

## Recherche sur les caractéristiques et le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine du cercle de navette de Pékin basée sur la théorie du gradient

Jiang Yu Xiao Lu Yi Yun Ying Xia Ren Li Jian

La recherche sur la vitalité urbaine a attiré une grande attention dans de nombreux domaines de la science urbaine, mais les recherches existantes se concentrent principalement sur l'échelle urbaine, et il y a peu de recherches sur la vitalité à l'échelle interadministrative. En utilisant les données du service de localisation de Tencent (LBS), en prenant le cercle de navette de Pékin comme exemple, en construisant un indice de mesure de vitalité urbaine, nous analysons le modèle spatial multidimensionnel de vitalité urbaine ; en fonction de l'empreinte de marée de vitalité. Diviser le gradient de vitalité du cercle de navette de Pékin et explorer les caractéristiques spatiales de la vitalité urbaine dans différentes zones de gradient ; utiliser le modèle de régression spatiale pour étudier plus avant le mécanisme d'influence du niveau de vitalité urbaine dans différentes zones de gradient 。 L'étude a révélé que le cercle de navette de Pékin a formé un modèle spatial dynamique de « un maître, une paire et plusieurs points », avec la ville centrale de Pékin comme centre. Il est divisé en trois zones de gradient moyen et bas, dont les seuils de rayon sont respectivement de 8-22 km, 32-68 km et 94-134 km ; à l'exception de la zone d'Orson Le niveau de gradient est proportionnel au niveau d'énergie du centre de vitalité et inversement proportionnel à l'étendue de son arrière-pays ; sauf que la densité routière et le mélange d'utilisation des sols sont significativement positivement corrélés avec le niveau de vitalité dans chaque zone de gradient Le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine est différent dans différentes zones de gradient. En révélant le niveau de vitalité des différentes zones de gradient et leur mécanisme d'influence, des stratégies de planification plus précises peuvent être proposées en termes de structure régionale, d'intégration urbaine-rurale, d'organisation des transports et d'installations de soutien, afin de promouvoir un développement urbain et rural de haute qualité.

Mots-clés: vitalité urbaine ; théorie du gradient ; Cercle de navette de Pékin ; Environnement bâti ; Mécanisme d'influence

Le dynamisme urbain a attiré l'attention des chercheurs en études urbaines pour son impact positif sur la résilience urbaine, la durabilité sociale et la capacité d'innovation. Avec l'accélération du processus de mondialisation, les maladies des grandes villes telles que la congestion routière et le déséquilibre entre l'emploi et le logement sont progressivement mises en évidence, ce qui entraîne un déséquilibre entre les fonctions urbaines et le niveau de vitalité dans certaines régions, et une répartition déséquilibrée de la vitalité urbaine à l'intérieur et entre les villes. Pour résoudre les problèmes susmentionnés, les universitaires proposent de dynamiser la ville par des moyens d'aménagement, par exemple en améliorant la beauté des rues, en augmentant l'espace public, en créant des quartiers amicaux pour les piétons, etc.

Bien que les chercheurs approfondissent leurs recherches sur la vitalité urbaine, elles se concentrent

principalement sur le niveau de la rue ou de la ville, et moins sur l'échelle interadministrative. Avec l'augmentation du niveau d'urbanisation de notre pays, les liens interurbains ont brisé les frontières administratives des villes [ 9 ], mettant en évidence les liens spatiaux dominés par le comportement de trajet. Cela a également suscité de nouveaux besoins de recherche, c'est-à-dire d'explorer les caractéristiques de répartition de la vitalité et les mécanismes d'influence dans la région du point de vue de la zone métropolitaine ou de la zone de navette.

Ces dernières années, les avis directeurs de la Commission nationale de développement et de réforme sur la culture et le développement des zones métropolitaines modernes et d'autres politiques ont clairement indiqué que les zones métropolitaines sont des formes spatiales d'urbanisation au sein des agglomérations urbaines centrées sur les mégapoles ou les grandes villes avec de fortes fonctions de rayonnement et un cercle de navette d'une heure comme portée de base. Cela montre que le cercle de navettes urbaines n'est pas seulement un périmètre géographique pour les résidents urbains de leur lieu de résidence à leur lieu de travail, mais comprend également de nombreux éléments tels que les résidents, les activités économiques, les relations sociales et les réseaux de transport dans ce périmètre. Prenons l'exemple du cercle de navette de Pékin, avec l'amélioration continue du système de transport intégré Beijing-Tianjin-Hebei, certains résidents qui travaillent à Pékin choisissent de vivre dans la région autour de Pékin, où le coût du logement est faible. Par conséquent, l'étude de la vitalité urbaine du centre-ville de Pékin ne peut pas refléter avec précision l'état des activités des résidents à Pékin. Grâce à l'étude de la vitalité urbaine avec le cercle de navette de Pékin comme champ d'étude, nous pouvons mieux comprendre et saisir les relations entre Pékin et ses environs, et comprendre pleinement le mode de vie et le rythme des résidents. En outre, en étudiant le modèle spatio-temporel et le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine du cercle de navette de Pékin à l'échelle moyenne et micro, nous pouvons révéler les problèmes existants dans le développement de l'espace dans la région, afin d'optimiser l'organisation de l'espace fonctionnel ciblé.

