

# 基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区

蒙莉娜<sup>1</sup>, 郑新奇<sup>2,3\*</sup>, 赵璐<sup>2</sup>, 邓婧<sup>2</sup>

(1. 香港中文大学地理与资源管理系, 香港; 2. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083;  
3. 北京市国土资源局国土资源信息开发研究重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 土地利用功能分区是土地利用总体规划中的重要内容。该研究以生态位理论为基础, 从生态角度进行土地利用功能分区定量研究。该研究提出了土地利用生态位的概念, 并从土地利用需求生态位和现实生态位的耦合关系, 构建土地利用生态位适宜度模型, 建立土地利用生态位适宜度评价因子体系, 并以土地利用生态位适宜度评价结果为表征量, 借助 GIS 技术对土地利用功能进行分区。通过对山东省济南市的案例研究, 运用该技术方法进行的土地利用功能分区, 结果更加优化和合理, 验证了该模型的实用性。该研究从生态适宜角度为土地利用分区的定量化研究提供了新的技术方法。

**关键词:** 土地利用, 区域规划, 功能分区, 生态位适宜度模型

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.053

中图分类号: F301.23

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0282-06

蒙莉娜, 郑新奇, 赵璐, 等. 基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 282-287.  
Meng Lina, Zheng Xinqi, Zhao Lu, et al. Land-use functional regionalization based on niche-fitness model[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 282-287. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

土地资源是人类一切社会经济活动的载体, 应通过因地制宜的土地利用而形成合理的土地利用功能分区<sup>[1]</sup>。土地利用功能分区, 主要是在确定区划目标的前提下, 在区域土地资源背景调查基础上, 进行土地利用的社会、经济和生态环境三大功能评价, 明确三大功能空间分异规律, 根据区域发展的要求, 将区域划分为若干功能分区, 并提出调控指标、措施和利用方向<sup>[2]</sup>。划分土地利用功能区是因地制宜地开发利用区域土地资源, 统筹生产空间、生活空间及生态空间三类用地空间, 协调各类用地空间布局的重要依据, 对于落实新一轮土地利用总体规划, 统筹城乡发展的具有重要意义。

国外对土地利用分区研究开始较早, 特别是 20 世纪 30 年代到 70 年代期间英国在土地利用区划方面取得了巨大的成功, 极大地推动了世界各国的土地利用分区研究工作<sup>[3]</sup>。在可持续发展视角下, 美国芝加哥地区实施的根据土地利用类型进行的土地利用功能分区, 在一定程度上解决了当时土地混合利用带来的问题<sup>[4]</sup>。虽然国内关于土地利用分区的研究相对较晚, 但近年来取得了丰硕的成果, 研究视角已逐步从农业土地利用区划转向土地资源综合利用分区<sup>[5]</sup>。分区方法多采用空间叠置法与数理统

计法(如聚类分析法、主成分分析法、因子分析法)相结合的方法<sup>[6-9]</sup>。

虽然以往的土地利用分区进行了定性研究与定量分析相结合的尝试, 但是分区过程没有充分考虑土地利用的社会功能、经济功能和生态功能<sup>[2]</sup>。鉴于此, 本文引入生态学中的生态位适宜度模型, 以土地利用可持续利用与区域协调发展为目标, 分别从社会需求、经济发展及生态保护 3 个方面, 构建相应的土地利用生态位适宜度评价指标体系, 建立土地利用生态位适宜度模型, 以生态位适宜度评价结果为表征量, 划分土地利用功能分区, 通过济南市的案例研究探讨模型的可行性和准确性, 为新一轮土地利用总体规划修编, 优化用地空间布局, 实行土地用途空间管制提供技术支撑。

