

# **Modèle d'évolution de la pertinence urbaine dans le delta du Yangtsé sous la double dimension "hiérarchie-réseau" \***

## **Analyse basée sur les mégadonnées sur les mouvements de population**

[Profil de l'auteur]

Shao Yuntong, planificateur, succursale de Shanghai, Institut chinois d'urbanisme et de conception, shaoyt0824@163.com

Wu Xiao, professeur et directeur de doctorat à l'École d'architecture de l'Université du Sud-Est, secrétaire général du Comité académique de rénovation urbaine de la Société chinoise d'urbanisme, auteur correspondant, seuwxiao9999@163.com

[Résumé] À l'aide de mégadonnées comportementales spatio-temporelles, avec la « mobilité de la population » entre les villes comme voie d'entrée et l'analyse superposée de la double dimension « hiérarchie + réseau » comme idée de recherche, après analyse théorique des méthodes cognitives de corrélation urbaine, des critères d'évaluation de la corrélation urbaine et de leur champ d'application dans la double dimension « hiérarchie - réseau », les préoccupations de la corrélation urbaine du point de vue de la « hiérarchie - réseau » et un système d'indicateurs pour mesurer la corrélation urbaine ont été identifiés et mis en place. Dans le même temps, sur la base de l'optimisation des méthodes d'analyse existantes, l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze a été utilisée comme échantillon pour mesurer quantitativement les changements dans ses indicateurs de corrélation urbaine entre 2015 et 2020, et les six types de modèles d'évolution de la corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze et leurs villes correspondantes ont été affinés par le processus de hiérarchie analytique et l'analyse en grappes. A été constaté que l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze dans son ensemble montrait une tendance de développement de « structure hiérarchique affaiblie » et de « maintien de la stabilité de la corrélation du réseau »; Une structure hiérarchique relativement équilibrée s'est formée au sein de l'agglomération urbaine du delta du

fleuve Yangtze. Parallèlement, dans le réseau national de mobilité de la population, les villes de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze qui jouent un rôle plus important dans le transport et le transfert de population sont encore quelques capitales provinciales; Du point de vue de la superposition bidimensionnelle du "réseau de niveau", les villes du delta du fleuve Yangtze peuvent être divisées en Shanghai et Suzhou avec "la corrélation la plus élevée et la stabilité, l'équilibre bidimensionnel du réseau de niveau", et Hangzhou et Nanjing avec "une corrélation élevée et la stabilité, dominée par la dimension du réseau" en fonction des différences dans leurs modèles d'évolution de corrélation; Existe six types de Hefei, Wuxi, Jinhua et Ningbo, entre autres, avec une forte corrélation mais des fluctuations évidentes, dominée par la dimension du réseau.

[Mots clés] Associations urbaines; Mouvements de population; Delta du fleuve Yangtze; Réseaux urbains; Niveau de la ville

Après l'essor de la société en réseau, « l'espace des flux » est rapidement devenu un objet d'attention des chercheurs en géographie urbaine aux côtés de « l'espace des places». Les chercheurs ont mené des recherches à long terme sur le système urbain et les attributs urbains dans ces deux types d'espaces, et ont formé deux dimensions de recherche distinctes: "hiérarchie" et "réseau". En ce qui concerne « l'association urbaine», sa connotation est fondamentalement cohérente avec « l'interaction spatiale » proposée par Haggett, c'est-à-dire « l'échange continu de matière, d'énergie, de personnes et d'informations entre les villes».

Comme l'a dit Castells, le contexte réaliste du développement urbain à ce stade est "l'interdépendance et la coexistence à long terme de l'espace de lieu et de l'espace de flux". Dans ce contexte, un grand nombre de chercheurs ont reconnu les lois et les caractéristiques de la corrélation urbaine à partir des deux dimensions de la "hiérarchie" et du "réseau", et sont parvenus à un certain consensus selon lequel, bien que la corrélation urbaine sous la dimension de la hiérarchie et la dimension du réseau puisse différer dans sa forme d'expression et sa portée effective, les deux fournissent des moyens efficaces de prêter attention et de mesurer l'état de la

corrélation urbaine dans différentes directions, et ce sont également des perspectives importantes qui doivent être prises en compte et explorées à ce stade. Dans le même temps, ces dernières années, la taille de la population flottante de la Chine et les applications de mégadonnées de comportement spatio-temporel basées sur les services de localisation mobile ont inauguré une croissance explosive, faisant de la "mobilité de la population" un moyen important de reconnaître les connexions urbaines à ce stade.

Cependant, à en juger par les recherches existantes sur les associations urbaines, en raison de l'absence de données universellement consensuelles qui reflètent de manière précise et détaillée les activités de population et les mouvements de population entre les villes, les chercheurs ont souvent mesuré et étudié les associations urbaines par des voies économiques, industrielles, socioculturelles et infrastructurelles traditionnelles, ou bien ont adopté une perspective de recherche efficace sur la « mobilité de la population », mais n'ont pas été en mesure de se concentrer simultanément sur les différences et les liens entre les associations urbaines dans la double dimension « hiérarchie et réseau », ni de définir clairement et efficacement les normes de valeur et les méthodes de mesure pour évaluer les associations urbaines dans la double dimension « hiérarchie et réseau ».

