

# 基于内在空间距离的三生融合性估计

——以扬中市为例

张文彬<sup>1</sup>, 方玮轩<sup>2</sup>, 马江洪<sup>1</sup>

(1. 长安大学理学院, 陕西 西安 710064)

(2. 香港中文大学未来城市研究所, 香港 999077)

[摘要] 在三生空间研究中,三生融合一直处于概念定性范畴. 如何量化出三生空间背后的空间相关性并估计三生融合状态对于调控各行政单元上的三生发展具有重要的指导意义. 本文首先将研究对象间的三生空间关系通过内在空间距离进行估计,其中内在空间距离能够同时刻画出研究对象间的直线距离与三生结构差异. 然后根据内在空间距离测算结果将三生融合定义为任意研究对象与研究区域中其余研究对象的空间关系总和相等. 最后通过所有研究对象上的空间关系总和的差异程度来量化分析研究区域的三生融合性. 实验结果表明,本文的方法能够有效地估计出研究区上的三生融合状态,并对如何进一步提升三生空间融合度具有指导意义.

[关键词] 内在空间距离,三生融合,空间关系

[中图分类号] P91 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2019)01-0132-07

## Evaluation of Production-Living-Ecology Integration Based on Intrinsic Spatial Distance

—A Case Study of Yangzhong City

Zhang Wenbin<sup>1</sup>, Fang Weixuan<sup>2</sup>, Ma Jianghong<sup>1</sup>

(1. College of Science, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

(2. Institute of Future Cities, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China)

**Abstract:** In the study of production-living-ecology (PLE) space, PLE integration is still a conceptualized idea. Quantifying the spatial relationship of PLE space is significant to reveal the integration state of PLE space and further promote PLE integration. In this paper, the spatial relationship of PLE space between any two objects is evaluated with intrinsic spatial distance which can capture their PLE structural difference and physical distance at the same time. According to the calculations of intrinsic spatial distance, the spatial relationship between one object and the whole objects is defined as the sum of the spatial relationships between this object and all other object. Then, PLE integration is defined as any object has the same spatial relationship with respect to the whole objects. Finally, the variation of the spatial relationship on each object with respect to the whole objects is quantified to analyze the integration state of PLE space. The experimental results show that the proposed method can effectively evaluate the integration state of PLE space in the study area, and it also has significance for how to further develop the PLE integration.

**Key words:** intrinsic spatial distance, production-living-ecology integration, spatial relationship

生产、生活和生态是人类生存发展的三个重要因素. 生产空间满足人类生存状态所需要的最基本的物质需求,生活空间满足人类发展状态最基本的空间需要,生态空间满足维持人类生产、生活活动正常运行所需要的环境条件<sup>[1]</sup>. 基于三生空间的概念,土地空间可分为生产空间、生活空间和生态空间. 生产空间是生产的承载,是经济社会的表征和自然生态的影响因素. 生活空间是生活的承载,是社会生态的表征

收稿日期:2018-09-10.

基金项目:国家自然科学基金(41671174、11261044).

通讯联系人:马江洪,博士,教授,硕士生导师,研究方向:时空统计分析. E-mail:ma.jh@126.com

和自然生态的影响因素.生态空间是生产、生活的承载,也是它们的综合表征<sup>[2-3]</sup>.

三生空间划分方法与国际公认的可持续发展三大支柱概念不谋而合.经济的快速发展导致中国人地关系紧张,特别是处于经济快速发展阶段的城市,三种空间关系之间的冲突不断加剧<sup>[4-5]</sup>.一方面,城市扩张占据了城市或城镇中心周边地区的优质耕地,导致经济发展与国家粮食安全之间的棘手冲突.另一方面,大量的森林和草原被占用,导致城市化与生态保护之间严重不相容<sup>[3]</sup>.未利用地一直被认为是耕地的后备资源,但被建设用地占用是常见现象,也正因如此,许多具有重要生态价值的土地都被生产和生活空间所占据<sup>[6]</sup>.为了平衡生态保护、粮食安全和经济社会发展之间的关系,有必要先平衡生产、生活和生态这三个空间之间的关系<sup>[7-8]</sup>.研究三生空间内部关系,实现三生融合是解决不同功能空间之间冲突,协调人地关系以及最终实现中共十八大报告中明确提出的“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的重要前提<sup>[1,4-5]</sup>.