## 1 区域概况

济南市位于山东省中西部, 是山东省省会城市。济南市南依泰山, 北临黄河, 地貌类型丰富, “山, 泉, 湖, 河, 城”是济南市独特的生态景观, 泉域生态系统及黄河湿地保护是济南市城市发展中需要考虑的首要生态问题。同时, “工业立市”是济南市经济发展的增长方式。规划基期 2005 年, 济南市实现国民生产总值 1 876.61 亿元, 一、二、三产业产值占 GDP 比例分别为 7.16%, 46.04%, 46.80%。全市人口共 597.44 万人, 其中非农业人口为 330.26 万人。近年来, 快速的经济增长与人口膨胀给济南市生态系统造成了较大负荷。因此, 基于可持续发展理念, 利用生态位适宜度模型合理规划土地利用功能分区, 促进济南市产业空间分布合理化, 显得十分必要。

## 2 研究方法

### 2.1 生态位适宜度模型

生态位概念在最早由 Grinnell 在 1917 年明确定义为:

收稿日期: 2009-02-12 修订日期: 2011-03-15

基金项目: 国家公益性行业科研专项经费项目(201011018, 201111014); 国家社科基金资助项目(07BZZ015); 中国地质大学(北京)人才基金项目(51900912300)

作者简介: 蒙莉娜(1984—), 女, 博士生, 主要研究方向: 城市土地利用。香港 香港中文大学地理与资源管理系, Email: mlinabj@gmail.com

\*通信作者: 郑新奇(1963—), 男, 教授, 博士生导师。主要从事 GIS 开发与应用、土地集约利用、空间数据挖掘、地理计算、复杂系统仿真等研究。北京 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 100083。

Email: zqxsd@126.com

“生物在栖息地所占据的单元”<sup>[10-11]</sup>，Hutchinson 将生态位扩展为既包括生物的空间位置及其在生物群落中的功能定位，还包括生物在环境空间的位置，即“超体积生态位”<sup>[12]</sup>。近年来，生态位理论与土地资源利用的联系越来越紧密<sup>[13-14]</sup>。王筱明在耕地适宜性评价中引入生态位理论，并借助 GIS 技术计算各评价单元的生态位适宜度指数，界定区域内需退耕还林的地块<sup>[15]</sup>。刘小平等提出了基于生态位的元胞自动机模型，并将其应用到土地利用规划中<sup>[16]</sup>。罗小龙等将生态位及态势理论引入城乡结合部研究中，并具体分析了城乡生态位及其态势对城乡结合部空间扩展的塑造作用<sup>[17]</sup>。

若将土地利用方式比作环境中的生物行为，则土地利用功能分区的目的就是寻找最适宜生物生存的空间位置。因此，笔者把某种土地利用方式对资源需求所构成的  $n$  维资源空间称为该种土地利用方式资源需求生态位，简称需求生态位。土地利用的现实资源也构成对应的资源空间，称为现实资源生态位，简称现实生态位。现实生态位与需求生态位的耦合关系，反映了现实资源条件对某种土地利用方式的适宜性程度，即生态位适宜度。当评价单元的现状资源条件能够完全满足某种土地利用方式的要求时，该种土地利用方式生态位适宜度为 1，当评价单元的现状资源条件完全不能满足某种土地利用方式的要求时，该种土地利用生态位适宜度为 0。显然，对于不同的发展目标，评价单元的生态位适宜度是变化的，如一个评价单元所占空间拥有较好的交通条件、基础设施条件及社会经济条件，但其自然条件却有所欠缺，对于农业生产的发展目标而言，该评价单元的生态位适宜度是较低的，而对于城市发展的目标而言，该评价单元的生态位适宜度则是较高的<sup>[18]</sup>。

土地利用对资源的需求通常可以分为 3 类<sup>[12]</sup>，第 1 类必须满足其最低要求，而且越丰富越好，如：土地利用中的交通条件。对于该类资源，评价单元的生态位适宜度可以用公式表达如下

$$S_k = \begin{cases} 0 & X_k < D_{k \min} \\ X_k / D_{kopt} & D_{k \min} < X_k < D_{kopt} \\ 1 & X_k > D_{kopt} \end{cases} \quad (1)$$

式中， $S_k$  为土地利用中资源  $k$  ( $k \in [1, n]$ ) 的生态位适宜度； $X_k$  为评价单元中资源  $k$  的现实生态位； $D_{k \min}$  为资源  $k$  现实生态位集合的最小值； $D_{kopt}$  为资源  $k$  的生态位理想值。

