

# 城市土地集约利用与区域城市化的 时空耦合协调发展评价 ——以环渤海地区城市为例

刘 浩, 张 毅\*, 郑文升

(华中师范大学城市与环境科学学院, 武汉 430079)

**摘要:** 处于城市化不同发展水平的城市, 其土地集约利用的利用强度、利用形式与利用类型存在显著差异, 城市土地利用最佳集约度与城市化水平密切相关, 而城市土地集约利用与城市化的耦合协调可有效推动城市可持续发展。基于城市土地集约利用与城市化的交互耦合作用机制, 本文构建两者之间的耦合协调发展度模型, 定量评价城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况, 并将其分为拮抗、磨合和协调三大阶段 9 类状态, 最后利用 ArcGIS9. 2 对耦合协调发展度进行空间聚类分析, 并以环渤海地区 27 市进行实证研究。结果发现, 研究期间内环渤海地区城市耦合协调发展度多处于磨合阶段, 没有拮抗阶段, 且交互耦合关系随着时间变化而逐渐优化; 基于其相对发展状态, 环渤海地区城市多处于同步发展状态, 滞后发展状态与超前发展状态较少, 呈稳定的梭形形态; 基于空间聚类系数, 城市耦合协调发展度呈先集聚后随机分布, 没有空间强化效应, 高值集聚地域为京津冀圈, 低值集聚地域则为辽东半岛圈。

**关键词:** 土地集约利用; 城市化; 耦合机制; 时空协调度; 环渤海地区

文章编号: 1000-0585(2011)10-1805-13

作为人类活动的物质载体, 土地是实现城市可持续发展的重要保障, 土地集约利用是人地矛盾突出的国情下城市可持续发展的必然选择<sup>[1]</sup>, 是 21 世纪中国土地资源利用的重要方向。不过由于土地制度改革滞后, 城市化的加速发展导致了城市土地的粗放利用, 城市呈摊大饼式扩张, 土地利用结构也严重失调<sup>[2]</sup>, 农业用地与生态用地锐减, 城市人居环境持续恶化, 进而导致一系列城市病, 严重威胁城市化的健康发展。

对于城市土地集约利用研究, 国外主要着眼于三大方面。一是基于可持续发展思想和城市规划理念探讨城市土地集约利用<sup>[3,4]</sup>, 如“精明增长”、“紧凑式发展”、“内填式开发”等, 有效遏制了城市的无序蔓延, 其核心是以现有城市土地的有效利用实现城市空间的理性扩展; 二是研究土地资源优化配置与持续利用的理论方法与规划模式<sup>[5,6]</sup>; 三是基于土地集约利用理念进行土地资源利用与保护的实证研究<sup>[7,8]</sup>。而就国内研究而言, 重点集中于两个方面, 一是研究国外土地利用理论, 并发展我国土地集约利用理论<sup>[9,10]</sup>, 二是

收稿日期: 2010-12-10; 修订日期: 2011-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (41001100)

作者简介: 刘浩 (1987-), 男, 山东省滨州人, 研究生, 主要从事环境生态、环境演变与区域可持续发展方面的研究。E-mail: liuhao4680@126.com

\* 通讯作者: 张毅 (1966-), 女, 湖北省枣阳人, 副教授, 主要从事环境生态、环境演变与区域可持续发展方面的研究。E-mail: hbdeng@hotmail.com

进行土地集约利用的定量评价与实证研究<sup>[11,12]</sup>,包括评价内容、评价体系、评价方法等。

城市化的适度发展推动城市土地的集约利用,而城市土地集约利用又有效推动城市化持续发展,城市土地集约利用与城市化存在着天然的交互耦合关系。一些学者基于我国城市化迅速发展的现实,探讨城市土地集约利用与城市化的相互关系,研究表明城市土地集约利用与城市化的目标一致,都是实现城市可持续发展,实现经济—社会—生态的综合效益最大化。处于城市化不同发展水平的城市,其土地集约利用水平存在着显著差异,城市土地集约利用从人力资本型集约到资本技术型集约,再到结构型集约,最后随着城乡土地利用的空间融合而趋于生态型集约<sup>[13,14]</sup>。另外一些学者则基于城市化发展规律探讨城市土地集约利用的实践途径,研究表明城市土地集约利用与城市化发展阶段密切相关,应根据城市所处的城市化水平制定土地政策,进行土地利用规划<sup>[15]</sup>。不过纵观上述相关研究,虽不乏亮点,却均为定性研究,并没有定量分析城市土地集约利用与城市化的时空耦合协调发展状况,更没有引入实证分析。

本文基于城市土地集约利用与城市化的交互耦合机制,以2000年、2002年、2005年与2007年环渤海地区27市作为研究对象,构建城市土地集约利用与城市化的综合评价指标体系,采用因子分析法分别求取城市土地集约利用与城市化的发展系数,之后构建城市土地集约利用水平和城市化水平的耦合协调发展度模型,并基于SPSS16.0和ArcGIS9.2对环渤海地区进行时空差异分析。这有助于优化城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展关系,为处于城市化不同水平的城市进行土地集约利用评价提供科学依据。

## 1 理论基础

### 1.1 城市土地集约利用内涵

界定城市土地集约利用内涵是构建城市土地集约评价指标体系的重要基础,是分析城市土地集约利用与城市化交互耦合机制的必要前提。土地集约利用起源于农业社会,后引入城市土地研究领域,但城市土地集约利用内涵尚未统一。本文定义城市土地集约利用内涵为:城市土地集约利用是动态相对的,而不是静态绝对的终极目标,即在现有城市化水平下,通过优化土地结构和改善土地管理,在适量增加土地供给前提下,提高土地利用效率,实现经济—社会—生态综合效益最大化的过程。城市土地综合效益未充分挖掘,为城市土地粗放利用;城市土地利用强度过大,导致城市土地综合效益损失,则为城市土地过度利用。综上所述,评价城市土地利用是趋于集约(或趋于过度抑或趋于粗放)的衡量标准,是建立在其城市化发展水平的基础之上的。