Dans l'ensemble, la recherche existante sur la corrélation urbaine présente également des problèmes tels que la négligence de la population flottante à court terme, le manque de recherche sur le couplage hiérarchie-réseau et le manque de résultats d'analyse dynamique. Cet article utilise le Big Data du comportement spatio-temporel, la « mobilité de la population » entre les villes comme voie d'entrée et l'analyse de superposition de la dimension « hiérarchie-réseau » comme idée de recherche pour optimiser les méthodes d'analyse existantes, mener une étude dynamique de l'évolution de la corrélation urbaine dans les agglomérations urbaines du delta du Yangtsé entre 2015 et 2022 et explorer davantage le modèle d'évolution de la corrélation urbaine du point de vue de la mobilité de la population afin de fournir une référence académique pour explorer les lois de la mobilité de la population, enrichir les voies de recherche de la corrélation urbaine et promouvoir le développement intégré de la région du delta du Yangtsé.

1 Discrimination et analyse des différences de pertinence urbaine dans la double dimension du «

réseau hiérarchique »

### 1.1 Approche cognitive des associations urbaines dans la double dimension "Hiérarchie-réseau"

La reconnaissance de la pertinence urbaine à partir de la dimension hiérarchique est principalement basée sur la « théorie du lieu central » proposée par Christaller: une ville caractérise sa centralité en fournissant des biens et des services à l'extérieur et devient le centre d'une certaine région; Dans le même temps, le centre de niveau inférieur sera contrôlé par le centre de niveau supérieur et deviendra la "zone supplémentaire" de ce dernier. On peut voir que, dans la dimension hiérarchique, les « associations urbaines verticales » sont principalement construites à travers les « structures de répartition des droits entre les villes qui se font concurrence en raison de la concentration des facteurs et de la proximité géographique différentes». Elles ont des caractéristiques directionnelles unidirectionnelles asymétriques de haut en bas et des caractéristiques spatiales de petite envergure et d'atténuation évidente avec la distance. Elles sont principalement utilisées pour influencer la structure hiérarchique de l'échelle du système urbain et déterminer le statut hiérarchique et la puissance des villes.

Pour appréhender les connexions urbaines à partir de la dimension réseau, on peut se référer à la définition et à l'analyse de Castells de concepts tels que « société en réseau » et « espace de flux »: la mondialisation économique a permis aux villes de s'intégrer dans des réseaux de production internationaux en assurant différentes fonctions économiques et en remplissant leurs rôles réciproques respectifs, transformant ainsi les relations interurbaines d'une simple relation de « contrôle-dépendance » en une relation de « collaboration, feedback et complémentarité». On peut voir que, dans la dimension réseau, les « associations urbaines horizontales » sont principalement construites par « des structures interactives et synergiques formées par la coopération entre les villes en raison des différentes fréquences de flux des facteurs et des différences dans les attributs des canaux de connexion » (certains chercheurs pensent également que les associations urbaines dans cette perspective sont également des réseaux urbains étroits). Elles ont des caractéristiques directionnelles bidirectionnelles, voire multidirectionnelles, centrées sur les nœuds de plaque tournante et des caractéristiques spatiales de grande envergure, sans atténuation évidente avec la distance. Elles sont principalement utilisées pour influencer la structure de connexion réseau du système urbain et

déterminer la force du rôle de plaque tournante de la ville.

## 1.2 Critères d'évaluation de la pertinence urbaine dans la double dimension du « réseau hiérarchique »

Ainsi, sur la base de la « méthode cognitive de la pertinence urbaine » susmentionnée, sous la double dimension du « réseau hiérarchique », sous quels aspects la « pertinence » des différentes villes devrait-elle être évaluée? La réponse à cette question peut être trouvée à partir des théories et des preuves suivantes.

### 1.2.1 Critères d'évaluation de la pertinence urbaine selon la dimension hiérarchique

Dans la dimension hiérarchique, sur la base de la théorie du centre de Christaller, les chercheurs ont encore élargi la connotation « centrale » de la ville, mesurant sa force de corrélation en fonction de la « centralité » et de la « puissance de contrôle » de la ville et du rôle de la ville dans le maintien de la stabilité de la structure hiérarchique.

La « centralité » représente en fait la capacité de la ville d'agglomérer des ressources dans le système urbain. Étant donné que, dans la dimension hiérarchique, les associations urbaines sont établies principalement par le « contrôle hiérarchique », la « capacité d'agglomérer des ressources » d'une ville comprend également deux aspects: premièrement, l'ampleur des ressources directement occupées par la ville elle-même-du point de vue des mouvements de population, l'ampleur des ressources directement occupées par la ville peut être mesurée par la « quantité totale de population ( $Q_i$ ) » qui se produit ou attire directement; Deuxièmement, l'échelle des ressources que les villes occupent indirectement en contrôlant d'autres villes. Dans les recherches existantes, les chercheurs effectuent principalement une analyse empirique et des mesures basées sur l'algorithme de "centralité alter-based ( $AC_i$ )" proposé par Neal.