第 2 类土地利用对资源的需求是指在资源可供给范围内存在一个适宜的区间，资源供给过多或过少均将成为土地利用的限制因素。如：土地利用中的人口密度。对于这类资源，评价单元的生态适宜度用式 (2) 表示

$$S_k = \begin{cases} 0 & X_k \leq D_{k \min} \text{ or } X_k \geq D_{k \max} \\ (X_k - D_{k \min}) / (D_{kopt} - D_{k \min}) & D_{k \min} < X_k < D_{kopt} \\ (D_{k \max} - X_k) / (D_{k \max} - D_{kopt}) & D_{kopt} < X_k < D_{k \max} \end{cases} \quad (2)$$

式中  $D_{k \max}$  为资源  $k$  现实生态位集合的最大值。

第 3 类土地利用对资源的需求是指资源的现实生态位越小越好，如环境污染、灾害发生频率等。对于这类

资源，评价单元的生态位适宜度用式 (3) 表示

$$S_k = \begin{cases} 1 & X_k \leq D_{k \min} \\ 1 - (X_k - D_{k \max}) / (D_{k \min} - D_{k \max}) & D_{k \min} < X_k < D_{k \max} \\ (D_{k \max} - X_k) / (D_{k \max} - D_{kopt}) & X_k \geq D_{k \max} \end{cases} \quad (3)$$

土地利用的资源需求生态位是一个  $n$  种资源构成的  $n$  维资源空间。根据 Shefold 限制性定律：任何一个生态因子在数量上或质量上的不足，就会导致该生物的衰退或不能生存<sup>[16]</sup>。因此，土地利用  $n$  维资源空间的生态位适宜度可用式 (4) 表示

$$S = \left( \prod_{k=1}^n S_k \right)^{1/n} \quad (4)$$

式中， $S$  为土地利用中  $n$  维资源的生态位适宜度； $n$  为约束该土地利用的资源维数。

## 2.2 评价因子的选取与体系构建

土地利用生态位适宜度评价因子的选取原则主要有：差异性原则，主导性原则，综合性原则，可操作性原则，还要体现不同发展目标与空间尺度下的土地利用限制因子的差异性<sup>[19]</sup>。评价因子选取首先依据文献[7-9]、[14-18]初步建立指标体系；其次依据数据来源、可测性、独立性等采用 5 人专家咨询会对指标体系进行简化处理；最后根据不同的区域发展目标，可建立农业发展生态位适宜度、城镇发展生态位适宜度、产业园区生态位适宜度及生态保护生态位适宜度评价因子体系 (表 1)。具体应用中，评价因子应先通过显著性水平  $P=0.05$  及相关系数  $r < 0.7$  的相关性检验。

表 1 土地利用功能的生态位适宜度评价因子体系

Table 1 Factors of niche-fitness evaluation for land-use functional regionalization

类型	因子	单位	因子代码	资源需求类型
农业发展生态位适宜度 (A)	耕地占土地总面积的比重	%	A1	1
	土壤有机质含量	g/kg	A2	1
	坡度指数	无纲量	A3	3
	有效土层厚度指数	无纲量	A4	1
	地均粮食产值	元/km <sup>2</sup>	A5	1
城镇发展生态位适宜度 (B)	到市中心的距离	km	B1	1
	建设用地占土地总面积的比重	%	B2	1
	地均 GDP	万元/km <sup>2</sup>	B3	1
	第三产业产值占 GDP 比重	%	B4	1
	人口密度	千人/km <sup>2</sup>	B5	2
	人口城市化率	%	B6	1
产业园区生态位适宜度 (C)	等级以上道路通达度	无纲量	C1	1
	工业占 GDP 比重	%	C2	1
	现有县级工业园区个数		C3	1
	园区完成固定资产投资	亿元	C4	1
	园区累计利用外资额	亿美元	C5	1
	园区高新技术企业年增加值	亿元	C6	1
生态环境生态位适宜度 (D)	林地占土地总面积的比重	%	D1	1
	水源保护区指数	无纲量	D2	1
	森林和自然保护区指数	无纲量	D3	1
	水土流失级别指数	无纲量	D4	1
	土地侵蚀模数	无纲量	D5	1