各个行政区域上的三生空间状态往往各不相同<sup>[6-9]</sup>.探索挖掘出某一研究区中同一等级的行政单元间的不同的三生空间之间所存在的关联度对于我们如何调控各行政单元上的三生发展具有重要的指导意义<sup>[10]</sup>.现有的文献大多使用一些统计量(指标)来刻画空间关系<sup>[11-16]</sup>.基于区域的指标旨在构建用于测量全局或局部空间自相关的定量标准,Moran's I 和 Geary's c 是目前被广泛接受的空间自相关统计量<sup>[17]</sup>.但是 Moran's I 和 Geary's c 仅衡量空间关联的全局模式,因此它们不能识别出具有空间异质性的局部区域,并且随机性具有显著的局部偏差.空间关联的局部指标(LISA 统计量)在一定程度上改善了这种全局性指标的劣势<sup>[18]</sup>.LISA 将全局指标(例如 Moran's I)分解为其各个位置上的贡献.本质上,LISA 统计量度量每个位置附近的局部空间自相关程度.也就是说,它描述了某些局部区域的空间自相关性.然而,所有这些指标都需要指定权重矩阵来规定空间位置的邻接性,并使得距离效应在所有指定方向上相同<sup>[19]</sup>.

目前关于三生融合的研究旨在分析研究区域是否同时具有生产、生活、生态功能<sup>[9,20-22]</sup>,然而,一定大小的研究区域必然满足这一条件<sup>[1]</sup>,因此,三生融合的研究应适应任意的研究尺度,不光探索区域是否同时具有三生功能性,更应进一步探索分析三生空间发展的和谐性,即三种空间在不同尺度下的融合度.为此,本文首先以三生空间关系为出发点,采用内在空间距离对三生空间中任意研究对象间的空间关系进行估算.随后根据所估计出的三生空间关系,将任意研究对象与研究区域内所有研究对象的空间关系估计值的和作为该研究对象的三生空间关系总和.最终,研究区域上的三生融合就定义为所有研究对象的三生空间关系总和相等,并进一步提出 FZ 指数对该定义下的三生融合度进行量化分析.

## 1 三生空间测度方法

### 1.1 三生空间关联路径

一个空间关系的基石是地理空间中任意两点间的关联性,而两个远距离点间的联系应该通过一条经过其它点的路径平稳地传播,每两个临近点间的属性变化应当趋于平缓<sup>[23]</sup>.也就是说,任意一点与另一远处点的相关性是通过这种相关性的传播所得到的.对于三生空间而言,任意两点间的三生属性应该沿着某一路径平缓变化.因此,探寻某一区域三生空间关系的问题就转化为寻找两点间的关联路径,其中两点间的关联路径是通过整合局部间地理特征和三生属性的差异所得到.

图 1 展示了 A、B 两点间 3 条不同的关联路径,各个位置上的属性值通过图像的灰度值表示.其中  $\Gamma_1$  仅仅考虑了两点间的物理距离,即该关联路径仅仅保证了总体地理距离最小,却并未考虑路径中存在局部属性值的剧烈差异.而  $\Gamma_3$  虽然考虑了属性距离,使得该关联路径上属性值的变化非常平缓,但却过度忽略了物理距离上的影响.综合考虑物理距离与属性距离, $\Gamma_2$  这条关联路径不仅使得属性值随着关联路径变化平缓,同时也使得关联路径的总物理距离在属性平缓变化条件下达到最小.因此对于 A、B 两点来说,