Le « gradient » désigne le phénomène d'une répartition spatiale déséquilibrée ou d'un stade de développement incohérent des choses, dont la répartition spatiale augmente ou diminue généralement dans une direction. En ce qui concerne les zones métropolitaines ou agglomérations urbaines, en raison de l'effet de polarisation de la concentration des politiques, des industries et de la population vers les villes centrales, des zones à fort gradient de vitalité se forment à l'intérieur des zones métropolitaines. Avec l'expansion de la taille de la ville centrale, l'agglomération excessive de la population provoque des problèmes urbains, entraînant le transfert de certains résidents et le débordement de vitalité, ce qui forme différents gradients de vitalité dans la région. Cependant, comment les différents gradients de vitalité sont-ils reconnus? Quelle est la configuration spatiale du gradient de vitalité? Le mécanisme d'influence est-il le même pour les différentes zones de gradient de vitalité? Ces questions ne sont pas encore claires.

Par conséquent, la division scientifique du gradient de vitalité régionale et l'exploration du mécanisme d'influence de la vitalité urbaine à différents niveaux de gradient ont un effet positif sur la perception du niveau

d'activité des résidents urbains dans les régions administratives et la stimulation de la vitalité régionale. Cette étude prend le cercle de navette de Pékin comme exemple, basé sur les données de Tencent LBS, utilise la méthode d'analyse de l'empreinte de marée de vitalité pour diviser la vitalité de la ville en gradient à l'échelle interadministrative. Dans le même temps, la structure de distribution spatio-temporelle de la vitalité urbaine dans la région d'étude est discutée, le centre de vitalité dans la région et sa plage de gradient sont identifiés, et le mécanisme d'influence des éléments environnementaux construits sur la vitalité urbaine à différents niveaux de gradient est discuté.

## 1 Données et méthodes de recherche

### 1.1 Aperçu de la zone d'étude

Le cercle de navette est une forme spatiale complexe, qui est composée de couloirs ferroviaires à grande vitesse, de réseaux autoroutiers, de plaques tournantes de transport et d'aménagements industriels. Se référant à ce concept, le cercle de navette de Pékin défini dans cet article se réfère aux zones environnantes qui ont un lien de navette d'une heure avec l'espace de la région de Pékin. Considérant que l'efficacité de la formulation des politiques pertinentes s'applique principalement aux gouvernements populaires au niveau des comtés ou au-dessus, cet article sélectionne des unités administratives complètes de district et de comté, et détermine finalement la portée du cercle de navette de Pékin comme l'ensemble de la ville de Pékin et Tianjin, ainsi que certains districts et comtés de Baoding, Chengde, Langfang et Zhangjiakou dans la province du Hebei (figure 1), avec une superficie de recherche de 63111,82 km<sup>2</sup>. La population permanente est de 48,3345 millions d'habitants (2020).

La portée du cercle de navette de Pékin dans cette étude dépasse de loin la portée du centre-ville de Pékin. Afin d'étudier plus précisément le flux de population à travers les régions administratives dans le cercle de navette de Pékin et de s'adapter aux limites de granularité spatiale de l'acquisition de données, cette étude a choisi d'utiliser un réseau carré de 2 km × 2 km couvrant le cercle de navette de Pékin comme unité d'analyse de base pour remplacer l'unité administrative de district et de comté d'origine.

Dans la construction de l'unité de base de l'étude, les données ont été résumées en utilisant une grille carrée de 2 km x 2 km, et 10 551 grilles ont été obtenues après l'élimination de la grille de 0 données dans la zone d'étude (principalement des forêts, des terres agricoles ou de grandes réserves naturelles). Chaque grille résume le nombre d'activités des utilisateurs de Tencent pour caractériser le dynamisme urbain du tableau.

### 1.2 Méthodologie de la recherche

#### 1.2.1 Exploration du schéma spatial de la vitalité: construction d'un indice de mesure de la vitalité

Utilisez les données Tencent LBS pour mesurer la vitalité de la ville dans le cercle de navette de Pékin. En prenant 1h comme période d'échantillonnage et en utilisant l'interface API de Tencent, les points d'échantillonnage dans la zone d'étude ont été recueillis pendant 5 jours ouvrables consécutifs (2019-04-22-2019-04-26). Compte tenu des problèmes d'exactitude des données des téléphones mobiles

après minuit, les données entre 6h00 et 24h00 du matin ont été conservées. L'ensemble de données comprend l'ID du point d'échantillonnage, les coordonnées du point d'échantillonnage, le nombre d'activités humaines pour 18 timestamps (tableau 1). La moyenne de 5 jours ouvrables a été prise comme nombre moyen d'activités humaines pour les 18 horodatages de ce point d'échantillonnage.