### 2.3 数据标准化

数据标准化的方法有多种,如极值标准化、均值标准化、标准差标准化法等,为了消除不同性质、不同量纲、不同数量变化幅度的数值统计的不合理影响,经试验,最后采用标准差标准化法进行数据处理,计算公式为

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (5)$$

式中,  $X_{ij}$  为第  $i$  个评价对象  $j$  因子标准化值;  $x_{ij}$  为第  $i$  个评价对象  $j$  因子的原始值;  $\bar{x}_j$  为的  $x_j$  平均值;  $s_j$  为  $x_j$  的标准差。数据标准化后,  $X_{ij}$  表示原始数据与平均值的距离。

### 2.4 确定各因子的生态位理想值

对不同的研究区域,因其影响土地利用的因素不同,其评价因子的生态位理想值也会有所不同。另外,评价因子的生态位理想值确定不仅要考虑土地利用的需求生态位水平,还要考虑研究区域土地利用的现实生态位水平<sup>[20-21]</sup>。因此,参照参考文献<sup>[20-21]</sup>的方法,对于第 1 种资源,选择其指标值标准化后的最大值为理想值,如道路通达度等因子;对第 2 种资源,选择其指标值标准化后的平均值为理想值,如人口密度等;对第 3 种资源,选择其指标标准化后的最小值为理想值,如坡度指数。

最后,将各因子的标准化值代入上式中计算,可得到 4 种土地利用生态位适宜度  $S$ 。

### 2.5 划分土地利用功能分区

根据生态位适宜度的定义,适宜度最大值所对应的发展类型即为最适宜的土地利用功能分区类型。利用公式(4)的计算结果,以适宜度最大值为标准,划分对应的土地利用功能分区。另外,近年来济南市在南部低山丘陵地带大力发展生态旅游农业,兼顾了生态保育和经济发展,但该地区的农业发展指标值较低,基于此,将生态农业发展区的适宜度值范围划定为(0, 0.5)。具体划分规则如表 2 所示。

表 2 基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区划分规则

Table 2 Rules of land-use functional regionalization based on niche-fitness model

分区类型	生态位适宜度最大值所在指标	生态位适宜度范围
现代农业发展区	农业发展指标 A	$0.5 \leq S_A \leq 1$
生态农业发展区	农业发展指标 A	$0 < S_A < 0.5$
城镇发展区	城镇发展指标 B	$0 < S_B \leq 1$
产业园区发展区	产业园区发展指标 C	$0 < S_C \leq 1$
生态保护区	生态保护指标 D	$0 < S_D \leq 1$

需要说明的是,土地利用是受人为因素、政策因素干扰强烈的人类活动。因此在基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区基础上,需要根据该地区土地利用资源现状、社会经济发展规划目标及土地利用政策进行定性调整。

## 3 实证研究

### 3.1 数据来源

通过参考已有相关成果<sup>[23]</sup>进行试验,以乡镇、街道办事处为评价的基本单元,土地利用数据来源于济南市

2005 年 1:10 000 的土地利用现状图(MapInfo tab 格式),社会经济数据来源于 2006 年济南市及各区县的统计年鉴,生态环境数据来源于《济南市土地适宜性评价与农用地结构优化研究》专题报告<sup>[22]</sup>,有机质含量、土壤侵蚀模数等土壤数据来源于 1985 年山东省第二次土壤普查数据。

研究数据包括图形数据和相应的属性数据。图形数据主要以 MapInfo 软件为平台,以 2005 年济南市土地利用现状数据(MapInfo tab 格式)为基础,分层抽取本研究所需图层(如地类图斑图层、乡镇界线图层等),属性数据通过 Microsoft Office Excel 输入,并由共同字段标识码实现图形数据和属性数据之间的连接,形成基于 MapInfo 软件的研究基础数据库。