### 1.2 城市土地集约利用与城市化耦合关系

城市化是农业人口转化为非农人口、农业活动转化为非农活动、农村地域转化为城市地域的过程,而空间集聚性是城市最为显著特征,推动城市空间拓展的动力就是空间集聚性。适度集聚的效益增长与过度集聚的效益损失,推动空间集聚与空间分散成为城市形态演化的动力<sup>[16]</sup>,而衡量城市趋于集聚或分散的重要标准就是城市土地集约利用水平。空间集聚意味着单位城市土地的资本、技术与人力投入的增加,土地集约利用强度不断增加;空间分散则意味着单位城市土地的资本、技术与人力投入的减少,土地集约利用强度持续减小;在空间集聚与空间分散的共同作用下,城市化进程呈现一定的规律。

一定意义上在城市化初期阶段,非农人口与非农活动为寻求空间集聚效益而集中于城市地域,城市土地粗放利用逐渐趋于集约化,此阶段的城市土地集约利用形式为人力资本

型集约。随着城市空间不断集聚，城市土地资源逐渐趋于短缺，地价持续上涨，城市土地成本大幅增加。为了追求综合效益最大化，单位建筑密度持续提高，容积率大幅增长，基于芝加哥学派柯布西埃的城市集中建设思想而进行的城市建设趋于高层化与高密度，而建筑技术的持续突破是柯式思想得以实现的重要前提，故此阶段为资本技术型集约。随着城市空间集聚效益的持续增长，城市土地如缺少合理的空间规划，城市空间将过度集聚，进而引发一系列城市病。理性的选择就是集聚后的分散，居民为了追求更舒适的环境，产业为了得到更便宜的土地，逐渐迁往市域边缘与低级城镇，而市区则是具有高支付能力的知识密集型产业，土地利用进入结构性调整阶段，此阶段为结构型集约。随着第三产业持续发展，单纯追求经济效益的传统模式逐渐被否定而追求经济—社会—生态综合效益最大化，有效推动了城市的持续发展，此阶段为生态型集约<sup>[17]</sup>。

处于不同城市化发展阶段，城市土地利用最佳集约度的内涵是不同的，是一个动态相对概念，这既与社会评判标准（从仅追求经济效益到追求综合效益）有关，又与不同的城市化发展阶段所赋予的客观条件（文化教育水平、交通发展水平、景观环境现状）有关，即城市土地集约利用最佳集约度与城市化水平密切相关，处于城市化不同发展阶段的都市，其城市土地集约利用的利用强度、利用形式与利用类型也相应的存在差异。故准确评价城市土地集约利用，应首先研究城市化水平及其发展阶段，分析城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况。

随着非农人口激增与非农产业壮大，城市地域持续扩张，这是城市化发展的必然过程<sup>[18]</sup>。不过随着城市化的高速发展，城市地域呈外延平面式无序扩张而忽视内涵立体式综合利用，城市土地集约利用严重滞后。其一表现为市域规模失控蔓延，导致土地资源的闲置与浪费，城市土地利用呈“三大一低”（即平房占地面积大、旧城改造任务大、闲置土地面积大、土地利用效率低）。由于旧城改造费用远超过新城占地费用，忽视旧城改造工作，“棚户区”与“城中村”密集分布，城市建筑设计落后，建筑物容积率低，制约着城市持续发展，而新城建设则侵占大量耕地且多为优质耕地，这也制约着城市化的进一步发展<sup>[19]</sup>。其二表现为土地利用结构失调，城市绿化与交通用地较少，而工业用地比重偏大。由于城市绿化与交通用地偏紧，城市交通拥挤、环境质量差等一系列城市病较为严重，城市“热岛效应”相当显著<sup>[20]</sup>，环境持续恶化，严重影响城市人居环境<sup>[21]</sup>。由于工业用地比重偏大以及空间结构严重失调，市区被效率低、能耗大、污染大的工业部门与事业单位占据，中心商务区并不显著，土地资源综合效益较低，城市总体功能难以实现，制约城市化的持续发展。综上所述，失调的城市土地集约利用严重制约城市化持续发展。

## 2 评价方法与过程

### 2.1 建立评价指标体系

**2.1.1 城市土地集约利用水平综合评价指标体系** 根据城市土地集约利用内涵，以科学性、全面性、动态性和可操作性为原则，基于“投入—产出”角度构建城市土地集约利用评价指标体系，即土地利用程度、土地投入强度、土地产出效益、土地可持续度四大层次<sup>[22]</sup>，但参阅诸多文献发现，衡量土地产出的指标系统多侧重于经济效益，而忽视了社会效益与生态效益。基于城市土地集约利用内涵，其评价的是经济效益、社会效益与生态效益的综合效益最大化，仅以经济效益衡量土地产出效益是相对片面的，故本文基于“经济—社会—生态”角度重构土地产出效益指标<sup>[23]</sup>，即分为土地经济效益、土地社会效益

与土地生态效益三大亚层次。城市土地集约利用水平综合评价指标体系包括土地利用程度、土地投入强度、土地可持续度与土地经济效益、土地社会效益、土地生态效益六大层次 18 个指标 (表 1)。

表 1 城市土地集约利用水平综合评价指标体系  
Tab 1 Indicators of intensive urban land use assessment

评价层次	评价指标	评价层次	评价指标	评价层次	评价指标
土地利用程度	人口密度	土地投入强度	地均固定资产投资	土地可持续度	非农人口与建成区增长弹性系数
	人均道路面积		地均财政支出		GDP 与建成区增长弹性系数
	人均建设用地面积		地均二三产业从业人口数		绿地与建成区增长弹性系数
土地经济效益	地均财政收入	土地生态效益	地均二氧化硫排放量	土地社会效益	人均蔬菜占有量
	地均商品销售总额		人均绿地面积		每平方公里医院数
	地均工业总产值		建成区绿化覆盖率		每平方公里学校数

2.1.2 城市化水平综合评价指标体系 城市化是区域社会经济发展到特定阶段的产物,是经济—社会—生态综合系统的时空演化过程,其显著特征在于人口的集中、产业的集聚和空间的拓展。综合相关文献与研究目标<sup>[24]</sup>,本文从人口城市化、经济城市化、生活城市化和景观生态城市化四大层次 12 个指标构建城市化水平综合评价指标体系 (表 2)。