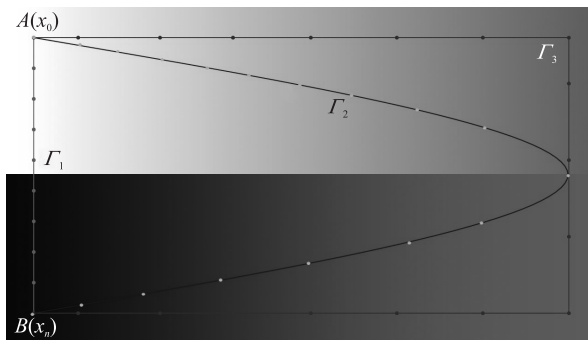


图 1 A、B 两点间 3 条不同的关联路径  
Fig. 1 Three different paths along which A and B are related

其上的属性值差异可以通过  $\Gamma_2$  进行高效传播,也就是说  $\Gamma_2$  才是  $A, B$  两点间真正的关联路径. 本文在梁怡等人提出的内在空间距离基础上,结合基于土地功能量化的三生属性测度对三生空间中任意两点间的关联路径进行刻画.

### 1.2 三生空间关系测度

在三生空间背景下,本文首先对任意两点  $x, y$  间的三生属性距离  $d^a(x, y)$  进行定义:

$$d^a(x, y) = \sqrt{(x^P - y^P)^2 + (x^L - y^L)^2 + (x^E - y^E)^2}, \quad (1)$$

式中,  $x^P, y^P$  为生产属性量值,  $x^L, y^L$  为生活属性量值,  $x^E, y^E$  为生态属性量值. 该定义充分测度了任意行政单元间三生属性的结构差异,单个属性上的不足不会因为其他属性上的优越而被弥补. 事实上,这种一弱一强的情况会使两点间的三生属性距离远大于只有单个属性具有差异的情况.

通过三生属性距离,  $\varepsilon$  空间距离可以如下定义:

$$d^\varepsilon(x, y) = \begin{cases} e^{cd^a(x, y)} - 1 + cd^g(x, y), & \text{当 } d^g(x, y) < \varepsilon, \\ \infty, & \text{其他,} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $c$  是大于零的常数,用来惩罚  $x$  和  $y$  两点间的显著性差异;  $d^g(x, y)$  是  $x$  和  $y$  的直线距离;  $\varepsilon$  为预先设定的临域范围,该范围表示两对象能够不借助其余对象而进行关联的允许范围. 事实上,物理空间中距离很远的两点很难对其进行直接关联,即使这两点的属性值完全一致. 相应地,如果这两点在实际中相邻近而且属性值也十分接近的话,这两点间就可以认为具有直接的联系.  $\varepsilon$  空间距离就是用来刻画这种直接联系,更进一步地说,  $\varepsilon$  空间距离是计算内在三生空间距离的初步工作,它能够刻画出所研究空间中关于关联路径的连通性.

在此基础上,任意两点  $x_0, x_n$  间一关联路径  $\Gamma = (x_0, \dots, x_n)$  的测度为

$$\sum_{i=1}^n d^\varepsilon(x_i, x_{i-1}). \quad (3)$$

通过这种方式构造出来的距离不仅可以同时计算出关联路径上的地理特征差异与三生属性差异,也对局部的三生属性剧烈变化予以惩罚. 当  $x$  和  $y$  两点间的三生属性差异  $d^a(x, y)$  很小时,  $d^\varepsilon(x, y)$  近似等价于  $c[d^a(x, y) + d^g(x, y)](e^{cd^a(x, y)} - 1 \approx cd^a(x, y))$ . 此时,局部测度  $d^\varepsilon(x, y)$  等于地理距离与三生属性距离的和再乘以一个放缩因子  $c$ ,并最终得到一个相对较小的值. 当  $x$  和  $y$  两点间的三生属性差异  $d^a(x, y)$  很大而地理距离  $d^g(x, y)$  又很小时,式(2)对这种三生属性上的显著变化采取了指数式的惩罚. 随着两点间三生属性差异的增大以及指数函数  $e^{cd^a(x, y)}$  的特殊性质,局部测度  $d^\varepsilon(x, y)$  也会随着三生属性差异的增大而呈指数式上升. 因此,如果关联路径  $\Gamma$  的值很大,则至少地理距离或者三生属性距离中的某一个的值也很大,这意味着  $x_0$  和  $x_n$  间的关联性应当很弱. 相应的,如果关联路径  $\Gamma$  的值很小,则地理距离与三生属性距离的值都很小,这意味着  $x_0$  和  $x_n$  间的关联性应当很强.