### 3.2 生态位适宜度的空间分布

基于 MapInfo 软件,运用公式(5)将上述因子值标准化后,分别代入公式(1)~(4),计算得到各评价单元的 4 类土地利用生态位适宜度值。综合考虑生态适宜与区域均衡发展,采用等距离法将适宜度值划分为 4 个等级,结果如图 1 所示,其中农业发展生态位适宜度的高值均分布在北部黄河两岸的冲积平原地区,城镇发展生态位适宜度的高值分布城市中心外围及黄河南部的济阳县、章丘市部分乡镇,这是因为济南市城区内人口密度较大,已经超过了资源环境承载力,需要引导人口、资源等外部中心镇疏散,产业园区生态位适宜度的高值分布较为分散,在城郊东南西北方向均有分布,生态保护生态位适宜度的高值主要分布在南部山区。

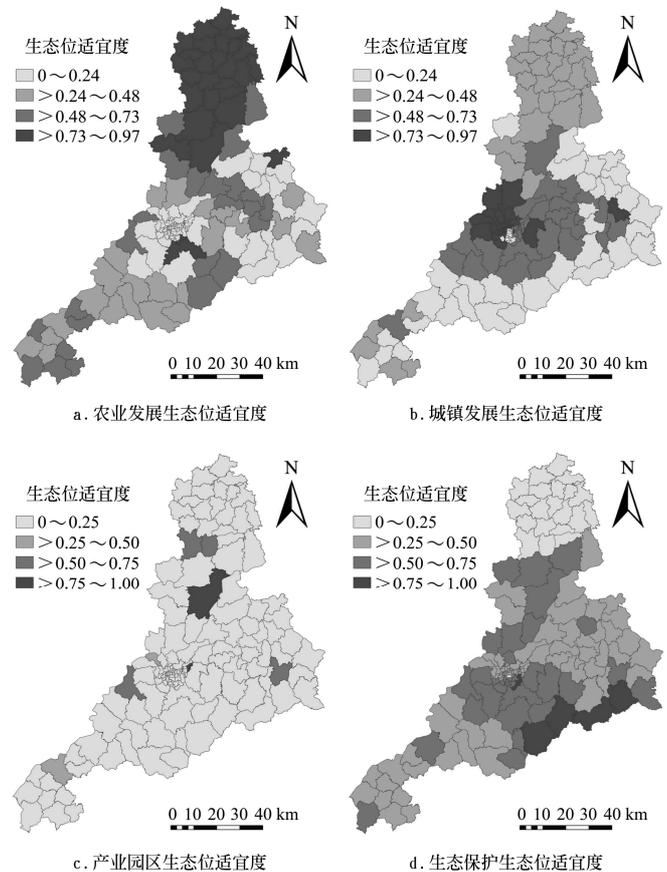


图 1 济南市 4 类土地利用生态位适宜度分布图

Fig.1 Maps of four kinds of land-use niche-fitness in Jinan City

### 3.3 土地利用功能分区结果

根据生态位适宜度的结算结果，划分土地利用功能分区，结果如图 2 所示。土地利用功能分区结果显示济南市“一脊两翼”的土地利用空间布局：“一脊”即中部城镇及产业园区发展区，形成济南市经济增长的中心脊线；“两翼”分别是北部的现代农业发展区和南部的生态农业发展区及生态保护区，其中北翼为济南乃至全省粮食安全保障，是全省重要的粮棉菜生产基地，南翼为济南中心城区提供生态屏障，以水源涵养、山区生态绿化为主要目标。