表 2 城市化水平综合评价指标体系  
Tab 2 Indicators of urbanization assessment

评价层次	评价指标	评价层次	评价指标
人口城市化	非农人口比重	生活城市化	每百人公共图书馆藏书
	第三产业从业人口比重		每十万人医院床位数
	每万人高等学校学生数		每万人公共汽车数
经济城市化	人均 GDP	景观生态城市化	建成区面积占市区比重
	人均地方财政收入		工业废水排放达标率
	第三产业占 GDP 比重		人均园林绿地面积

## 2.2 评价模型构建

2.2.1 数据标准化 设有  $m$  项评价指标  $X_1, X_2, \dots, X_m$ , 并有  $n$  个城市的指标数据  $X_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ , 构成原始数据矩阵,  $x_{ij}$  即  $j$  城市的第  $i$  项指标原始数据。由于指标数据具有不同的单位量纲,为增强指标数据的可比性,应进行标准化处理。根据指标数据内涵,本文采用级差法进行标准化处理,如式 (1)。

$$\text{正向指标标准化公式: } B_{ij} = (x_{ij} - \min X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij})$$

$$\text{负向指标标准化公式: } B_{ij} = 1 - (x_{ij} - \min X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij}) \quad (1)$$

式中,  $B_{ij}$  为原始数据  $X_{ij}$  的标准化后数据,  $\min X_{ij}$  即  $j$  城市第  $i$  项指标数据的最小值,  $\max X_{ij}$  即  $j$  城市第  $i$  项指标数据的最大值。

### 2.2.2 模型构建

#### (1) 城市土地集约利用与城市化综合评价模型

本文采用因子分析法求取对城市土地集约利用水平和城市化水平影响较大因子的权

重，其具体方法为：通过 SPSS16.0，对两个评价体系的指标标准数据进行因子分析，得到相关矩阵特征根和方差贡献率，根据特征根的方差贡献率提取累计方差贡献率大于 85% 的前 K 个的因子，这些因子即为各指标体系的公共因子。将标准化数据  $B_{ij}$  带入式 (2)，求得各个公共因子得分。

$$F_{im} = \sum_{j=1}^n (W_j \times B_{ij}) \quad (2)$$

式中， $F_{im}$  为第  $i$  个城市第  $m$  个公共因子的因子得分，包括城市土地集约利用与城市化的相关因子， $W_j$  为第  $j$  项指标的引自回归系数。

城市土地集约利用水平和城市化水平采用多因素综合评价模型求得，即式 (3)。由于公共因子彼此独立，故以各个公共因子的方差贡献率作为因子权重。

$$\begin{aligned} U_i &= \sum_{m=1}^k (A_m \times F_{im}) \\ S_i &= \sum_{m=1}^k (J_m \times F_{im}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中， $U_i$  为城市化水平， $A_m$  为城市化水平综合评价指标体系中第  $m$  个公共因子的方差贡献率， $S_i$  为城市土地集约利用水平， $J_m$  为城市土地集约利用水平综合评价指标体系中第  $m$  个公共因子的方差贡献率。

### (2) 耦合协调度模型

耦合协调度描述两个或两个以上系统相互作用影响的程度，耦合作用和协调程度决定了系统发展状况，由于城市土地集约利用与城市化是彼此独立又相互作用的系统，本文借鉴物理学的容量耦合系数模型构建城市土地集约利用与城市化的耦合协调度模型，即式 (4)：

$$C = (U_i^k \times S_i^k) / (\alpha U_i + \beta S_i)^{2k} \quad (4)$$

式中， $C$  为耦合协调度系数， $0 \leq C \leq 1$ ， $\alpha$  和  $\beta$  为待定系数， $\alpha + \beta = 1$ ， $k$  为调节系数， $8 \geq k \geq 2$ 。基于城市可持续发展思想，本文认为城市土地集约利用与城市化同等重要即  $\alpha = \beta$ ，并选定调节系数  $k$  为 5。

### (3) 耦合协调发展度模型

虽然耦合协调度可以有效评价城市土地集约利用与城市化的交互耦合强度，但其在多个地域的空间对比研究中却难以准确评价其耦合协调发展水平，故本文构建城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度模型，引入城市土地集约利用与城市化的发展水平，即式 (5)：

$$D = \text{sqrt}[C \times (\alpha U_i + \beta S_i)] \quad (5)$$

式中， $D$  为城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度系数， $0 \leq D \leq 1$ ， $D$  越大，则其耦合协调发展水平越佳， $D$  越小，则其耦合协调发展水平越差，失调越加严重。

### (4) 相对发展度模型

耦合协调发展度模型可以准确评价城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展水平，却难以评价二者相对发展状况，故以相对发展度模型求取城市土地集约利用与城市化的相对发展度系数  $E$ ，即式 (6)：

$$E = S_i / U_j \quad (6)$$

## 2.3 耦合协调发展阶段

根据耦合协调发展度系数  $D$ ，并结合城市土地集约利用与城市化的水平系数，参阅区域城市化与生态环境的耦合协调类型划分标准<sup>[25]</sup>，本文将城市土地集约利用与城市化的

耦合协调发展阶段粗略分为三大阶段,即拮抗阶段、磨合阶段与协调阶段。当  $0 \leq D \leq 0.45$ , 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状态处于拮抗阶段,城市土地集约利用与城市化的关系严重失调,阻滞城市可持续发展,此时的城市多处于城市化初期与城市化加速期的早期,而城市土地集约利用则属于劳力资本型集约。当  $0.45 < D < 0.65$ , 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状态处于磨合阶段,城市土地集约利用与城市化的关系虽然失调却趋于优化状态,制约城市可持续发展,此时的城市多处于城市化加速期的中期与晚期,而城市土地集约利用属于资本技术型集约与结构性集约。当  $0.65 \leq D \leq 1$ , 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状态处于协调阶段,城市土地集约利用与城市化的关系优化协调,推动城市可持续发展,此时的城市多处于城市化后期,而城市土地集约利用属于生态型集约。当然依据区域发展的实际情况,在具体的实证研究中可进一步细分。根据城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展内涵,在理想条件下城市土地集约利用和城市化是同步优化的,但在实际情况中二者却难以实现完全同步优化,故本文设当  $0.8 < E < 1.2$  时,城市土地集约利用与城市化即处于同步优化类型,彼此推动,相互优化。当  $1.2 \leq E$ , 城市土地集约利用水平超前于城市化发展水平,城市土地趋于过度利用。当  $E \leq 0.8$ , 城市土地集约利用水平滞后于城市化发展水平,城市土地趋于粗放利用。综上所述,城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况分为 3 大阶段 9 类类型(表 3)。