通过上述讨论,三生空间中任意一条关联路径的长度都可以通过式(3)计算. 而三生空间中任意两点间的关联路径应当尽可能小<sup>[23]</sup>,也就是说三生空间中任意两点  $x_0$  和  $x_n$  间的空间关系可以通过下述内在空间距离来进行量化表示,

$$d^{ISD}(x_0, x_n) = \min_{(x_0, \dots, x_n) \in \Gamma_\varepsilon(x_0, x_n)} \sum_{i=1}^n d^\varepsilon(x_i, x_{i-1}), \quad (4)$$

式中,  $d^{ISD}(x_0, x_n)$  和  $\Gamma_\varepsilon(x_0, x_n)$  分别表示  $x_0$  和  $x_n$  间的内在空间距离和  $x_0, x_n$  间所有可能的关联路径的集合. 内在空间距离越小,两点之间的相关性越强,反之亦然.

### 1.3 三生空间融合性测度

目前对于三生融合的研究尚处于概念阶段. 大多研究专注于探讨单一研究区上是否同时具备生产、生活、生态功能,然而对多研究对象间三生结构融合性的研究缺乏经验. 本节在三生空间相关性量化结果的基础上为区域三生结构融合性的研究提供一种思路与方法.

研究区域的三生空间结构是由次级尺度下研究对象上的三生空间结构所组成,因此三生融合性的研究可以在次级尺度下研究对象间的三生空间关系上展开. 对单个对象  $x_0$  来说,其与研究区域的三生空间关系可以表示为  $x_0$  与研究区内其他同级研究对象  $x_i$  的空间关系总和,即

$$\sum_{i=1}^n d^{ISD}(x_0, x_i), \quad (5)$$

式中,  $n$  表示研究区内除  $x_0$  外其他同级研究对象的数量. 该和直观地反映出了对象  $x_0$  对于研究区域内所有同级研究对象的整体三生空间相关性程度, 而拥有最小空间关系总和的对象与其他同级研究对象的三生空间关系最为紧密. 事实上, 三生结构的融合不代表任意同级研究对象的三生空间结构应当相同, 因此本文将三生融合定义为: 研究区域内所有同级研究对象的空间关系总和相等.

为了更直观地对研究区域的三生融合度进行量化分析, 本文提出一个三生空间融合性量化指标  $FZ$ :

$$FZ = \min_i \sum_{j \neq i} d^{ISD}(x_i, x_j) / \max_i \sum_{j \neq i} d^{ISD}(x_i, x_j), \quad (6)$$

该指标描述了同级研究对象间关于三生空间关系总和的离散程度或变异程度.  $FZ$  的值位于 0 到 1 之间, 且  $FZ$  越趋近于 1, 表示该研究区域的三生融合性越高.

## 2 实验与分析

### 2.1 研究区概况与数据来源

扬中市位于  $119^{\circ}42'E$ — $119^{\circ}58'E$ ,  $32^{\circ}00'N$ — $32^{\circ}19'N$ , 是长江中下游的一座岛市, 也是长江中的第一大江心洲, 北面与泰州市、扬州市一江相隔, 西面与镇江新区、丹阳相邻, 南面毗邻常州新北区, 市辖 1 个街道(三茅街道)、4 个乡镇(新坝镇、油坊镇、八桥镇、西来桥镇)和 1 个经济开发区. 本文选取这 6 个镇级行政单位进行三生空间关系及融合性估计, 具体原因如下: (1) 基于扬中市的社会经济发展态势, 各镇级行政单位满足同时具有生产、生活、生态三种功能这一特征, 便于开展三生融合度的测算; (2) 研究区实验旨在验证本文所提三生空间测度方法的可行性, 镇级尺度更有助于简单直观地体现方法的测算过程及效应; (3) 镇级尺度还可以一定程度上体现城乡发展状况.