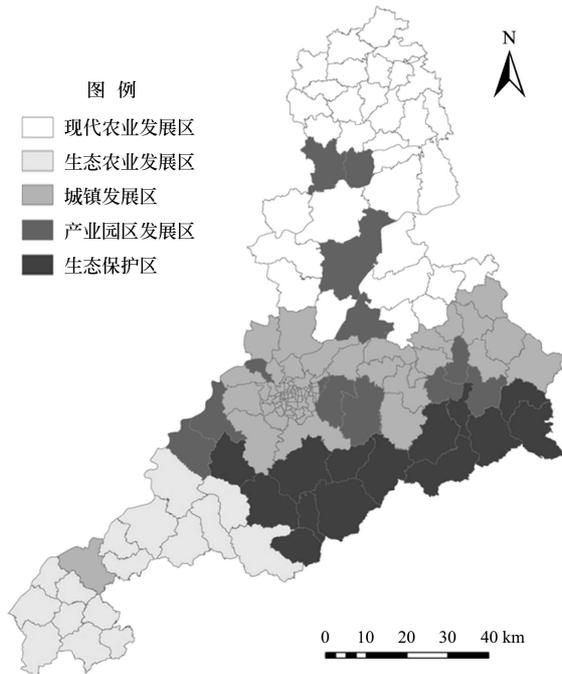


图 2 济南市土地利用功能分区

Fig.2 Land-use functional regionalization in Jinan City

对比济南市城市总体规划中的“一心三轴十六群”的城镇空间组织结构<sup>[24]</sup>，可知土地利用功能分区结果与济南市城镇空间组织结构基本一致。但城市总体规划中城镇职能分配只考虑地域邻近、资源相似、产业相近原则，而基于生态位适宜度的土地利用功能分区是以土地利用现实生态位和需求生态位的耦合程度为依据，从土地资源的角度进行资源空间优化布局。

针对这样的优化结果，结合土地利用规划的空间管制措施，各功能分区的土地利用方向分别如下：

**现代农业发展区：**限制开发区，主要分布在黄河冲积平原上。该区自然条件较好，应充分利用现有耕地资源，大力发展设施农业和现代农业；通过土地整理逐步提高耕地质量，大力推进水利设施建设；控制农村居民点及城镇建设用地规模。

**生态农业发展区：**限制开发区，主要分布在泰山山脉西延余脉与鲁西平原的过渡地带，属于低山丘陵区。该区以生态保护为基本目标，以生态集约农业和生态休闲旅游为主要土地利用方式；在平原地区适度发展生态集约农业；重要生态廊道内鼓励进行生态建设和适度农

业生产活动。

**城镇发展区：**优化开发区，主要分布在黄河以南，南部山区以北的平原地区，该区也是济南市中心城区，区内国土开发密度已经较高，人口高度聚集，资源环境承载能力开始减弱。优化城乡空间资源配置，构建合理的城镇体系，引导区域整体发展、城乡协调发展是该区的土地利用空间管制目标。

**产业园区发展区：**重点发展区，该区主要依托济南市现有的国家级及省级开发区，重点发展工业及配套产业。园区应当根据发展速度及用地实际，严格规划、适度超前，确保土地征、用平衡；园区内用地类型以工矿仓储用地为主；区内工业项目应当坚持布局集中，产业集聚，用地集约的原则。

**生态保护区：**禁止开发区，主要分布在济南南部山区及泉域保护区。以生态保护为主导，该区可依托其特有的自然风光资源，以自然风光名胜旅游及生态农业为主要的土地利用方式。

### 3.4 可行性分析

根据济南市 2005 年土地利用现状图，统计各功能分区的土地利用现状结构，见表 3。各功能分区的土地利用现状结构与其功能定位相吻合，如现代农业发展区的农用地占全区总面积的 78.76%，其中耕地面积占全区面积 65.15%；城镇发展区的建设用地占全区总面积的 26.85%；而生态保护区中 29.95%的土地为未利用地。

表 3 济南市土地利用功能分区土地利用结构  
Table 3 Land-use configuration of land-use functional regionalization in Jinan city

土地利用功能分区	农用地合计	农用地			建设用地	未利用地	总计
		耕地	园地	林地			
现代农业发展区	78.76	65.15	1.58	2.84	14.57	6.67	100.00
生态农业发展区	72.35	46.40	5.53	13.57	13.33	14.32	100.00
城镇发展区	61.85	41.93	2.17	5.89	26.85	11.30	100.00
产业园区发展区	65.05	47.12	25.79	61.39	24.43	10.52	100.00
生态保护区	60.31	25.54	4.13	10.12	9.74	29.95	100.00