Les recherches empiriques dans ce domaine, qui représentent la capacité des villes à contrôler les flux de ressources dans le système urbain, ont commencé avec le concept de « pouvoir alter-based » ( $AP_i$ ) proposé par Neal. Par rapport à la centralité, le pouvoir de contrôle met l'accent sur la "dépendance" de la ville et son influence potentielle sur les ressources du système urbain. La taille du pouvoir de contrôle d'une ville est principalement déterminée par la position de la ville dans la hiérarchie.

En outre, Christaller et Zipf ont construit une architecture urbaine idéale « pyramidale » basée sur la relation « ordonnance-taille » de la ville, dans laquelle « le gradient de rang (R<sub>Gi</sub>) » entre une ville et les autres est plus grand, plus il est probable qu'il se rapproche du « sommet de la pyramide » du système urbain. C'est un objet plus rare en nombre, plus structurellement indispensable et plus important pour « maintenir la stabilité de la structure hiérarchique du système urbain ».

### 1.2.2 Critères d'évaluation de la pertinence urbaine dans la dimension réseau

Dans la dimension réseau, les chercheurs ont proposé des critères d'évaluation de la pertinence urbaine qui sont clairement différents de la dimension hiérarchique: la pertinence urbaine est jugée par la capacité de la ville à diffuser les éléments du flux, l'influence de la ville sur le flux des facteurs et le rôle de la ville dans le maintien de la stabilité de la structure du réseau.

Capacité de la ville à diffuser des éléments de flux: Wasserman et d'autres chercheurs ont souligné que la capacité d'un nœud à diffuser des éléments de flux dans un réseau est principalement affectée par deux aspects: l'un est la taille de la « centralité proche (CCi) » du nœud dans le réseau, c'est-à-dire que plus un nœud est proche des autres nœuds, plus il est facile pour ce point de transmettre des informations; Le second est le niveau de "balance de liaison (L<sub>Bi</sub>)" entre le nœud et les autres nœuds du réseau, c'est-à-dire que plus le chemin d'association d'un nœud avec d'autres nœuds est direct, équilibré et diversifié, plus le nœud est susceptible de jouer un rôle plus important dans la propagation des éléments de flux.

Influence de la ville sur le flux de facteurs: Burt a été le premier à s'intéresser à cette question dans son étude sur le « trou structurel », tandis que Freeman a donné l'indicateur de « betweenness centrality (BCi) » qui mesure cette caractéristique de corrélation, c'est-à-dire l'influence d'un nœud sur le flux de facteurs dans le réseau en mesurant la fréquence à laquelle ce nœud se trouve sur le chemin le plus court entre d'autres paires de points. Les nœuds du réseau ayant une centralité intermédiaire plus élevée sont plus susceptibles d'avoir un impact significatif sur le flux de facteurs dans le réseau en raison de leur présence sur de nombreux chemins de corrélation et de leurs avantages en matière d'information et de contrôle.

Le rôle des villes dans le maintien de la stabilité de la structure du réseau: Du point de vue de la stabilité de la structure du réseau, certains chercheurs soulignent que l'importance des nœuds devrait également se refléter dans le maintien de la stabilité du réseau par les nœuds. Pour un nœud du réseau, plus il y a de chemins d'association avec d'autres nœuds et plus la "connectivité de point (PCI)" dans le réseau est élevée, plus l'effet de maintien de la stabilité de la structure du réseau est évident.

### 1.2.3 Résumé

Dans l'ensemble, sous la dimension hiérarchique/dimension réseau, les "trois préoccupations de recherche" et les "quatre indicateurs de corrélation" peuvent être utilisés comme couche de critère et couche d'index, respectivement, pour construire une structure hiérarchique pour mesurer la pertinence urbaine.

### 1.3 Pertinence urbaine dans la double dimension du « réseau hiérarchique »

Le champ d'application de la recherche, comme l'a souligné Christaller, "les lieux centraux ne jouent souvent qu'un rôle central dans une certaine zone", et les associations urbaines dans la dimension hiérarchique sont souvent relativement introverties et formées dans les établissements existants; Si l'on en juge par la proposition de Castells selon laquelle « avec la compression de l'espace-temps, les flux d'éléments se développent sans limites et forment des réseaux », les associations urbaines dans la dimension réseau ne sont fondamentalement pas limitées par les frontières administratives/géographiques et présentent une forte extraversion, permettant à la ville de se connecter à un vaste espace en dehors de son habitat. Par coïncidence, ces dernières années, de nombreux chercheurs au pays et à l'étranger ont également considéré la « transcendance de la proximité géographique » et la « connexion non locale » comme les caractéristiques de base de la connexion urbaine dans la dimension du réseau lorsqu'ils ont discuté de la connexion urbaine et du système urbain du point de vue du réseau.