本文所用社会经济数据主要源于 2016 年《扬中市统计年鉴》、《扬中市统计公报》和《扬中市政府工作报告》. 土地利用现状数据主要源于扬中市 2016 年土地利用变更调查数据, 土地类型面积数据以土地利用变更调查数据库为准. 扬中市土地现状数据以及土地利用总体规划数据库均由扬中市国土资源局提供. 各镇级行政区域上的生产价值、生活价值与生态价值采用李广东等人提出的三生价值量化方法进行计算<sup>[1]</sup>.

### 2.2 镇级尺度下扬中市三生空间关系度量

根据地理学第一定律相近相似原理, 在空间中相邻近的行政单元间应该具有较为相似的三生空间结构. 然而许多情况下, 一个行政单元上的三生空间会受到政策等人为因素的干扰而导致与相接壤的行政单元间的三生空间差异较大. 在这种意义下, 两个行政单元间的临近程度不应由直线距离所决定, 而是要综合考虑其三生属性距离与直线距离. 事实上, 直线距离甚远的两个行政单元间, 即使三生属性完全一致也无法关联在一起. 同样的, 如果两个行政单元间的三生属性差距很大, 即使它们相互接壤也无法在三生空间中相关联. 本节的实验以镇级行政单元为视角对扬中市的三生空间关系进行测度. 因此,  $\varepsilon$  空间距离中的  $\varepsilon$ -临域在此可以替换为各个行政单元间的连通性, 即两个行政单元是否接壤:

$$d^{\varepsilon}(x, y) = \begin{cases} e^{cd^a(x, y)} - 1 + cd^g(x, y), & x \text{ 与 } y \text{ 接壤}, \\ \infty, & x \text{ 不与 } y \text{ 接壤}. \end{cases} \quad (7)$$

三生空间中相关联的 2 个对象间应该在三生属性上相似, 同时在物理空间中应相互位于一定的可达范围之内. 根据各镇级行政区域上的生产、生活、生态价值, 本节使用内在空间距离分别计算出了任意两个镇级行政单元间的生产、生活、生态空间关系, 结果如表 1 所示. 对于生产空间而言, 扬中市在镇级尺度下被划分为 2 个生产联合体: 新坝镇—三茅镇—开发区联合体与油坊镇—八桥镇—西来桥镇联合体. 这是由于生产活动“同性相吸”的特征导致的, 相似经济发展水平的区域, 生产空间相关性更强. 对于生活空间而言, 扬中市在镇级尺度下被划分为 3 个生活联合体: 新坝镇—三茅镇联合体, 开发区—油坊镇—八桥镇联合体与西来桥镇单独联合体. 这是由于生活效应往往具有从上至下的辐射性与带动性, 西来桥镇由于四面环水而成为了较为逼仄的单独生活区. 对于生态空间而言, 扬中市在镇级尺度下同样被划分为 3 个生态联合体: 新坝镇单独联合体, 三茅镇—开发区—油坊镇联合体与八桥镇—西来桥镇联合体. 可见生态效应与产业发展, 特别是第二产业联系紧密, 开发区作为扬中市工业产业的集聚地, 其生态空间则对毗邻两镇产生影响.