Afin d'explorer globalement les schémas de répartition spatiale de la vitalité urbaine, cinq indicateurs de vitalité urbaine sont construits en fonction du nombre d'activités humaines recueillies, à savoir le niveau de vitalité moyen, la stabilité de la vitalité urbaine, le niveau de vitalité diurne, le niveau de vitalité nocturne et les marées de vitalité diurne et nocturne, voir tableau 2.

### 1.2.2 Identification du gradient de vitalité: empreinte de marée de vitalité

En se référant au concept d'empreinte des îlots de chaleur urbains, une analyse de l'empreinte des marées dynamiques est proposée [ 17 ]. L'empreinte des marées de vitalité caractérise l'étendue spatiale de la vitalité urbaine dans la région, reflétant de manière complète et continue les caractéristiques de distribution spatiale des marées de vitalité diurne et nocturne de la ville. La valeur marémotrice de la vitalité diurne et nocturne dans la zone urbaine centrale est positive, et l'effet marémotrice s'affaiblit progressivement de la zone urbaine centrale aux environs, de sorte que cet article choisit Tiananmen, le centre de la zone urbaine centrale de Pékin, comme centre d'empreinte marémotrice de la vitalité, et établit plusieurs cercles concentriques couvrant toute la zone d'étude à 2 km d'intervalle, et compte la somme des valeurs marémotrices de la Et établir la relation entre le rayon des cercles concentriques et la somme des marées de vitalité diurne et nocturne, et définir la portée de la somme des marées de vitalité diurne et nocturne à zéro comme l'empreinte des marées de vitalité. Dans le même temps, le gradient de vitalité urbaine du cercle de navette de Pékin est déterminé en fonction du changement de la relation entre la vitalité diurne et nocturne, la marée et le rayon. La formule de calcul de l'empreinte marémotrice dynamique est la suivante:

$$\begin{cases} r_1 = 2 \\ A_1 = \pi r_1^2 \\ r_2 = 2 \times 2 \\ A_2 = \pi r_2^2 \\ \vdots \\ r_i = 2 \times i \\ A_i = \pi r_i^2 \end{cases} \quad (1)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^i V_j \quad (2)$$

Dans la formule (1),  $A_i$  représente la zone du  $i$ ème cercle concentrique,  $r_i$  représente le rayon du  $i$ ème cercle concentrique,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Formule

(2)  $S$  moyen représente la somme des marées de vitalité diurne et nocturne dans le  $i$ ème cercle concentrique,  $m$  représente le nombre de grilles dans le  $i$ ème cercle concentrique et  $V_T$  représente la valeur des marées de vitalité diurne et nocturne dans la grille.

### 1.2.3 Caractéristiques de la vitalité dans les différentes zones de gradient: identification des centres de vitalité et mesure de l'arrière-pays des centres de vitalité

Grâce à l'analyse de voisinage d'ArcGIS, le sommet de montagne est extrait du niveau moyen de vitalité de chaque grille, et le sommet de montagne identifié est défini comme le centre de vitalité du cercle de navette de

Pékin, et le centre de vitalité identifié est divisé en cinq niveaux d'énergie différents en utilisant la méthode du point de rupture naturel. Chaque centre de vitalité est le noyau des activités humaines dans la région environnante. Les zones périphériques peuvent être influencées par des effets d'agglomération et de diffusion. L'arrière-pays du centre de vitalité peut être compris comme le « champ de force » de l'influence du centre de vitalité. L'intensité du champ de force est différente selon l'arrière-pays du centre de vitalité. La formule de calcul de l'intensité du champ est la suivante:

$$F_{ij} = \frac{Z_i}{d_{ij}^a}$$

Dans la formule (3):  $F_{ij}$  est l'intensité du champ du centre de vitalité  $i$  sur la grille  $j$  dans la région ;  $Z_i$  est le niveau moyen de vitalité du centre de vitalité  $i$  ;  $d_{ij}$  est la distance du centre de vitalité  $i$  à la grille  $j$  ;  $a$  est le facteur de frottement de distance, généralement 2,0.

Comme toute grille  $j$  dans la zone d'étude est affectée par les centres de vitalité dans la zone d'étude, en calculant l'intensité de champ de chaque centre de vitalité et en comparant les uns avec les autres, nous pouvons trouver le centre de vitalité qui a le plus d'influence sur l'intensité de champ de la grille  $j$ , et nous pouvons considérer que la grille  $j$  est l'arrière-pays de ce centre de vitalité.