Par conséquent, lors de l'exploration de la « pertinence urbaine dans la dimension hiérarchique», la portée de la recherche et de l'analyse devrait se concentrer sur l'espace interne d'un certain système urbain; Lors de l'exploration de la "pertinence urbaine dans la dimension du réseau", il est nécessaire d'inclure à la fois l'espace interne d'un système urbain comme champ

de recherche et l'espace externe associé au système urbain dans le champ de la recherche et de l'analyse des données. 2 Conception de l'étude

### 2.1 Données de recherche

Les données relatives aux mouvements de population utilisées dans cet article sont recueillies sur les plates-formes Tencent Location et Baidu Migration. Les données sont enregistrées sur les mêmes objets (337 régions administratives à l'exception de la ville de Sansha) et sur des périodes de couverture différentes (influencées par la fermeture des interfaces de données, entre autres, les données utilisées dans cet article sont: les données sur les mouvements de population fournies par la plate-forme Tencent pour 2015-2019 et les données sur les mouvements de population fournies par la plate-forme Baidu pour 2019-2022). Par conséquent, cet article convertit les deux types de données à travers l'intersection des données des deux plates-formes et unifie leur granularité, ce qui permet d'obtenir des enregistrements de chaque ville sur une base quotidienne et par direction de mouvement (y compris les entrées et les sorties) et entre les dix autres villes les plus chaudes.

### 2.2 Méthodologie de recherche et voie technologique

Ce qui précède se concentre sur la pertinence des villes du delta du fleuve Yangtze sous la "dimension hiérarchique" et la "dimension de réseau", et construit une structure hiérarchique à travers" trois préoccupations de recherche "et" quatre indicateurs de corrélation", respectivement. Dans ce qui suit, sur la base de l'idée du "processus de hiérarchie analytique" pour résoudre la taille et le changement de corrélation des villes du delta du fleuve Yangtze dans la double dimension du "réseau hiérarchique", la méthode d "'analyse en grappes" sera introduite pour affiner le modèle d'évolution de la corrélation des villes du delta du fleuve Yangtze.

L'itinéraire technique de cet article est le suivant: Premièrement, analyser l'évolution de divers indicateurs de corrélation dans les villes du delta du fleuve Yangtze de 2015 à 2022; Deuxièmement, les indicateurs de corrélation de chaque ville sont pondérés et superposés par le processus de hiérarchie analytique pour obtenir leur « corrélation de dimension de niveau/réseau » au fil des ans; Troisièmement, sur la base de la "corrélation



hiérarchique/dimension réseau" de chaque ville au fil des ans, le modèle d'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension hiérarchique et la dimension réseau est affiné par l'analyse en grappes; Quatrièmement, les modèles d'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension hiérarchique et la dimension réseau sont superposés pour résumer le modèle d'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze du point de vue de la superposition "hiérarchie-réseau".

### 3 Analyse des caractéristiques d'évolution des indicateurs de corrélation urbaine dans le delta du fleuve

Les agglomérations urbaines du delta du fleuve Yangtze ont non seulement un grand nombre de villes, mais aussi des schémas de changement de corrélation très différents selon les villes. Par conséquent, pour analyser l'évolution des indicateurs, nous procédons à une analyse du processus de changement (c'est-à-dire pour déterminer le schéma de changement de chaque ville au cours de la série chronologique continue « 2015-2022 ») et à une analyse des résultats de changement (c'est-à-dire pour comparer la taille de l'indicateur de chaque ville à deux nœuds temporels « 2015 » et « 2022 ») pour chaque indicateur afin de saisir de manière plus complète et détaillée les caractéristiques d'évolution des indicateurs de corrélation des villes du delta du fleuve Yangtze.

#### 3.1 Caractéristiques d'évolution des indicateurs de corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension hiérarchique

##### 3.1.1 Système d'indices de corrélation des villes du delta du fleuve Yangtze dans une dimension hiérarchique

Selon la "structure hiérarchique de mesure de la pertinence urbaine dans une dimension hiérarchique" résumée précédemment. Le système d'indexation suivant est utilisé pour mesurer quantitativement la corrélation des villes du delta du fleuve Yangtze sous la "dimension hiérarchique". Convient de noter que dans les algorithmes traditionnels de "centralité de transformation" et de "contrôle de transformation" dans le tableau, la relation par défaut entre les villes est une "association bidirectionnelle égale", ce qui conduit à ce que son algorithme déclenche inévitablement une opération de boucle infinie. Par conséquent, cet article juge

d'abord la relation "contrôle/dépendance" entre deux villes quelconques, puis sélectionne les "objets de contrôle" de la ville de mesure pour participer au calcul ③, garantissant ainsi que la logique de calcul est conforme à la "relation de contrôle hiérarchique" dans la dimension hiérarchique.

### 3.1.2 Caractéristiques d'évolution des indicateurs de corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension hiérarchique

Dans l'ensemble, les indicateurs de corrélation entre les dimensions hiérarchiques présentent généralement les caractéristiques d'un processus de changement caractérisé par « des fluctuations importantes et une concurrence féroce entre les villes » et les caractéristiques d'un résultat de changement caractérisé par « des différences importantes de début à fin, avec une baisse générale des indicateurs dans les villes économiquement fortes et une augmentation générale dans les petites et moyennes villes », ce qui montre que, entre 2015 et 2022, les villes économiquement fortes de l'agglomération du delta du Yangtsé ont progressivement affaibli leur attrait pour la mobilité de la population et leur rôle dans le maintien de la stabilité de la structure hiérarchique; Les fonctions et rôles susmentionnés des petites et moyennes villes sont en constante augmentation, ce qui a également conduit à une tendance de développement "équilibrée" dans la région du delta du fleuve Yangtze dans son ensemble.