表 3 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展阶段类型  
Tab 3 Status of coordinative and harmonious development between intensive urban land use and urbanization

耦合协调发展度	相对发展度	类型	耦合协调发展类型特征	发展阶段
	$0 < E \leq 0.8$	I	土地集约利用滞后于城市化, 制约城市化发展, 城市土地趋于粗放利用, 系统退化	
$0 \leq D \leq 0.45$	$0.8 < E < 1.2$	II	土地集约利用同步于城市化, 推动城市化发展, 城市土地趋向集约利用, 系统优化	拮抗阶段
	$1.2 \leq E$	III	土地集约利用超前于城市化, 影响城市化发展, 城市土地趋于过度利用, 系统退化	
	$0 < E \leq 0.8$	IV	土地集约利用滞后于城市化, 制约城市化发展, 城市土地趋于粗放利用, 系统退化	
$0.45 < D < 0.65$	$0.8 < E < 1.2$	V	土地集约利用同步于城市化, 推动城市化发展, 城市土地趋向集约利用, 系统优化	磨合阶段
	$1.2 \leq E$	VI	土地集约利用超前于城市化, 影响城市化发展, 城市土地趋于过度利用, 系统退化	
	$0 < E \leq 0.8$	VII	土地集约利用滞后于城市化, 制约城市化发展, 城市土地趋于粗放利用, 系统退化	
$0.65 \leq D \leq 1$	$0.8 < E < 1.2$	VIII	土地集约利用同步于城市化, 推动城市化发展, 城市土地趋向集约利用, 系统优化	协调阶段
	$1.2 \leq E$	IX	土地集约利用超前于城市化, 影响城市化发展, 城市土地趋于过度利用, 系统退化	

### 3 实证研究

#### 3.1 研究区状况

本文以环渤海地区为研究对象,各个城市的行政辖区(市域)及市辖区(市区)是主要研究地域。环渤海地区为环绕着渤海全部及黄海部分的沿岸地区,即北京、天津、河北、山东、辽宁的“3+2”区域,是中国经济发展新引擎,被誉为继珠江三角洲、长江三角洲之后的第三大增长极。不同于珠江三角洲和长江三角洲,环渤海地区由三个次级城市圈组成即京津冀圈、山东半岛圈和辽东半岛圈,其城镇体系发展完善,以京津两市为中心,秦皇岛、大连、青岛等沿海城市为扇面,以石家庄、沈阳、济南等省会城市为支点,以廊坊、丹东、东营等中小城市为基础,构成系统复杂而功能全面的城镇体系。

### 3.2 评价结果

受困于统计资料的限制, 本文基于评价时段为中心对称原则仅选取 2000 年、2002 年、2005 年和 2007 年的环渤海地区 27 个城市为研究对象, 数据来源于《中国城市统计年鉴》等。依据城市土地集约利用水平和城市化水平的耦合协调发展度模型与相对发展度模型, 得到耦合协调发展度系数和相对发展度系数, 以分析城市土地集约利用与城市化的时空耦合协调发展状况 (表 4)。

表 4 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的时空耦合协调发展评价  
Tab 4 Evaluation on coordinative and harmonious development in space and time between intensive urban land use and urbanization in the Bohai Rim Region

城市	2000 年			2002 年			2005 年			2007 年		
	耦合协调 发展度	相对 发展度	类 型									
1 北京	0.64	0.67	IV	0.61	0.60	IV	0.65	0.60	IV	0.67	0.59	VII
2 天津	0.61	0.90	V	0.62	0.85	V	0.65	0.92	VIII	0.67	0.91	VIII
3 石家庄	0.69	1.04	VIII	0.66	1.15	VIII	0.67	0.99	VIII	0.68	1.16	VIII
4 唐山	0.62	1.09	V	0.59	1.20	VI	0.61	1.16	V	0.63	1.20	VI
5 秦皇岛	0.63	0.88	V	0.63	0.86	V	0.65	0.88	VIII	0.67	1.00	VIII
6 邢台	0.62	1.28	VI	0.64	1.09	V	0.64	1.17	V	0.69	1.14	VIII
7 承德	0.54	0.74	IV	0.56	0.79	IV	0.56	0.77	IV	0.58	0.88	V
8 沧州	0.62	1.02	V	0.60	1.13	V	0.60	1.08	V	0.63	1.23	VI
9 廊坊	0.55	1.01	V	0.59	1.31	VI	0.63	1.07	V	0.64	1.20	VI
10 沈阳	0.59	0.73	IV	0.56	0.67	IV	0.62	0.74	IV	0.66	0.81	VIII
11 大连	0.63	0.79	IV	0.62	0.76	IV	0.65	0.75	VII	0.68	0.85	VIII
12 丹东	0.56	0.75	IV	0.55	0.75	IV	0.53	0.68	IV	0.58	0.99	V
13 锦州	0.58	0.82	V	0.61	1.08	V	0.61	0.94	V	0.61	1.03	V
14 营口	0.55	1.03	V	0.56	1.00	V	0.59	0.97	V	0.61	1.01	V
15 阜新	0.53	0.96	V	0.54	0.84	V	0.56	0.90	V	0.56	1.03	V
16 盘锦	0.56	1.02	V	0.57	0.98	V	0.60	1.10	V	0.62	1.11	V
17 朝阳	0.52	0.89	V	0.53	0.91	V	0.56	0.97	V	0.54	1.02	V
18 葫芦岛	0.52	0.94	V	0.55	1.07	V	0.55	1.16	V	0.56	1.10	V
19 济南	0.63	0.87	V	0.63	0.80	IV	0.65	0.80	VII	0.69	0.84	VIII
20 青岛	0.65	1.06	VIII	0.64	0.95	V	0.67	0.98	VIII	0.71	1.02	VIII
21 淄博	0.59	1.10	V	0.59	1.08	V	0.61	1.16	V	0.64	1.05	V
22 东营	0.55	1.03	V	0.57	1.03	V	0.61	0.86	V	0.63	0.85	V
23 烟台	0.57	1.00	V	0.58	0.99	V	0.60	1.07	V	0.62	0.97	V
24 潍坊	0.55	1.25	VI	0.57	1.22	VI	0.58	1.41	VI	0.61	1.30	VI
25 威海	0.58	1.08	V	0.58	1.04	V	0.63	1.07	V	0.65	0.95	VIII
26 日照	0.54	1.17	V	0.55	1.17	V	0.58	1.16	V	0.58	1.15	V
27 滨州	0.52	1.11	V	0.52	0.95	V	0.52	1.07	V	0.58	1.31	VI