表 1 各镇级行政单元间生产空间、生活空间和生态空间的内在空间距离

Table 1 Intrinsic spatial distance between each two town with respect to production space, living space and ecology space respectively						
生产空间	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.045	0.051	0.096	0.098	0.174
三茅镇	0.045	0.000	0.006	0.051	0.053	0.129
开发区	0.051	0.006	0.000	0.057	0.059	0.134
油坊镇	0.096	0.051	0.057	0.000	0.002	0.078
八桥镇	0.098	0.053	0.059	0.002	0.000	0.075
西来桥镇	0.174	0.129	0.134	0.078	0.075	0.000
生活空间	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.053	0.134	0.124	0.135	0.155
三茅镇	0.053	0.000	0.081	0.071	0.082	0.102
开发区	0.134	0.081	0.000	0.011	0.001	0.021
油坊镇	0.124	0.071	0.011	0.000	0.011	0.031
八桥镇	0.135	0.082	0.001	0.011	0.000	0.020
西来桥镇	0.155	0.102	0.021	0.031	0.020	0.000
生态空间	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.449	0.722	0.788	1.453	1.913
三茅镇	0.449	0.000	0.273	0.339	1.004	1.464
开发区	0.722	0.273	0.000	0.066	0.731	1.191
油坊镇	0.788	0.339	0.066	0.000	0.796	1.256
八桥镇	1.453	1.004	0.731	0.796	0.000	0.460
西来桥镇	1.913	1.464	1.191	1.256	0.460	0.000

表 2 对扬中市三生空间中各镇级行政单元间的物理距离、属性距离以及内在空间距离进行了计算与展示,其中物理距离为各行政单元地块的重心距离. 从表 2 中可以看出,扬中市镇级尺度下的直线距离与三生属性距离具有不同的层级结构. 这意味着仅通过直线距离或三生属性距离无法对扬中市镇级尺度下三生空间关系做出一个稳定的估计,其中三茅镇与八桥镇在直线距离与属性距离视角下具有不同的空间相关性结构. 为了解决这种矛盾,一方面本文的内在三生空间距离将直线距离与三生属性距离进行结合,综合考虑空间可达性与三生结构差异性,使得对三生空间关系的测度处于一种和谐状态;另一方面,对于三生空间总体而言,扬中市在镇级尺度下被划分为 3 个三生空间联合体:新坝镇单独联合体、三茅镇—开发区—油坊镇联合体与八桥镇—西来桥镇联合体. 这一结果与生态空间的划分结果一致,可见镇级尺度下扬中市的生态功能的影响性远大于生产与生活功能的影响性.

表 2 各镇级行政单元间的直线距离、三生属性距离和内在空间距离

Table 2 Position-position distance, PLE-attribute distance and intrinsic spatial distance between each two town respectively						
直线距离	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.716	1.532	1.963	2.458	3.369
三茅镇	0.716	0.000	0.816	1.248	1.743	2.653
开发区	1.532	0.816	0.000	0.642	0.926	1.837
油坊镇	1.963	1.248	0.642	0.000	0.747	1.658
八桥镇	2.458	1.743	0.926	0.747	0.000	0.911
西来桥镇	3.369	2.653	1.837	1.658	0.911	0.000
属性距离	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.377	0.631	0.694	1.183	1.569
三茅镇	0.377	0.000	0.254	0.316	0.806	1.191
开发区	0.631	0.254	0.000	0.085	0.552	0.937
油坊镇	0.694	0.316	0.085	0.000	0.612	0.998
八桥镇	1.183	0.806	0.552	0.612	0.000	0.386
西来桥镇	1.569	1.191	0.937	0.998	0.386	0.000
内在距离	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
新坝镇	0.000	0.565	1.109	1.361	1.890	2.558
三茅镇	0.565	0.000	0.544	0.795	1.324	1.992
开发区	1.109	0.544	0.000	0.364	0.781	1.449
油坊镇	1.361	0.795	0.364	0.000	0.732	1.400
八桥镇	1.890	1.324	0.781	0.732	0.000	0.668
西来桥镇	2.558	1.992	1.449	1.400	0.668	0.000

注:直线距离的数量级为 10<sup>4</sup>;属性距离的数量级为 10<sup>11</sup>;内在距离的数量级为 10<sup>1</sup>.

2.3 镇级尺度下扬中市三生融合性估计

表 3 为扬中市镇级尺度下各镇对其余各镇的三生空间关系之和,其中与全体研究对象三生空间关系最紧密的镇为开发区,最不紧密的镇为西来桥镇. 开发区的三生空间关系总和为 5.753,西来桥镇的三生空间关系总和为 10.428. 由式(6)可得,镇级尺度下扬中市的三生融合性估计值  $FZ=5.753\div10.428\approx0.5517$ ,这意味着扬中市目前在镇级尺度下的三生空间并未达到融合发展,程度大致为 55.17%. 事实上,西来桥镇对扬中市的三生空间关联程度相较于开发区而言弱了将近 1 倍.