#### 1.2.4 Mécanisme d'influence du gradient de vitalité: analyse de régression spatiale

L'évaluation du mécanisme d'impact du gradient de vitalité utilise le cadre classique 5D [ 19-20 ] de l'étude de l'environnement bâti, c'est-à-dire la densité, l'accessibilité à la destination, la diversité, la conception et la distance de transfert de transport. L'ajout au cadre 5D de trois éléments susceptibles d'influer sur le dynamisme, dont le niveau de construction des infrastructures, l'intensité de l'activité économique et le niveau d'écologisation, constitue le système d'indicateurs de cette étude (tableau 3). Les données POI proviennent de l'ensemble de données POI 2019 de Gaode Map. Des données telles que la densité routière, les arrêts de bus, les arrêts de métro, les arrêts ferroviaires interurbains et les entrées et sorties à grande vitesse proviennent de la carte Open StreetMap. En raison de la limitation de l'accès aux données, cet article se réfère à la recherche pertinente au pays et à l'étranger, utilise différents types de données POI pour remplacer les différents types de données d'utilisation des terres dans la classification de l'utilisation des terres et de la mer dans l'enquête spatiale, la planification et le contrôle de l'utilisation des terres, et obtient la diversité de l'utilisation des terres par l'entropie de chaque type de POI. Parmi eux, le POI des services de restauration représente les terrains de services commerciaux, le POI des installations de services publics représente les terrains de gestion publique et de services publics, et le POI des zones résidentielles représente les terrains résidentiels. Utilisez le POI d'entreprise pour représenter la répartition de l'emploi dans le secteur secondaire dans la région afin de représenter les terres industrielles et minières.

Les données sur l'intensité de l'activité économique et la densité de la population proviennent du système d'enregistrement et de publication des données scientifiques sur les ressources et l'environnement. Les

données sur le niveau d'écologisation et le niveau d'infrastructure proviennent respectivement des images de télédétection Sentinel-2 et des images lumineuses nocturnes NPP-VIIRS obtenues en avril 2019. En outre, en raison des différences partielles dans les indicateurs de l'environnement construit du centre urbain, de la frange urbaine et de la zone rurale du cercle de navette de Pékin, les indicateurs sont sélectionnés en fonction des différentes zones de gradient ultérieures dans le processus d'analyse.

En se référant à l'étude de Wang Xuerui et al. [ 25 ], l'analyse globale de l'indice de Moran a d'abord été effectuée, et les résultats ont montré qu'il y avait une auto-corrélation spatiale évidente pour le niveau moyen de vitalité (Moran's I = 0,394 ; p <0,001). Par conséquent, cet article utilise deux modèles de régression spatiale couramment utilisés, à savoir le modèle de décalage spatial (SLM) et le modèle d'erreur spatiale (SEM) pour l'analyse de régression, et sélectionne le modèle par le test de Lagrange. La formule de calcul du modèle de décalage spatial est la suivante:

$$y = \rho W_y + X\beta + \varepsilon$$

Dans la formule (4), y est la variable dépendante, X est la matrice de la variable explicative,  $\beta$  est le vecteur du coefficient et  $\varepsilon$  est le vecteur du terme d'erreur aléatoire.  $\rho$  est un paramètre de décalage spatial et  $W_y$  est un vecteur de poids spatial.

Le modèle d'erreur spatiale est une méthode de traitement de l'auto-corrélation spatiale des termes d'erreur, qui peut être comprise comme une combinaison du modèle de régression standard et du modèle d'auto-régression spatiale des termes d'erreur. Sa formule de calcul est:

$$y = X\beta + \varepsilon, \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu, \quad \mu \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Dans la formule (5):  $\lambda$  est un paramètre autorégressif qui mesure la dépendance spatiale du terme d'erreur ;  $\mu$  est un terme d'erreur aléatoire ;  $\sigma$  est l'écart type.

## 2. Caractéristiques de la distribution spatiale de la vitalité du cercle de navette de Pékin

### 2.1 Modèle spatial de la vitalité urbaine

Comme le montrent les figures 2 (a) et 2 (b), la répartition spatiale de la vitalité du cercle de navette de Pékin présente les caractéristiques de la structure hiérarchique de « un maître, un couple et plusieurs points », et le niveau de vitalité dans la région montre de grandes différences entre les villes et les zones urbaines et rurales. Parmi eux, les zones où le niveau moyen de vitalité (VL) est le plus élevé sont principalement concentrées dans la zone centrale de la ville de Pékin (à l'intérieur du quatrième périphérique) et la zone centrale de la ville de Tianjin (à l'intérieur du périphérique central). La zone entre le quatrième et le sixième périphérique de Pékin et la zone centrale de chaque district et comté ont également un niveau élevé de vitalité, et le niveau de vitalité des zones rurales périphériques est généralement faible. Il y a de nombreuses zones d'agglomération évidentes à forte vitalité au sud-est de la frontière régionale de Pékin, comme la ville de Langfang, le comté de Xianghe, le comté autonome de Dachang Hui et la zone centrale de la ville de Sanhe. Plus de 70% des zones de la zone d'étude sont des zones à faible dynamisme et relativement mal développées. Les conditions topographiques de

la région nord influent dans une certaine mesure sur l'agglomération de la population et influent davantage sur le niveau de vitalité locale.