从表 3 可知，基于生态位适宜度的土地利用功能分区结果既是基于土地利用的现实生态位的基础条件，同时也充分考虑了土地利用与其相应的需求生态位的匹配关系，当评价单元土地利用的现实生态位与需求生态位相匹配时，该评价单元对这种土地利用方式才是适宜的，即该土地利用功能分区是基于土地利用的现实生态位和需求生态位的耦合关系的一个分区结果。分区结果验证了基于生态位适宜度模型进行土地利用功能分区的可行性。

## 4 结论

本研究根据土地利用的现实生态位和需求生态位的耦合关系构建土地生态位适宜度模型，以山东省济南市为例，根据生态位适宜度值划分土地利用功能分区。结果表明，该模型能有效划分济南市土地生态适宜度的空

间差异性, 北部以农业生产为主, 中部依托现有城镇发展体系, 以城镇建设为主, 南部以生态建设、水源涵养为主。分区结果综合考虑土地资源的社会、经济、生态效益, 是基于生态理念的新一轮土地利用总体规划的一个有效创新。

需要注意的是, 由于各地区的资源禀赋有所差异, 土地利用的影响因素和现实生态位不同。因此, 应用该模型的关键在于确定基于评价区域实际状况的评价指标和生态位理想值。下一步的研究中工作侧重于通过大量的实例验证, 建立一个可在大范围区域适用的评价指标体系, 探索确定生态位理想值的科学有效的方法。

#### [参 考 文 献]

- [1] 张洁瑕, 陈佑启. 中国土地利用区划研究概况与展望[J]. 中国土地科学, 2008, 22(5): 62—68.  
Zhang Jiexia, Chen Youqi. Review and outlook of the research on land use regionalization in China[J]. China Land Science, 2008, 22(5): 62—68. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张洁瑕, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 基于土地利用功能的土地利用分区研究: 以吉林省为例[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(3): 29—35.  
Zhang Jiexia, Chen Youqi, Yao Yanmin, et al. Study on land use regionalization based on land-use function: case study of Jilin province[J]. Journal of China Agricultural University, 2008, 13(3): 29—35. (in Chinese with English abstract)
- [3] 吴传钧, 郭焕成. 中国土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [4] Daniel P M, John F M. land use before zoning: the case of 1920's[J]. Chicago's regional science and urban economics, 1999, 29(4):473—489.
- [5] 彭建, 王军. 基于 Kohonen 神经网络的中国土地资源综合分区[J]. 资源科学, 2006, 28(1): 43—50.  
Peng Jian, Wang Jun. Land use zoning in China based on Kohonen network[J]. Resources Science, 2006, 28(1): 43—50. (in Chinese with English abstract)
- [6] 王秀红. 多元统计分析在分区研究中的应用[J]. 地理科学, 2003, 23(1): 66—71.  
Wang Xiuhong. Application of multivariate statistical analysis in regionalization study[J]. Scientia Geographica Sinica, 2003, 23(1): 66—71. (in Chinese with English abstract)
- [7] 明泓, 廖和平, 彭征, 等. 重庆市巫山县土地利用功能分区研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(20): 5342—5343, 5375.  
Ming Hong, Liu Heping, Peng Zheng, et al. Research on regional function division of land use at Wushan County in Chongqing[J]. Journal of Anhui Agri. Sci. 2006, 34(20): 5342—5343, 5375. (in Chinese with English abstract)
- [8] 丛明珠, 欧向军, 赵清, 等. 基于主成分分析法的江苏省土地利用综合分区研究[J]. 地理研究, 2008, 27(3): 574—582.  
Cong Mingzhu, Ou Xiangjun, Zhao Qing, et al. Division of land use degree in Jiangsu Province based on principal component analysis[J]. Geographical Research, 2008, 27(3): 574—582. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王秀红, 何书金, 张懿铨, 等. 基于因子分析的中国西部土地利用程度分区[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 731—738.  
Wang Xiuhong, He Shujin, Zhang Yili, et al. Division of land use degree in western China using factor analysis[J]. Geographical Research, 2001, 20(6): 731—738. (in Chinese with English abstract)
- [10] Jihuai Wang. The models of niche and their application[J]. Ecological Modeling, 1995, 80: 279—291.
- [11] 胡春雷, 肖玲. 生态位理论与方法在城市研究中的应用[J]. 地域研究与开发, 2004, 23(2): 13—16.  
Hu Chunlei, Xiao Ling. The pilot application of the niche theories and methods in the research of city[J]. Areal Research And Development, 2004, 23(2): 13—16. (in Chinese with English abstract)
- [12] Ouyang Z, weisman J, wang R. ecological niche suitability model with an application in taojiang land use planning of environment science. 1994, 6(4): 449—456.
- [13] Wenlong Li, Zizhen Li, Weide Li. Effect of the niche-fitness at different water supply and fertilization on yield of spring wheat in farmland of semi-arid areas[J]. Agricultural Water Management, 2004, 67(1): 1—13.
- [14] 井波, 任建兰. 生态位理论在土地利用结构优化中的应用: 以济南市为例[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2006, 21(4): 79—81.  
Jing Bo, Ren Jianlan. The apply of niche theory in land use configuration preliminary: A case study of Jinan[J]. Journal of Shandong Normal University: Natural Science, 2006, 21(4): 79—81. (in Chinese with English abstract)
- [15] 王筱明. 生态位适宜度评价模型在退耕还林决策中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 113—116.  
Wang Xiaoming. Application of ecological niche suitability evaluation model to decision-making for converting cultivated land into forests[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(8): 113—116. (in Chinese with English abstract)
- [16] 刘小平, 黎夏, 彭晓娟. “生态位”元胞自动机在土地可持续规划模型中的应用[J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2391—2402.  
Liu Xiaoping, Li Xia, Peng Xiaojuan. Niche-based cellular automata for sustainable land use planning[J]. Acta Ecological Sinica, 2007, 27(6): 2391—2402. (in Chinese with English abstract)
- [17] 罗小龙, 甄峰. 生态位态势理论在城乡结合部应用的初步研究: 以南京市为例[J]. 经济地理, 2000, 20(5): 55—59.  
Luo Xiaolong, Zhen Feng. A preliminary research on the use of the ecostate-ecorole theory in the study of urban-rural ecotone: A case study of Nanjing[J]. Economic Geography, 2000, 20(5): 55—59. (in Chinese with English abstract)
- [18] 付清, 赵小敏, 乐丽红, 等. 基于 GIS 和生态位适宜度的耕地多适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 208—213, 318.  
Fu Qing, Zhao Xiaomin, Le Lihong, et al. Evaluation on multi-suitability of cultivated land based on GIS and