表 3 各镇级行政单元对扬中市的三生空间关系测度

Table 3 Overall intrinsic spatial distance of PLE space between Yangzhong and each its town

行政单元	新坝镇	三茅镇	开发区	油坊镇	八桥镇	西来桥镇
三生空间关系总和	10.038	7.176	5.753	6.258	6.785	10.428

图 2(a)、(b)分别展示了开发区和西来桥镇在扬中市的三生空间关系示意图. 通过比较可以发现,开发区处于扬中市的心脏地带,在交通上具有重要的承接作用. 同时,开发区与其余镇的三生空间联系整体强于西来桥镇. 因此,位于扬中市边缘地带的西来桥镇在整个扬中市三生空间格局中无法与其余镇构成有机的总体. 除了加强西来桥镇的三生发展外,与其余镇间的交通网络也应当大力建设.

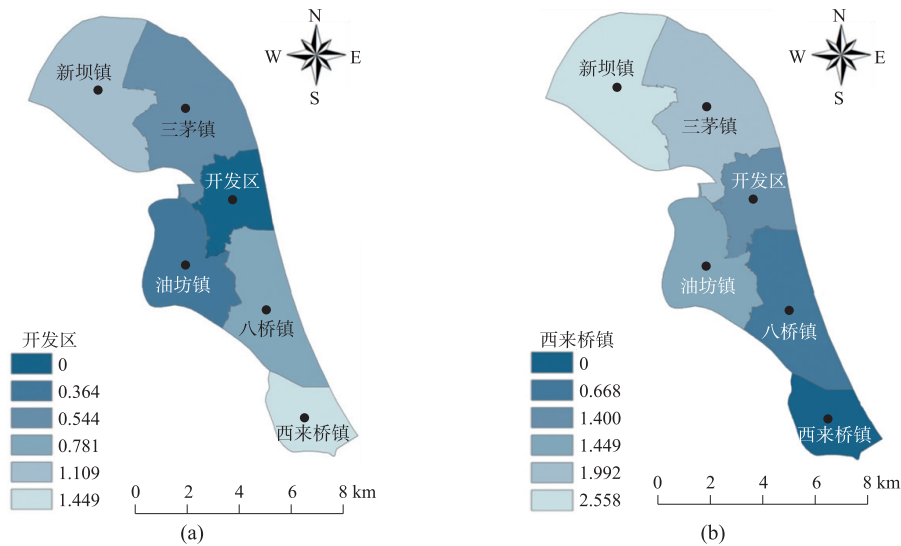


图 2 扬中市三生总体空间关系示意图  
Fig. 2 Illustration of PLE spatial relationships in Yangzhong

3 结语

本文采用内在空间距离对扬中市镇级尺度下的三生空间关系进行量化分析,在测算三生空间关系的基础上,将三生融合定义为所有研究对象都具有相同的三生空间总和,其中任意研究对象的三生空间总和为该研究对象与其余同级研究对象的三生空间关系总和,并进一步构造  $FZ$  指数对三生融合性进行量化分析,最后将所有方法在扬中市镇级尺度下进行实施验证,结果表明:

(1) 内在空间距离能够有效地将物理距离与三生属性结构差异性进行结合,从而全面对三生空间关系进行刻画. 对于任意尺度下行政单元间的三生空间关系亦都可以通过内在三生空间距离进行量化分析. 扬中市镇级尺度下的生产空间具有“同性相吸”性,生活空间具有从上而下的带动性,生态空间受第二产业影响较大,且相较于生产空间与生活空间发展较为不足.

(2) 对于一个研究区来说,不同区位上的三生空间结构应当允许存在一定的差异性,即三生融合不代表所有行政单元都应具有完全相同的三生价值. 除了对研究区上三生功能的测算外,三生融合更应体现在研究区域上各研究对象间三生空间结构的相容性. 实验结果表明镇级尺度下的扬中市仍未达到三生融合状态.