La répartition spatiale de la stabilité de la vitalité (CV) est étroitement liée au modèle de développement régional. D'après la carte de répartition de la vitalité et de la stabilité de la figure 2 c), on peut voir que la zone urbaine centrale de Pékin présente les caractéristiques d'une urbanisation élevée, d'une vitalité économique élevée et d'installations de vie parfaites, ce qui augmente considérablement l'attrait démographique de Pékin. La stabilité de la vitalité des zones centrales du centre-ville de Pékin et d'autres villes et comtés de la région est plus élevée ( $CV < 0,506$ ), tandis que la stabilité des vastes zones rurales est plus faible, ce qui indique que la vitalité des zones rurales change considérablement tout au long de la journée. Dans le même temps, Pékin et certaines parties du sud-est de l'extérieur de Pékin ont formé des zones continues de grande vitalité et de stabilité, franchissant la portée des frontières administratives.

Les figures 2 (d) et 2 (e) présentent les caractéristiques de répartition spatiale des niveaux de vitalité diurne (DV) et nocturne (NV) dans la zone d'étude, respectivement. Dans l'ensemble, la répartition du niveau de vitalité diurne et nocturne est similaire à la répartition spatiale du niveau de vitalité moyen tout au long de la journée, mais le niveau de vitalité diurne dans la zone centrale de la ville centrale de Pékin (à l'intérieur du quatrième périphérique) est plus élevé que le niveau de vitalité nocturne dans son ensemble. La figure 2 (f) montre la répartition spatiale des marées de vitalité diurne et nocturne. Les zones à forte valeur de marée dynamique sont principalement concentrées dans le troisième périphérique de la ville centrale de Pékin, Zhongguancun, Wangjing, Yizhuang et certaines parties du district de Nankai, du district de Heping et de la nouvelle zone de Binhai de Tianjin. La zone de faible valeur est principalement entrecoupée autour de la zone de haute valeur. En outre, le centre du district et du comté de Huanjing est principalement dominé par les zones de faible valeur.

## 2.2 Répartition du gradient de vitalité

Le « gradient » de la zone métropolitaine présente souvent des caractéristiques de cercle. Cet article prend Tiananmen comme centre et utilise des cercles concentriques de différents rayons pour compter les marées dynamiques et établir la correspondance entre la somme des marées dynamiques diurnes et nocturnes et le rayon (figure 3). Avec l'augmentation du rayon des cercles concentriques, la somme des marées vives diurnes et nocturnes augmente d'abord, puis diminue progressivement, et à 110 km, la somme des marées vives diurnes et nocturnes est équivalente à la somme des valeurs négatives, et la somme des marées vives est de 0, atteignant la plus grande plage du cercle de navette de Pékin. Sur cette base, sur la base de l'évolution de la pente de la ligne de pliage de l'empreinte de marée dynamique de la figure 3 et des caractéristiques de transition urbaine-rurale du cercle de navette de Pékin, la zone d'étude peut être divisée en quatre catégories de zones, c'est-à-dire que la zone de gradient idéal de haute, moyenne et faible vitalité est formée de la zone urbaine centrale vers l'extérieur, et la zone située à plus de 110 km du centre est définie comme d'autres zones. Plus précisément, les marées et vitalités diurnes et nocturnes augmentent tout d'abord avec un rayon croissant, correspondant à des niveaux de vitalité diurne supérieurs aux niveaux de vitalité nocturne dans la plupart des

régions des cercles concentriques, et atteignent des pics à un rayon de 16 km. Par la suite, la marée et la vitalité diurne et nocturne ont progressivement diminué, dans un rayon de 16 km à 60 km, la marée et la vitalité correspondante ont subi un processus de baisse rapide puis de ralentissement, tandis que le taux de baisse s'est stabilisé lorsque le rayon a dépassé 60 km, jusqu'à ce que la marée et la vitalité diurne et nocturne tombent à 0 dans un rayon de 110 km. En combinaison avec la répartition spatiale de la zone urbaine centrale, de la frange urbaine et des zones rurales périphériques de Pékin, 16 km, 60 km et 110 km sont déterminés comme valeurs critiques pour la division des zones de gradient de vitalité moyenne, moyenne et faible.

