, 赵刚, 等. 空效益向替代: 城市治理关键评价指标[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 15-22.
- [6] KLOSTERMAN R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(3): 393-408.
- [7] 吴志强, 甘惟, 刘朝, 等. AI 城市: 理与模型架构[J]. 城市规划学刊, 2022(5): 17-23.
- [8] 张庭伟. 复杂性理论及人工智能在规划中的应用[J]. 城市规划学刊, 2017(6): 9-15.
- [9] 肖飞, 吴洪涛, 郭文华, 等. 自然资源行业大模型建设框架与典型场景研究[J]. 自然资源信息化, 2024(6): 54-62.
- [10] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 19-23.
- [11] 钮心毅, 林诗佳, 桑田, 等. 数字化规划技术: 数据与知[J]. 城市规划学刊, 2024(2): 18-24.
- [12] 吴志强, 李欣. 城市规划设计的永续理性[J]. 南方建筑, 2016(5): 4-9.
- [13] 吴志强. 国土空间规划原理[M]. 上海: 同济大学出版社, 2022.
- [14] 万学红, 卢雪峰. 诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [15] 季聪华, 刘姗, 张颖, 等. 基于诊疗大数据研究的循证医学证据等级思考[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(12): 5540-5542.
- [16] 新华社. 中央城市工作会议在北京举行 习近平发表重要讲话[EB/OL]. (2025-07-12) [2025-07-25]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202507/content_7032083.htm.

- [17] MAYER-SCHÖNBERGER V, CUKIER K. Big data: a revolution that will transform how we live, work, and think[M]. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- [18] 夏征农, 陈至立. 大辞海[M]. 上海: 上海辞出版社, 2016.
- [19] BATTY M. Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [20] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018(1): 6-11.
- [21] 张磊. 证实抑或证伪? 经验科学证实的困难与证伪的局限[J]. 山东师范大学学报(人文社会科学版), 2012, 57(3): 148-153.
- [22] 张浩. 城市规划范式的转变: 从定性规划向定性与定量相结合的过渡[J]. 美与时代(城市版), 2017(8): 24-25.
- [23] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.
- [24] SHOVAL N. Tracking technologies and urban analysis[J]. Cities, 2008, 25(1): 21-28.
- [25] LIU L, ANDRIS C, RATTI C. Uncovering cabdrivers' behavior patterns from their digital traces[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2010, 34(6): 541-548.
- [26] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1339-1352.
- [27] LIU X C, QIAO R L, ZHANG X N. Dissecting the nonlinear economic implications of urban extreme thermo-environment using a Monte Carlo simulation-based ensemble learning model[J]. Habitat International, 2025, 156: 103274. DOI: 10.1016/j.habitatint.2025.103274.
- [28] 王劲峰, 葛咏, 李连发, 等. 地理学时空数据分析方法[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1326-1345.
- [29] 郁亚娟, 郭成, 刘永, 等. 城市病诊断与城市生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008(4): 1736-1747.
- [30] GEERTMAN S, STILLWELL J. Planning support systems: an inventory of current practice[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2004, 28(4): 291-310.
- [31] 钮心毅. 规划支持系统: 一种运用计算机辅助规划的新方法[J]. 城市规划学刊, 2006(2): 96-101.
- [32] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005(1): 19-27.
- [33] 甘惟, 吴志强, 王元楷, 等. AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 12-18.
- [34] 王德, 王灿, 谢栋灿, 等. 基于手机信令数据的上海市不同等商中心商圈的比: 以南京东路、五角场、鞍山路例 [J]. 城市规划学刊, 2015(3): 50-60.
- [35] WU Z Q, QIAO R L, ZHAO S, et al. Nonlinear forces in urban thermal environment using Bayesian optimization-based ensemble learning[J]. Science of the Total Environment, 2022, 838(3): 156348.
- [36] LIU X C, QIAO R L, WU Z Q, et al. Unveiling the spatially varied nonlinear effects of urban built environment on housing prices using an interpretable ensemble learning model[J]. Applied Geography, 2024, 173: 103458.
- [37] LIU X C, LIU Z Y, ZHU Z L, et al. Decoupling the multi-drivers of urban extreme heat environment in urban agglomerations using ensemble learning[J]. Building and Environment, 2024, 258: 111618.
- [38] 谢永杰, 智贺宁. 基于机器视觉的图像识别技术研究综述[J]. 科学技术创新, 2018(7): 74-75.
- [39] 周飞燕, 金林鹏, 董军. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(6): 1229-1251.
- [40] 万里鹏, 兰旭光, 张翰博, 等. 深度强化学习理论及其应用综述[J]. 模式识别与人工智能, 2019, 32(1): 67-81.
- [41] 吴一凡, 雷国平, 路昌, 等. 基于改进 TOPSIS 模型的大庆市城市土地利用绩效评价及障碍度诊断[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4): 85-90.
- [42] 白光润. 城市商业区位诊断研究[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2006(3): 74-80.
- [43] 陆路, 刘静, 周旋. 城市公共开放空间意度合断模型[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(6): 915-919.

- [44] 杨谦柔, 张世典. 可持续都市住区环境诊断模式之研究[J]. **城市发展研究**, 2008, 15(6): 43-48.
- [45] BAEHRENS D, SCHROETER T, HARMELING S, et al. How to explain individual classification decisions[J]. *Journal of Machine Learning Research*, 2010, 11: 1803-1831.
- [46] **林家彬**. 我国“城市病”的体制性成因与对策研究[J]. **城市规划学刊**, 2012(3): 16-22.
- [47] **石晓冬**, 杨明, **金忠民**, 等. 更有效的城市体检评估[J]. **城市规划**, 2020, 44(3): 65-73.
- [48] CROFT P, ALTMAN D G, DEEKS J J, et al. The science of clinical practice: disease diagnosis or patient prognosis? evidence about "what is likely to happen" should shape clinical practice[J]. *BMC Medicine*, 2015, 13(1): 20.
- [49] **段伟文**. 人工智能时代的价值审度与伦理调适[J]. **中国人民大学学报**, 2017, 31(6): 98-108.
- [50] **朱勍**. 城市研究中生命视角的引入[J]. **城市规划学刊**, 2008(2): 24-30.
- [51] **刘晓畅**. 改革开放 40 年来中国城乡规划研究领域演进[J]. **城市发展研究**, 2021, 28(1): 6-12.
- [52] **吴志强**, **刘晓畅**. 改革开放 40 年来中国城乡规划知识网络演进[J]. **城市划学刊**, 2018(5): 11-18.
- [53] **吴志强**, **刘晓畅**, **刘琦**, 等. 基于水资源约束的我国城市发展策略研究[J]. **中国工程科学**, 2022, 24(5): 75-88.

Traduction assistée par IA