### 3.3 结果分析

3.3.1 区域综合分析 根据耦合协调发展度系数和相对发展度系数图 1、图 2, 耦合协

调发展状况被划分为三大阶段 9 类类型，环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况处于磨合阶段（Ⅳ、Ⅴ与Ⅵ3 类）与协调阶段（Ⅶ与Ⅷ2 类），没有拮抗阶段。2000 年 25 市为磨合阶段、2 市为协调阶段，2002 年磨合阶段有 26 市而 1 市为协调阶段，2005 年磨合阶段有 21 市而协调阶段有 6 市，2007 年 17 市为磨合阶段而 10 市为协调阶段，环渤海地区耦合协调发展度不断提高，城市土地集约利用与城市化的耦合协调状况得到持续优化。

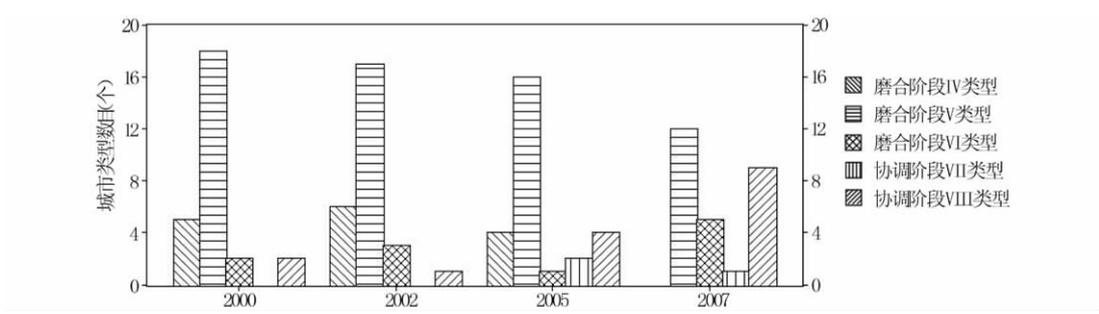


图 1 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况

Fig. 1 Evaluation on coordinative and harmonious development between intensive urban land use and urbanization in the Bohai Rim Region

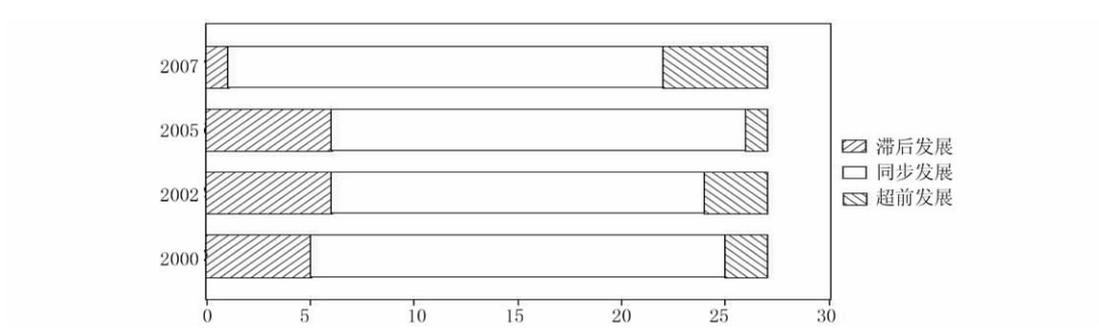


图 2 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的相对发展阶段状况

Fig. 2 Status of relative development between intensive urban land use and urbanization in the Bohai Rim Region

研究期内环渤海地区耦合协调发展类型没有Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ与Ⅸ类，58.33%处于Ⅴ类类型，2000年5市为Ⅳ类，Ⅴ类为18个，Ⅵ类与Ⅷ类各为2个，无Ⅶ类；2002年6市为Ⅳ类，Ⅴ类为17个，Ⅵ类为3个，Ⅷ类为1个，没有Ⅶ类；2005年4市为Ⅳ类，Ⅴ类为16个，Ⅵ类为1个，Ⅶ类为2个，Ⅷ类为4个；2007年12市为Ⅴ类，Ⅵ类为5个，Ⅶ类为1个，Ⅷ类为9个，没有Ⅳ类，如图1，环渤海地区耦合协调发展类型绝大多数处于Ⅴ类，即城市土地集约利用与城市化处于同步发展状态的磨合优化阶段。处于Ⅴ类的城市持续减少，而处于Ⅵ、Ⅶ与Ⅷ类的城市不断增加，表明随着城市土地集约利用与城市化的各自独立发展，环渤海地区城市耦合协调发展状况打破了原有磨合阶段的同步发展状态，呈螺旋上升趋势。

基于城市土地集约利用与城市化的相对发展状态,耦合协调发展类型被划分为滞后发展状态、同步发展状态与超前发展状态,如图2。研究期间内环渤海地区城市多处于同步发展状态,滞后发展状态与超前发展状态较少,呈稳定的梭形发展形态。

滞后发展状态,即城市土地集约利用滞后于城市化,制约城市化发展,城市土地趋于粗放利用,系统退化。2000年有5市,均为Ⅳ类;2002年有6市,均为Ⅳ类;2005年有6市,4市为Ⅳ类;2007年有1市,是Ⅶ类。处于滞后发展状态的城市,城市土地呈粗放利用状态,应对城市土地进行内部挖潜,限制城市地域的外延平面式无序扩张而重视内涵立体式综合利用。