La figure 4 (a) montre le schéma du gradient de vitalité urbaine en mode cercle concentrique dans l'état idéal, avec Tiananmen comme centre, un cercle de rayon de 16 km comme zone de gradient élevé de vitalité, un cercle concentrique de 16 à 60 km comme zone de gradient moyen de vitalité et un cercle de 60 à 110 km comme zone de gradient faible de vitalité. Compte tenu des principales orientations de développement et des conditions topographiques naturelles de Pékin, la division du gradient par des cercles concentriques peut ne pas exprimer avec précision la répartition réelle de la vitalité du cercle de navette de Pékin. Par conséquent, cette étude répète l'expérience de l'empreinte de marée de vitalité dans huit directions égales, détermine l'empreinte du gradient de vitalité dans chaque direction, obtient le diagramme du gradient de vitalité dans la direction de distinction du cercle de navette de Pékin [ figure 4 (b) ], et détermine le seuil de rayon de chaque zone du gradient de vitalité en fonction de la taille du rayon dans différentes directions à l'intérieur de chaque gradient. Plus précisément: la plage de seuil de rayon de la zone à gradient élevé est de 8 à 22 km, la zone comprend toutes les zones du troisième périphérique de Pékin et certaines zones du quatrième périphérique sud-ouest au cinquième périphérique ; la plage de seuil de rayon limite de la zone à gradient moyen est 32-68 km, le rayon régional est long du sud-ouest au nord-est, et les autres directions sont courtes. En plus de Pékin, il comprend également certaines parties des comtés de Zhuozhou, Langfang et Beixian ; le seuil du rayon limite de la région à faible gradient est 94-134 km, le rayon du couloir Nanjing-Tianjin est le plus court de 94 km, y compris principalement une partie du district de Wuqing de Tianjin. En plus de Fangshan, Yanqing et Pinggu dans la ville de Pékin, d'autres directions comprennent également le district de Jizhou et certaines parties des villes de Zhangjiakou, Baoding et Chengde. Dans l'ensemble, le niveau de vitalité régionale diminue le long de la zone à gradient élevé - zone à gradient moyen - zone à gradient faible, la zone à gradient élevé est principalement composée de zones urbaines construites à haute densité, la zone à gradient moyen est principalement composée de zones urbaines périphériques de la zone urbaine centrale de Pékin, et la zone à gradient faible est principalement composée de zones rurales et de centres de district et de comté autour de Pékin.

### 2. 3 Les centres de vitalité des gradients et leur étendue d'arrière-pays

Cinquante centres de vitalité dans la zone d'étude ont été identifiés par l'analyse des sommets de montagne ArcGIS (figure 5 (a)), et les niveaux d'énergie de chaque centre de vitalité ont été divisés en cinq niveaux par la méthode des points de rupture naturels en fonction du niveau moyen de vitalité (figure 6). Le

niveau de vitalité du district d'Orson est nettement plus élevé que celui des autres centres de vitalité, devenant le seul centre de vitalité de premier niveau. Les installations de soutien de cette zone sont parfaites, c'est la zone avec la plus forte densité de vie dans la zone d'étude, et les fonctions professionnelles et résidentielles sont concentrées et relativement équilibrées. Le centre de vitalité secondaire comprend différentes régions de la zone centrale de Pékin, comme la zone centrale du CBD et Zhongguancun, la fonction d'emploi régional est légèrement plus forte que la fonction résidentielle, et le niveau de vitalité régionale est plus élevé. Le centre de vitalité à trois niveaux est composé de l'Université de communication, Yizhuang, Sihui et d'autres zones à la périphérie de la ville centrale de Pékin, ainsi que des zones urbaines centrales de Tianjin, Baoding, Zhangjiakou et Langfang, avec une répartition plus équilibrée. Les zones de niveau 4 et 5 sont principalement les zones centrales de district et de comté à l'intérieur et à la périphérie de Beijing et certaines zones centrales de district et de comté autour de Beijing, qui sont principalement situées dans les zones périphériques avec un faible niveau de développement économique dans la zone d'étude. Il convient de noter que les centres de vitalité des trois comtés du nord, qui sont étroitement liés au personnel de Pékin, appartiennent respectivement aux centres de vitalité de niveau 4 et 5, avec un faible niveau de vitalité.