Plus précisément, à l'exception de l'indicateur « mobilité totale de la population », qui a maintenu une « relation hiérarchique relativement solide » pendant longtemps, les trois autres indicateurs montrent une tendance à « une plus grande disparité entre les villes à différents niveaux, une concurrence féroce entre les villes à un même niveau et une réduction des différences entre les villes au fil du temps ».

En ce qui concerne l'indicateur du "flux total de population", l'état de" Shanghai, Hangzhou, Suzhou et d'autres villes économiquement fortes sont en tête, et les petites villes comme Zhoushan et Chizhou sont relativement arriérées "est maintenu depuis longtemps. Cela montre qu'une relation hiérarchique claire et stable a été formée entre les différentes villes du delta du fleuve Yangtze en fonction de la différence d'échelle des mouvements de population.

En termes d'indicateur de « centralité de changement », la tendance au changement de «

l'intensité des villes hautement centrales diminue et l'intensité des villes peu centrales augmente » est très évidente. Cela montre qu'en termes de « capacité à relier d'autres villes puis à rassembler des ressources », les villes économiquement fortes de l'agglomération urbaine se sont généralement affaiblies, tandis que la plupart des petites et moyennes villes se sont améliorées.

En termes d'indicateur de "contrôle du changement", Shanghai, Suzhou, Hangzhou et d'autres villes économiquement fortes sont le premier échelon, et d'autres petites et moyennes villes sont le deuxième échelon. La concurrence interne à chaque échelon est féroce et l'écart entre les deux échelons se rétrécit progressivement. L'état de changement est relativement significatif. Cela montre que les villes de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze qui ont amélioré leur capacité à « contrôler les flux de ressources » sont principalement des petites villes à faible puissance économique et à développement tardif. En outre, au fil du temps, les relations hiérarchiques entre les différentes villes fondées sur les différences d'intensité du contrôle de la transformation s'affaiblissent progressivement.

L'indicateur « gradient de rang » montre que « Suzhou, Hangzhou, Nanjing et d'autres villes économiquement fortes sont le premier échelon, Jiaxing et Changzhou le deuxième échelon et d'autres petites et moyennes villes le troisième échelon, avec une concurrence féroce au sein de chaque échelon et peu de chevauchements entre les différents échelons ». Parallèlement, comme pour l'indicateur précédent, « non seulement le nombre de villes avec un gradient de rang élevé est faible, mais le gradient de rang est généralement faible en 2015 ». Cela montre que l'écart d'échelle des mouvements de population entre les différentes villes de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze se rétrécit progressivement et que la plupart des villes "maintiennent la stabilité de la structure hiérarchique" diminue progressivement, mais la relation hiérarchique entre les différentes villes basée sur le gradient d'ordre est toujours "des différences évidentes entre les niveaux et une concurrence féroce au sein des niveaux".

### 3.2 Caractéristiques d'évolution des indicateurs de corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension du réseau

#### 3.2.1 Système d'indicateurs de pertinence des villes du delta du fleuve Yangtze dans la dimension réseau

Selon la "structure hiérarchique de mesure de la pertinence urbaine dans la dimension réseau" résumée précédemment, le système d'indexation suivant est utilisé pour mesurer quantitativement la pertinence urbaine dans le delta du fleuve Yangtze dans la "dimension réseau". Convient de noter que, puisque le réseau interurbain de flux de personnes construit dans cet article appartient à un "réseau pondéré directionné", lors du calcul de la "corrélation nodale" dans le tableau 2, l'accessibilité "entre deux villes quelconques ne peut pas être jugée simplement par" l'existence ou l'absence de liens de flux de personnes entre les deux villes". Compte tenu de la spécificité de la reconnaissance des associations urbaines dans la dimension du réseau (en mettant l'accent sur les liens bidirectionnels et en reflétant les relations de collaboration entre les villes), il peut être stipulé que les « deux villes accessibles (citons les villes  $i$  et  $j$ ) » dans le réseau de flux interurbains construit dans le présent document doivent satisfaire simultanément aux deux critères suivants: premièrement, il y a une association bidirectionnelle entre les deux villes et  $R_{ij} > \min R$ ,  $R_{ji} > \min R$ ,  $\min R$  est la moyenne de la taille de tous les flux interurbains; Deuxièmement, pour l'ampleur du mouvement de population bidirectionnel ( $R_{ij}$ ,  $R_{ji}$ ) entre les deux villes, si  $R_{ij} > R_{ji}$ ,  $R_{ij} < 2R_{ji}$  doit être satisfait; De même, si  $R_{ji} > R_{ij}$ ,  $R_{ji} < 2R_{ij}$  doit être satisfait.