同步发展状态,即城市土地集约利用同步于城市化,推动城市化发展,城市土地趋向集约利用,系统优化。2000年有20市,18市为Ⅴ类;2002年有18市,17市为Ⅴ类;2005年有20市,16市为Ⅴ类;2007年有21市,12市为Ⅴ类。研究期间内环渤海地区城市多处于同步发展阶段,不仅城市化得到持续发展,而且城市土地集约利用也适度发展,处于同步发展状态的城市应合理调控城市土地利用以推动城市化发展。

超前发展状态,即城市土地集约利用超前于城市化,影响城市化发展,城市土地趋于过度利用,系统退化。研究期间内环渤海地区处于超前发展状态的城市相对较少,这表明在城市化快速发展进程中,城市土地过度利用极为少见,城市化水平多高于或同步于城市土地集约利用水平,处于超前发展状态的城市应基于综合效益最大化原则进行城市土地规划,改善城市人居环境,推动城市可持续发展。

**3.3.2 空间聚类分析** 通过 ArcGIS9.2 的空间聚类分析模块,分析城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度的空间分布状况<sup>[26]</sup>,本文采用全局莫兰指数  $I$  和局部杰瑞指数  $L_i$  对环渤海地区城市的耦合协调发展度进行分析。

$$I = n \sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - x_o)(x_j - x_o) / [(\sum_i \sum_j W_{ij}) \sum_i (x_i - x_o)^2]$$

$$L_i = \sum_j (W_{ij} \times x_j) / \sum_j x_j \quad (7)$$

式中,  $I$  为全局莫兰指数,  $L_i$  为局部杰瑞指数,  $N$  为样本总数,  $W_{ij}$  为空间权重,  $S_x$  为  $x_i$  的标准差,  $x_i$  为样本  $i$  的属性,  $i \neq j$ ,  $x_o$  为样本  $i$  的平均值。

全局莫兰指数检验研究地区中临近地域间是相似、相异或者相互独立,  $-1 \leq I \leq 1$ , 若  $I$  接近 1 则表明相似属性是集聚的, 若  $I$  接近 -1 则表明相异属性是集聚的, 若  $I$  接近 0 则表明属性是随机分布的。本文基于 5% 显著水平,  $Z_{5\%} = 1.960$ 。京津冀圈 2000 年和 2005 年耦合协调发展度为相似属性的集聚状态, 而 2002 年和 2007 年则为相异属性的随机分布, 呈波动性发展。辽东半岛圈 2000 年和 2007 年耦合协调发展度为相似属性的集聚状态, 而 2002 年和 2005 年则为相异属性的随机分布, 呈波动性发展。山东半岛圈研究期间内耦合协调发展度为相异属性的随机分布, 呈稳定性发展。环渤海地区 2000 年耦合协调发展度为相似属性的集聚状态, 而 2002 年、2005 年和 2007 年则为相异属性的随机分布, 总体上呈先集聚后随机发展趋势(表 5)。

基于面的全局莫兰指数进行空间聚类分析表明: 第一, 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度呈先集聚后随机的分布趋势, 表明其耦合协调发展度在空间上趋于随机分布。第二, 京津冀圈与辽东半岛圈等传统城市地带呈集聚与随机分布的交织波动, 而山东半岛圈等新兴城市地带则呈随机分布的平稳发展, 表明传统城市地带的城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度的集聚作用较为显著, 其区域内部的耦合协调发展

表 5 环渤海地区耦合协调发展类型的全局莫兰指数  
 Tab 5 Moran's *I* of coordinative and harmonious development in space and time between intensive urban land use and urbanization in the Bohai Rim Region

	2000 年		2002 年		2005 年		2007 年	
	<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>I</i>	<i>Z</i>
京津冀圈	0.04	2.37*	-0.11	0.24	0.04	2.37*	-0.11	0.16
辽东半岛圈	0.04	2.13*	-0.01	1.08	-0.07	-0.19	0.07	2.29*
山东半岛圈	-0.10	0.49	-0.11	0.23	-0.16	-0.54	-0.17	-0.61
环渤海地区	0.03	2.12*	-0.02	0.58	-0.05	-0.38	0.00	0.93