En analysant la répartition des niveaux d'énergie des centres de vitalité dans les différentes zones de gradient et l'étendue de l'arrière-pays, nous pouvons mieux comprendre les caractéristiques de vitalité des différentes zones de gradient dans le cercle de navette de Pékin. En ce qui concerne la répartition des niveaux d'énergie des centres de vitalité, l'étude des centres de vitalité statistiquement identifiés selon la division du gradient moyen à faible, les résultats sont présentés dans la figure 5 (b) et le tableau 4. D'une manière générale, le nombre de centres de vitalité dans chaque zone de gradient est relativement équilibré, le niveau d'énergie du centre de vitalité dans la zone de gradient élevé est plus élevé, avant le troisième niveau est le principal, la zone de gradient moyen contient principalement les centres de vitalité de troisième et quatrième niveaux, et la capacité du centre de vitalité dans la zone de gradient faible est faible, principalement le centre de vitalité de cinquième niveau. Du point de vue de la portée de l'arrière-pays du centre de vitalité, l'arrière-pays de chaque centre de vitalité est obtenu en calculant l'intensité du champ de chaque centre de vitalité. Comme le montre la figure 5 c), les limites des centres de vitalité sont claires et il n'y a pratiquement pas de compétition pour l'arrière-pays. L'arrière-pays du centre de vitalité de la région d'Orson, où le niveau d'énergie de vitalité est le plus élevé, a les caractéristiques de diffusion vers le nord et l'ouest. Cette caractéristique de distribution peut être liée au manque de distribution centrale dynamique dans le nord-ouest de la ville centrale de Pékin. Les autres centres de vitalité ont un arrière-pays clairement relié autour d'eux, et la répartition régionale de la vitalité est plus évidente. L'arrière-pays dynamique du couloir Beijing-Tianjin, situé dans le sud-est, est plus équilibré, tandis que le centre dynamique du nord-ouest est moins réparti. La taille de l'arrière-pays du centre de vitalité est inversement proportionnelle à son niveau de gradient, à l'exception de l'arrière-pays de la région d'Orson qui est plus grand, c'est-à-dire que l'arrière-pays du centre de vitalité de la région à gradient élevé est plus petit, et l'arrière-pays du centre de vitalité de la région à gradient faible est généralement plus grand.

L'arrière-pays du centre de vitalité de la zone de gradient moyen et bas est principalement concentré dans la direction sud-est de la zone d'étude.

### 3. Mécanisme d'influence du gradient de vitalité du cercle de navette de Pékin

Afin d'explorer la relation entre les éléments de l'environnement bâti et le niveau de vitalité urbaine à différents niveaux de gradient, un modèle de régression spatiale a été établi en prenant comme domaine de recherche la figure 4 (b) des zones à gradient élevé, moyen et faible, et le niveau de vitalité moyen comme variable dépendante. Grâce aux résultats du test du facteur Lagrange, le modèle SEM est utilisé pour les zones à gradient élevé, et le modèle SLM est sélectionné pour les zones à gradient moyen et à gradient faible. Les résultats de l'analyse montrent que le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine est différent dans différentes zones de gradient, et que le degré mixte d'utilisation des sols et la densité routière ont un impact significatif sur le niveau de vitalité urbaine de chaque gradient. En combinaison avec le tableau 5, il est possible de résumer plus avant les éléments de l'environnement bâti qui influent sur le niveau moyen de vitalité des différentes zones de gradient et leurs mécanismes d'influence:

Pour les zones à gradient élevé, La densité des bâtiments (0,001), le POI des entreprises (0,319), le mélange d'utilisation des sols (24,203), la densité des routes (578,699), la présence de stations de métro (226,152) et l'indice de végétation normalisé (24,659) ont une corrélation positive significative avec la répartition spatiale des niveaux de vitalité. La distance aux principaux centres d'emploi de Pékin (-40,612) est en corrélation négative significative avec la répartition spatiale des niveaux de vitalité, ce qui est conforme aux études précédentes sur la vitalité urbaine des zones urbaines centrales [ 20-21 ]. Un système de transport pratique et un mode de vie à haute densité favorisent grandement la mobilité des personnes dans la région et les liens spatiaux entre les différentes fonctions, ce qui favorise une meilleure vitalité urbaine [ 5 ]. Un niveau d'écologisation plus élevé dans les zones à haute densité peut fournir aux résidents de la région une meilleure fonction de repos et améliorer la qualité de vie des résidents. L'agglomération des entreprises et la proximité des principaux centres d'emploi de Pékin favorisent l'attractivité de la main-d'œuvre et stimulent la vitalité économique de la ville [ 21 ].

Pour les zones à gradient moyen, La densité de population (0,011), le POI de restauration et d'achat (0,078), le POI de la zone résidentielle (0,122), le degré mixte d'utilisation des terres (13,534), la densité routière (378,078) et le niveau d'infrastructure (5,794) ont une corrélation positive significative avec la répartition spatiale du niveau de vitalité. La distance entre les principaux centres d'emploi de Pékin (-143.233) est nettement corrélée négativement. Pour la région, le POI des entreprises et l'indice de végétation normalisé n'ont plus de corrélation significative avec le dynamisme urbain, alors que le POI du logement et de la restauration et du shopping montre une corrélation significative. Cela peut s'expliquer par le fait que les terrains à bâtir dans les zones à gradient moyen sont principalement habités et les services de vie liés à l'habitation, et que la capacité d'agglomération industrielle est nettement différente de celle des zones à gradient élevé, de sorte que la capacité d'agglomération de la population et les éléments qui servent la vie quotidienne des résidents ont un

impact positif sur la vitalité urbaine. En plus de la densité routière et du mélange d'utilisation des sols, la distance aux principaux centres d'emploi de Pékin est toujours considérée comme le facteur le plus important affectant la vitalité de la région, ce qui montre que l'activité de la population active des principaux centres d'emploi de Pékin (Financial Street, CBD, Zhongguancun) peut couvrir les zones à gradient moyen.