### 3.2.2 Caractéristiques évolutives des indicateurs de corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze dans la dimension réseau

Dans l'ensemble, les indicateurs de corrélation dimensionnelle du réseau présentent généralement des caractéristiques de processus de changement de « faible fluctuation » et de « faible différence de début à fin » et des caractéristiques de résultats de changement de « l'écart entre les différentes villes est resté relativement stable », ce qui indique qu'entre 2015 et 2022, les villes du delta du fleuve Yangtze n'ont pas sensiblement changé dans leur capacité à diffuser les mouvements de population, à influencer les mouvements de population et à maintenir la stabilité structurelle du réseau dans tout le pays.

Plus précisément, les deux indicateurs de « centralité intermédiaire » et de « corrélation nodale » présentent les caractéristiques de « grandes différences entre les différentes villes et une différenciation hiérarchique significative »; Cependant, les deux indicateurs de « proximité de la centralité » et de « l'équilibre de corrélation » montrent que « les différences entre les

différentes villes ne sont pas évidentes».

Bien que la « proximité de la centralité » présente un état différent de « réduction de l'intensité des villes à forte centralité et augmentation de l'intensité des villes à faible centralité», elle a également maintenu depuis longtemps la caractéristique de classification de « Shanghai et Hangzhou comme premier échelon, Nanjing et Suzhou comme deuxième échelon, Ningbo, Hefei, Wuxi et Jinhua comme troisième échelon et d'autres villes comme quatrième échelon, avec des compétitions occasionnelles au sein de chaque échelon et aucun chevauchement entre les différents échelons». Cela montre que la différence de "distance entre les villes du delta du fleuve Yangtze et les autres villes du réseau" diminue constamment, mais la relation hiérarchique entre les villes basée sur la différence d'intensité de proximité est toujours relativement stable.

« L'équilibre des corrélations » a montré un état de changement relativement clair: « les villes économiquement fortes telles que Nanjing, Hefei et Hangzhou ont longtemps dominé, et les petites et moyennes villes telles que Xuancheng et Yancheng ont progressivement rattrapé leur retard ». Parallèlement, « l'intensité des villes à forte corrélation a diminué et l'intensité des villes à faible corrélation a augmenté ». Cela montre qu'à mesure que la dépendance des villes économiquement fortes de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze à l'égard des autres villes du réseau augmente progressivement et que la dépendance des petites et moyennes villes à l'égard des autres villes du réseau diminue progressivement, les avantages des villes économiquement fortes de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze en termes d'"équilibre de trajectoire connexe" diminuent.

Sur l'indicateur de « centralité intermédiaire», l'état changeant de « Shanghai et Hangzhou sont le premier échelon, Nanjing et Suzhou le deuxième échelon, Ningbo et Hefei le troisième échelon et d'autres villes le quatrième échelon. Il y a des compétitions occasionnelles au sein de chaque échelon, et les différents échelons ne se chevauchent pas du tout». Cela montre que la différence de "capacité d'influence sur le flux de facteurs" entre les villes du delta du fleuve Yangtze dans la dimension du réseau est toujours très évidente, et la relation hiérarchique formée sur cette base est toujours claire et stable.

En ce qui concerne l'indicateur de « corrélation nodale », la plupart des villes se sont

améliorées dans une certaine mesure, mais on observe clairement que « Shanghai est loin devant, Hangzhou, Nanjing et Suzhou suivent de près et sont très compétitives, tandis que d'autres villes ont maintenu un écart important avec les quatre villes susmentionnées pendant longtemps ». Cela montre que le nombre de chemins de connexion entre les villes du delta du fleuve Yangtze et d'autres villes du réseau augmente progressivement, mais les villes qui jouent un rôle important dans le "maintien de la stabilité de la structure du réseau" sont encore quelques-unes des villes économiquement fortes de l'agglomération urbaine.

#### 4 Extraction du modèle d'évolution de la pertinence urbaine dans le delta du fleuve Yangtze

##### 4.1 Modèle d'évolution de la pertinence urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension fractionnelle

En tant que lien de base pour affiner le modèle d'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze, le processus de hiérarchie analytique (AHP) doit être utilisé pour évaluer quantitativement la force de corrélation de chaque nœud urbain dans le delta du fleuve Yangtze-une matrice de jugement est construite sur la base du modèle de structure hiérarchique construit précédemment, et le poids des facteurs de chaque niveau est déterminé par la méthode de notation experte. Sur cette base, pour toute ville  $i$  de l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze, ses indicateurs de corrélation peuvent être pondérés et superposés pour obtenir la "corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze (DCCPi) dans la dimension hiérarchique" et la "corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze (NCCPi) dans la dimension réseau":

$$DCCPi = 0,356 Qi + 0,258 ACi + 0,268 APi + 0,117 RGi \quad (1)$$

$$NCCPi = 0,314 CCI + 0,18 LBi + 0,249 BCi + 0,257 PCi \quad (2)$$

Étant donné que l'« évolution » est étroitement liée non seulement à la taille de la corrélation, mais aussi à l'état d'évolution de la corrélation elle-même, pour toute ville  $i$  de l'agglomération du delta du Yangtsé, il est nécessaire de calculer plus avant la « taille de la corrélation (DCCPavgi/NCCPavgi) » (c'est-à-dire la moyenne de la corrélation de la ville  $i$  entre 2015 et 2022) et la « variation de la corrélation (DCCPdifi/NCCPdifi) » (c'est-à-dire la différence entre la « corrélation 2022 » de la ville  $i$  et sa « corrélation 2015 ») dans la dimension

hiérarchique/réseau, et de procéder à une analyse systématique en grappes par le biais de la plate-forme d'analyse SPSS après avoir normalisé les données ci-dessus.