注：\* 表示 5% 的统计显著性水平；*Z* 即统计显著性检验值。

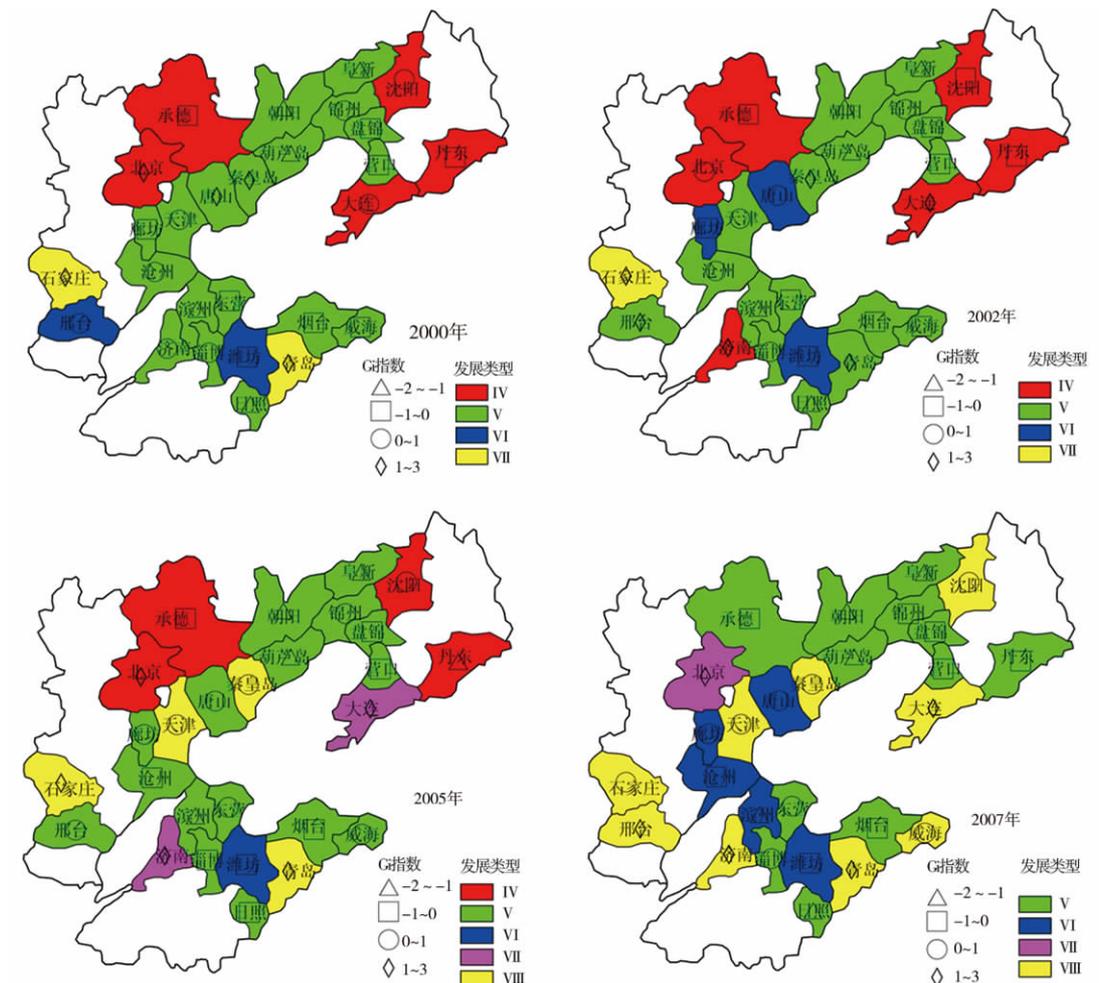


图 3 环渤海地区耦合协调发展度的空间差异状况

Fig 3 Evaluation on coordinative and harmonious development in space and time between intensive urban land use and urbanization in the Bohai Rim Region

度呈较不均衡状态, 分布失衡, 而新兴城市地带的城市耦合协调发展度为随机分布, 其区域内的耦合协调发展度呈相对均衡状态, 分布平衡。

局部杰瑞指数则检验局部地区是否存在高值或低值在空间上趋于集聚, 高值  $L_i$  代表高值集聚地域, 低值  $L_i$  则代表低值集聚地域。本文基于  $L_i$  指数划分为 4 类地域, 即  $-2 \sim -1$ 、 $-1 \sim 0$ 、 $0 \sim 1$  和  $1 \sim 3$ , 如图 3。城市局部杰瑞指数分布相对独立, 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度在空间上没有强极化效应, 这与环渤海地区的多核心复合模式(京津冀为核心, 辽东半岛与山东半岛为两翼)相符合。基于环渤海地区局部杰瑞指数, 京津冀圈是高值集聚地域, 而辽东半岛圈则是低值集聚地域, 表明京津冀圈的城市耦合协调发展度相对较高, 且保持稳定状态, 而辽东半岛圈则持续较低水平, 提高速度也相对缓慢。

基于面的局部吉瑞指数进行空间聚类分析表明: 第一, 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度相对彼此独立, 在空间上没有强极化效应, 这与环渤海地区“一核两翼”的复合地域形式(由京津冀圈、山东半岛圈和辽东半岛圈三大次级城市圈组成)相吻合。第二, 比较三大次级城市圈的局部吉瑞指数, 京津冀圈是高值集聚地域, 而辽东半岛圈是低值集聚地域, 表明京津冀圈的城市耦合协调发展度最高, 且呈稳定发展状态, 而辽东半岛圈的城市耦合协调发展度最低, 其提高速度也相对缓慢, 这也与三大次级城市圈的发展状况相吻合, 环渤海地区以京津冀圈为核心、辽东半岛圈和山东半岛圈为两翼, 而山东半岛圈城市发展现状总体高于辽东半岛圈。

#### 4 结论与讨论

(1) 城市土地集约利用与城市化存在着交互耦合关系, 处于城市化不同发展水平的城市, 其土地集约利用的利用强度、利用形式与利用类型存在显著差异。耦合协调发展度是衡量城市土地集约利用子系统与城市化子系统的交互耦合协调发展水平, 优化城市耦合协调发展度是提高城市土地集约利用水平和推动城市化持续发展的重要前提, 其耦合协调发展状况分为拮抗阶段、磨合阶段和协调阶段三大阶段 9 类状态。研究期间内环渤海地区的城市耦合协调发展度处于磨合阶段(Ⅳ、Ⅴ与Ⅵ 3 类)与协调阶段(Ⅶ与Ⅷ 2 类), 没有拮抗阶段, 且耦合协调发展度呈现不断提高的趋势。

(2) 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度具有动态性。环渤海地区耦合协调发展类型绝大多数处于Ⅴ类, 城市土地集约利用与城市化处于同步发展状态的磨合优化阶段。随着时间变化, 处于Ⅴ类的城市持续减少, 而处于Ⅵ、Ⅶ与Ⅷ类的城市不断增加, 表明环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展状况打破了原有磨合阶段的同步发展状态, 呈螺旋上升趋势。基于城市土地集约利用与城市化的相对发展状态, 研究期间内环渤海地区城市多处于同步发展状态, 滞后发展状态与超前发展状态较少, 呈稳定的梭形发展形态。

(3) 城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度具有相对性。基于全局莫兰指数进行空间聚类分析, 环渤海地区城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度呈先集聚后随机的分布趋势, 京津冀圈与辽东半岛圈呈波动性发展, 而山东半岛圈则呈稳定性发展。基于局部吉瑞指数进行空间聚类分析, 环渤海地区的耦合协调发展度相对彼此独立, 没有呈现空间强极化效应, 这符合环渤海地区三大次级城市圈所构成的复合地域特征, 京津冀圈是高值集聚地域, 而辽东半岛圈则是低值集聚地域, 这也与环渤海地区“一核两翼”的