Pour les zones à faible gradient, Densité de population (0,013), POI des services publics (0,693), POI des zones résidentielles (0,069), mélange d'utilisation des sols (3,424), densité des routes (181,476), Le PNB (0,000) ainsi que le niveau d'infrastructure (2,735) sont fortement positivement corrélés avec le niveau de dynamisme moyen, la distance à Pôle emploi n'étant plus significativement corrélée. Dans l'ensemble, la zone à faible gradient présente un mécanisme d'influence de vitalité similaire à celui de la zone à gradient moyen, mais avec l'augmentation de la distance de la zone urbaine centrale, le lien entre les résidents de la zone à faible gradient et la zone urbaine centrale de Pékin s'affaiblit encore, et le niveau de vitalité de la zone est principalement affecté par le niveau de divers services de vie locaux et le niveau de développement économique et social. Il est à noter qu'il n'y a pas de corrélation significative entre la distance aux gares interurbaines et les entrées et sorties à grande vitesse et le niveau de vitalité du gradient moyen et bas.

#### 4. Conclusion et discussion

Face à l'objectif d'explorer la répartition spatiale et le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine entre les régions administratives, cet article prend le réseau carré de 2 km × 2 km comme unité de recherche, utilise les données LBS et d'autres mégadonnées urbaines multi-sources pour évaluer avec précision les caractéristiques de répartition spatiale de la vitalité du cercle de navette de Pékin, clarifie la structure du gradient dans la zone d'étude et explore le mécanisme d'influence de la vitalité urbaine dans différentes zones de gradient.

Tout d'abord, le niveau de vitalité spatiale montre des caractéristiques évidentes de différences entre les villes et les zones urbaines et rurales à l'échelle interadministrative, ce qui révèle le schéma inégal de la capacité d'agglomération et du niveau de développement de la population dans le cercle de navette de Pékin. Avec l'amélioration du niveau d'urbanisation, les politiques d'enregistrement des ménages, d'emploi et d'autres politiques connexes continuent d'assouplir les restrictions, et la politique démographique de notre pays montre un changement progressif de la restriction à la promotion de la résidence de la population flottante [ 26 ]. Cependant, le coût élevé du logement et de la vie dans les grandes villes incite encore certains résidents à choisir le mode de trajet centre-bord. Ainsi, l'étude de la vitalité interadministrative permet d'évaluer plus efficacement et plus précisément les caractéristiques de répartition spatiale de la vitalité régionale.

Deuxièmement, sur la base de la théorie du gradient, l'empreinte de marée de vitalité est utilisée pour identifier la couche de gradient de vitalité du cercle de navette de Pékin et la plage de seuil de sa division. D'un point de vue humain, les caractéristiques de distribution spatiale de la vitalité dans les régions à grande échelle sont identifiées en fonction des caractéristiques de comportement spatio-temporel, ce qui peut fournir une référence pour l'étude de la vitalité à l'échelle de la zone métropolitaine et de l' Dans le processus de planification, nous devrions normaliser la répartition des industries dans la zone d'étude, promouvoir la

délocalisation de certaines industries à Pékin, construire plus de centres d'emploi, améliorer la correspondance entre la demande de déplacements des résidents et le système de transport urbain complet, et améliorer progressivement le niveau global de vitalité des zones à gradient moyen et faible.

Troisièmement, grâce à l'analyse du mécanisme de vitalité de chaque ville à gradient, l'étude a révélé qu'il existe des différences dans les facteurs d'influence de la vitalité des zones à gradient élevé, moyen et bas dans le cercle de navette de Pékin, et que l'augmentation de la densité routière et du mélange d'utilisation des terres a un impact positif significatif sur le niveau de vitalité de chaque zone à gradient. La clarification des principaux éléments de l'environnement bâti qui influent sur le niveau de vitalité des différentes zones à gradient aidera à trouver des points de départ pour améliorer la vitalité des villes de la région dans la construction des « trois grands projets » dans le domaine de la construction de la nouvelle ère, tels que le logement abordable, la transformation des « villages urbains » et la construction d'infrastructures publiques « à double usage ».

En identifiant les différents gradients de vitalité urbaine dans le cercle de navette de Pékin, cet article fournit une nouvelle perspective pour l'étude de la vitalité urbaine dans le cercle métropolitain, et fournit une référence raffinée pour l'optimisation de la structure spatiale et l'aménagement rationnel des fonctions de la vitalité régionale. Les études de suivi peuvent tenir compte de la relation entre le niveau de vitalité et la stabilité de la vitalité des jours ouvrables/jours de repos et l'environnement construit dans les différentes zones de gradient, et clarifier davantage les caractéristiques spatio-temporelles de la vitalité urbaine dans les différentes zones de gradient.