Sur la base du pedigree de regroupement systématique, en comparant les deux "écarts inter-classes" (c'est-à-dire d1 et d2) lorsque les villes du delta du fleuve Yangtze sont "divisées en 5 catégories" et "divisées en 4 catégories", le modèle d'évolution de la corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze sous la dimension hiérarchique peut être affiné en 5 types et le modèle d'évolution de la corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze sous la dimension du réseau peut être affiné en 4 types.

#### 4.2 Raffinement du modèle d'évolution de la pertinence urbaine dans le delta du fleuve Yangtze du point de vue de la superposition "hiérarchie-réseau"

Les modèles d'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze sous la dimension fractale extraite ci-dessus sont superposés, et sur la base de l'analyse de la taille de la corrélation de chaque ville et de ses changements, la relation dominante entre les deux dimensions du "réseau hiérarchique" est en outre incorporée et comparée, de sorte que les différents modèles d'évolution et leurs caractéristiques urbaines correspondantes sont finalement résumés comme suit.

Corrélation la plus élevée et la plus stable, équilibre bidimensionnel hiérarchique et réseau (correspondant à Shanghai et Suzhou): cette partie de la ville est depuis longtemps à l'avant-garde de la corrélation dans la double dimension « hiérarchique et réseau », non seulement en tant que centre hiérarchique le plus élevé pour la répartition de la population au sein de l'agglomération, mais aussi en tant que nœud indispensable pour assurer la fluidité de la circulation de la population à travers le pays.

Relations élevées et stables, dominées par la dimension réseau (correspondant à Hangzhou et Nanjing): cette partie de la ville est également restée à un niveau élevé depuis longtemps. Même si elle appartient au premier échelon avec Shanghai et Suzhou dans la dimension réseau, il existe encore un certain écart avec les deux villes ci-dessus dans la dimension hiérarchique. On peut voir que cette partie de la ville n'est pas seulement un centre de deuxième niveau pour la distribution de la population dans l'agglomération urbaine du delta du Yangtsé, mais aussi l'un

des nœuds clés les plus importants qui assument la fonction de mobilité de la population à l'échelle nationale.

La corrélation est élevée mais fluctuante, et la dimension réseau domine (correspondant à Hefei, Wuxi, Jinhua, etc.): la corrélation de cette partie de la ville est également restée relativement stable à un niveau élevé, en particulier dans la dimension réseau, elle est assez proche de Hangzhou et Nanjing, mais il existe encore un écart important dans la dimension hiérarchique. On peut voir que cette partie de la ville est un centre de troisième niveau de distribution de la population dans l'agglomération urbaine du delta du Yangtsé, et en même temps, elle est un nœud secondaire important pour assurer la circulation fluide de la population dans tout le pays.

Le point de départ de la corrélation est élevé mais diminue progressivement et la dimension hiérarchique domine (correspondant à Changzhou et Yangzhou): cette partie de la ville a toujours eu une faible corrélation dans la dimension de réseau, alors que la corrélation dans la dimension hiérarchique était autrefois en avance sur Jinhua et Ningbo, mais a progressivement diminué avec le temps. On peut voir que cette partie de la ville était également un centre de troisième niveau pour la distribution de la population au sein de l'agglomération, mais sa hiérarchie centrale a progressivement diminué avec le temps. Parallèlement, elle a longtemps souffert de lacunes dans les échanges de population avec les villes en dehors de l'agglomération du delta du Yangtsé et son statut et son rôle dans le réseau de flux interurbains n'est pas important.

Les corrélations sont faibles, mais on observe une croissance marquée, dominée par la dimension hiérarchique (correspondant à Yancheng, Taizhou, Xuancheng, etc.): bien que le niveau de corrélation soit proche de la fin, cette partie de la ville a connu une forte croissance entre 2015 et 2022 (en particulier, la croissance de la dimension hiérarchique est plus prononcée), ce qui indique que cette partie de la ville, bien que peu élevée, a montré une nette tendance à la croissance, avec la possibilité de devenir un centre de troisième niveau au sein de l'agglomération, tandis que ses échanges de population avec les villes en dehors de l'agglomération du delta du Yangtsé présentent des lacunes évidentes et constituent le nœud le plus courant du réseau national de flux de personnes.