同一行政单元内不同三生属性之间的空间关系在三生空间的研究中也十分重要,进一步的研究可以

针对不同属性间的空间关系在该方法的基础上进行。同时本文为了更加详细清楚地阐释所提出的方法与概念而选择在扬中市镇级尺度上进行研究,研究区内仅有6个研究对象,且相互间的通行路线较为单一,进一步的研究可以在村级尺度上开展。

#### [参考文献]

- [1] 李广东,方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报,2016,71(1):49-65.
- [2] 王丹,方斌,陈正富. 基于辐射模型及潜力模型划分城乡地域功能的土地整治模式[J]. 农业工程学报,2018,34(13):270-278.
- [3] 龙花楼,刘永强,李婷婷,等. 生态用地分类初步研究[J]. 生态环境学报,2015,24(1):1-7.
- [4] 郑百龙,翁伯琦,周琼. 台湾“三生”农业发展历程及其借鉴[J]. 中国农业科技导报,2006,8(4):67-71.
- [5] 方玮轩,方斌,蔡燕培. 城乡发展一体化的内涵、路径与土地资源利用路径选择[J]. 南京师大学报(自然科学版),2015,38(3):135-140.
- [6] 张红旗,许尔琪,朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. 资源科学,2015,37(7):1332-1338.
- [7] 黄金川,林浩曦,漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展,2017,36(3):378-391.
- [8] 刘继来,刘彦随,李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [9] 高星,刘瀚,吴克宁,等. 基于“三生融合”的普兰县土地资源现状与优化配置研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(4):453-457.
- [10] 方斌. 基于“三生”融合理念的乡村振兴突破路径研究[J]. 土地经济研究,2018(1):1-8.
- [11] 陈彦光. 基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J]. 地理研究,2009,28(6):1449-1463.
- [12] 王锐淇. 我国区域技术创新能力空间相关性及其扩散效应实证分析:基于1997—2008空间面板数据[J]. 系统工程理论与实践,2012,32(11):2419-2432.
- [13] 骆永民,樊丽明. 中国农村基础设施增收效应的空间特征:基于空间相关性和空间异质性的实证研究[J]. 管理世界,2012(5):71-87.
- [14] 苏良军,王芸. 中国经济增长空间相关性研究:基于“长三角”与“珠三角”的实证[J]. 数量经济技术经济研究,2007(12):26-38.
- [15] 张玉明,李凯. 省际区域创新产出的空间相关性研究[J]. 科学学研究,2008,26(3):659-665.
- [16] 吴军,魏安喜. 区域经济空间相关性的趋势分析及影响因素[J]. 经济经纬,2018,35(1):1-7.
- [17] ANSELIN L. Local indicators of spatial association: LISA[J]. Geographical analysis,1995,27(2):93-115.
- [18] ALDSTADT J, GETIS A. Using amoeba to create a spatial weights matrix and identify spatial clusters[J]. Geographical analysis,2010,38(4):327-343.
- [19] CRESSIE N, CHAN N H. Spatial modelling of regional variables[J]. Journal of the American statistical association,1989,84(406):393-401.
- [20] 陈腾. “三化同步、三生融合”理念下的山地小城镇规划研究[J]. 小城镇建设,2013(9):38-42,46.
- [21] 高海峰,于立,梁林,等. “三生”融合视角下广东传统乡村聚落水体景观的解析与启示[J]. 中国农村水利水电,2016(12):63-66.
- [22] 王娜,张年国,王阳,等. 基于三生融合的城市边缘区绿色生态空间规划:以沈阳市西北绿楔为例[J]. 城市规划,2016,40(Suppl. 1):116-120.
- [23] LEUNG Y, MENG D, XU Z. Evaluation of a spatial relationship by the concept of intrinsic spatial distance[J]. Geographical analysis,2013,45(4):380-400.

[责任编辑:丁 蓉]