地域发展特征相符。

由于没有现成的衡量城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展模型,本文依据物理学耦合概念,初步构建耦合协调度模型与耦合协调发展度模型,评价环渤海地区的城市耦合协调发展状况,难免存在一定的不足与缺陷,评价模型需进一步完善。另外,由于数据时段的有限性与间断性,时空分析的显著性水平相对较低,城市土地集约利用与城市化的耦合协调发展度的时空发展规律难以全面分析,需进一步添加时空数据以完善分析。

### 参考文献:

- [1] 王杨,宋戈.黑龙江省城市土地集约利用潜力时空变异规律.经济地理,2007,27(2):313~316.
- [2] 吴晓青,胡远满,贺红土,等.沈阳市城市扩展与土地利用变化多情景模拟.地理研究,2009,28(5):1264~1275.
- [3] Gill Susannah E, Handley John F, Ennos A Roland, *et al.* Characterising the urban environment of UK cities and towns: A template for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 87(3): 210~222.
- [4] Kottmeier Christoph, Biegert Claudia, Corsmeier Ulrich. Effects of urban land use on surface temperature in Berlin: Case study. *Journal of Urban Planning & Development*, 2007, 133(2): 128~137.
- [5] Kok Kasper, Verburg Peter H, Veldkamp Tom. Integrated assessment of the land system: The future of land use. *Land Use Policy*, 2007, 24(3): 517~520.
- [6] Prato Tony. Evaluating land use plans under uncertainty. *Land Use Policy*, 2007, 24(1): 165~174.
- [7] Mitchell David, Clarke Matthew, Baxter James. Evaluating land administration projects in developing countries. *Land Use Policy*, 2008, 25(4): 464~473.
- [8] Singh Rajesh Kumar, Murty H R S K Gupta, *et al.* An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 2009, 9(2): 189~212.
- [9] 朱天明,杨桂山,万荣荣.城市土地集约利用国内外研究进展.经济地理,2009,29(6):977~983.
- [10] 邵晓梅,刘庆,张衍毓.土地集约利用的研究进展及展望.地理科学进展,2006,25(2):85~95.
- [11] 冯科,郑娟尔,韦仕川,等. GIS 和 PSR 框架下城市土地集约利用空间差异的实证研究——以浙江省为例.经济地理,2007,27(5):811~814.
- [12] 李进涛,谭木魁,汪文雄.基于 DPSIR 模型的城市土地集约利用时空差异的实证研究——以湖北省为例.中国土地科学,2009,23(3):49~54.
- [13] 王筱明,吴泉源.城市化建设与土地集约利用.中国人口·资源与环境,2001,11(S1):5~6.
- [14] 董黎明,袁利平.集约利用土地——21世纪中国城市土地利用的重大方向.中国土地科学,2000,14(5):6~8.
- [15] 毛蒋兴,闫小培,王爱民.20世纪90年代以来我国城市土地集约利用研究述评.地理与地理信息科学,2005,21(2):48~57.
- [16] 肖捷颖,葛京凤,沈彦俊,等.基于 GIS 的石家庄市城市土地利用扩展分析.地理研究,2003,22(6):789~798.
- [17] 何芳,魏静.城市化与城市土地集约利用.中国土地,2001,(4):24~26.
- [18] 张晓青,李玉江.山东省城市空间拓展和经济竞争力提升内在关联性分析.地理研究,2009,28(1):173~181.
- [19] 刘宣.快速城市化下“转型社区”空间改造的障碍——广州、深圳案例.地理研究,2010,29(4):693~702.
- [20] 杨英宝,苏伟忠,江南,等.南京市热岛效应变化时空特征及其与土地利用变化的关系.地理研究,2007,26(5):877~886.
- [21] 何剑锋,庄大方.长江三角洲地区城镇时空动态格局及其环境效应.地理研究,2006,25(3):388~396.
- [22] 卞兴云,冉瑞平,贾燕兵.山东省城市土地集约利用时空差异.地理科学进展,2009,28(4):617~621.
- [23] 邱磊,廖和平,龙雨娇,等.成渝经济区的城市土地集约利用评价及时空特征分析.西南师范大学学报(自然科学版),2010,35(1):208~213.
- [24] 陈明星,陆大道,张华.中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析.地理学报,2009,64(4):387~398.
- [25] 黄金川,方创琳.城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析.地理研究,2003,22(2):211~220.
- [26] 王法辉.基于 GIS 的数量方法与应用.北京:商务印书馆,2009. 211~222.

## Evaluation on spatio-temporal development and interaction of intensive urban land use and urbanization: Case studies of the cities in the Bohai Rim Region

LIU Hao, ZHANG Yi, ZHENG Wen-sheng

(College of Urban and Environmental Sciences, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Land use intensity, land use type and land use form of the intensive urban land use in different cities, which reflect different levels of development in urbanization, have significant differences. What's more, optional intensity of urban land use is closely related to the urbanization level. Based on the coupling mechanism between intensive urban land use and urbanization, to promote the balance between them is the most important basis of achieving sustainable development. Based on the interaction between intensive urban land use and urbanization, we evaluated index of the intensive urban land use coefficient, the urbanization and the harmonious degree quantitatively by factor analysis with the aid of SPSS16, then set up the degree model of harmonious development. We divided the harmonious degrees into the antagonism, the compromise and the coordination, comprising of three stages. Then using the analysis method of dynamic equilibrium relation of time series, this paper analyzed qualitatively the harmonious degrees. Finally, with the aid of spatial autocorrelation of ArcGIS9.2, the spatial clustering analysis in the Bohai Rim Region which consists of 27 cities in 2000, 2002, 2005 and 2007 year is also evaluated quantitatively. The result shows that the coupling harmonious degrees of cities in the Bohai Rim Region are mainly in three states (IV, V and VI) of the compromise stage but have no antagonism stage. During the study period, the relation between intensive urban land use and urbanization is becoming more and more harmonious. Based on its relative state of development, most cities have remained a synchronized development status, and both of statuses in delay and in advance are much less, which are spindle bacilliform in shape. According to the spatial clustering coefficient, the phenomenon of strong spatial-polarization is still not significant, and the high-value center is in the Beijing-Tianjin-Hebei region, while the Liaodong Peninsula region is the low-value center.

**Key words:** intensive urban land use; urbanization; coupling mechanism; coordinated development; Bohai Rim Region