La corrélation est la plus faible et la plus stable, l'équilibre bidimensionnel entre les réseaux hiérarchiques (correspondant à Jiaxing, Zhoushan, Anqing, etc.): cette partie de la ville est depuis longtemps à la fin de la corrélation, non seulement avec le temps, mais elle manque également de points forts dans l'une ou l'autre des dimensions du « réseau hiérarchique », ce qui montre que cette partie de la ville a non seulement une faible capacité d'absorption de la population au sein de l'agglomération, mais qu'elle a également moins d'échanges de population avec les villes en dehors de l'agglomération du delta du Yangtsé, et qu'elle est le membre le plus « populaire » de la hiérarchie au sein de l'agglomération et du réseau de flux de personnes à l'échelle nationale.

## 5 Conclusions et débats

### 5.1 Conclusions

Cet article prend la « mobilité de la population » entre les villes comme voie d'entrée et l'analyse de superposition bidimensionnelle « Hierarch-Network » comme idée de recherche. Sur la base d'une analyse théorique, il établit les préoccupations pour reconnaître la pertinence urbaine du point de vue du « Hierarch-Network » et un système d'indicateurs pour mesurer la pertinence urbaine. Après avoir analysé l'évolution de la pertinence urbaine dans l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze sous la double dimension « Hierarch-Network » entre 2015 et 2020, il tire les conclusions suivantes:

① En ce qui concerne les caractéristiques changeantes de l'indice de corrélation, dans la dimension hiérarchique, les villes du delta du fleuve Yangtze présentent les caractéristiques changeantes de "la différence d'intensité de corrélation entre les différentes villes continue de diminuer au fil du temps"; Dans la dimension du réseau, la corrélation urbaine du delta du fleuve Yangtze montre généralement les caractéristiques de changement de "faible plage de fluctuation" et de "petite différence de bout en bout"-les phénomènes ci-dessus indiquent ensemble que l'agglomération urbaine du delta du fleuve Yangtze dans son ensemble montre une "structure hiérarchique affaiblie" et une "stabilité de la corrélation du réseau" Tendence de développement.

Quant au modèle d'évolution de la corrélation dans la dimension fractale, dans la dimension

hiérarchique, non seulement le modèle d'évolution de la corrélation dans les villes du delta du Yangtsé est plus typé, mais le nombre de villes de différents types est relativement proche, tandis que les villes à forte corrélation sont généralement regroupées autour du groupe de villes de la ceinture "Nanjing-Changzhou-Wuxi-Suzhou-Shanghai", ce qui montre qu'une structure hiérarchique relativement équilibrée s'est formée au sein de l'agglomération urbaine du delta du Yangtsé et confirme que les grandes villes avec une population relativement importante et une concentration de capitaux et de technologies peuvent effectivement produire un effet radiatif positif sur l'extérieur, ce qui stimule le développement des villes environnantes; Du point de vue du réseau, non seulement les villes du delta du fleuve Yangtsé ont moins de types, mais le nombre de villes de différents types varie considérablement. Dans le même temps, les villes les plus connectées sont généralement des centres économiques tels que les capitales provinciales et les municipalités. Il n'y a pas de tendance spatiale évidente à l'agglomération, ce qui indique que dans le réseau national de mobilité de la population, les villes du delta du fleuve Yangtsé qui jouent un rôle plus important dans le transport et le transport de la population sont encore quelques capitales provinciales.

On peut distinguer six types d'évolution de la corrélation entre les villes du delta du Yangtsé entre 2015 et 2022 du point de vue de la superposition des deux dimensions de la hiérarchie et du réseau. Il convient de noter que les villes dominées par la dimension du réseau sont généralement des villes économiquement fortes au sein des agglomérations urbaines où la population est importante et où le niveau d'urbanisation est élevé. Étant donné que les mouvements de population caractérisent en fait les flux et les changements de divers facteurs tels que le capital, l'information et la technologie, il n'est pas difficile de juger qu'à ce stade, si les villes ont l'intention de stabiliser ou d'améliorer leur niveau de développement économique, elles doivent prendre l'initiative de s'intégrer dans les réseaux nationaux et plus vastes d'échange de facteurs et de production.

## 5.2 Discussion

Si les six types de villes obtenues par le « raffinage du modèle » dans cet article sont utilisés comme base, des recherches ultérieures peuvent explorer davantage la corrélation entre « l'ampleur et le changement de la corrélation » et les « facteurs d'influence externes » tels que

l'économie, la société et l'environnement, puis résumer davantage l'évolution de la corrélation urbaine dans le delta du fleuve Yangtze du point de vue du « réseau hiérarchique» Mécanisme d'influence.

En outre, cet article prend la mobilité de la population interurbaine comme voie de construction des connexions urbaines et explore les changements des connexions urbaines sur cette base. Des recherches ultérieures peuvent construire des connexions urbaines basées sur des éléments connexes traditionnels tels que les infrastructures, les industries économiques, la culture sociale et d'autres, et reconnaître l'évolution des connexions urbaines dans la perspective ci-dessus; De plus, en raison de la limitation des sources de données, cet article n'a pas été en mesure d'éliminer l'impact de la population flottante dans les zones rurales des communautés urbaines sur la « pertinence urbaine». Le contenu ci-dessus est une direction qui peut être étudiée plus avant, mais cela n'affecte pas la signification de référence des conclusions de cet article.