- niche-fitness model[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(2): 208—213, 318. (in Chinese with English abstract)
- [19] Liu M F, Zhang J. Appraisal on logistics park niche fitness based on gray relation analysis[A]. The Paper Corpus of Conference on Systems Science, Management Science and System Dynamic[C]. Shanghai: System Dynamic Soc, 2007. 1393—1398.
- [20] 于婧, 聂艳, 周勇, 等. 生态位适宜度方法在基于 GIS 的耕地多宜性评价中的应用[J]. 土壤通报, 2006, 43(2): 190—196.  
Yu Jing, Nie Yan, Zhou Yong, et al. Niche-fitness theory and its application to GIS-based multi-suitability evaluation of cultivated land[J]. Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(2): 190—196. (in Chinese with English abstract)
- [21] 俞艳, 何建华. 基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 124—128.  
Yu Yan, He Jianhua. Land eco-economical suitability evaluation based on niche fitness[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1): 124—128. (in Chinese with English abstract)
- [22] 济南市国土资源局. 济南市土地适宜性评价与农用地结构优化研究[R], 2006.
- [23] 杨利民, 赵丹丹, 何安国, 等. 土地利用规划应把握的几个关键问题[J]. 经济地理, 2007, 27(5): 46—48.  
Yang Limin, Zhao Dandan, He Anguo, et al. Several key questions to be grasped of the general plan in the land utilization[J]. Economic Geography, 2007, 27(5): 46—48. (in Chinese with English abstract)
- [24] 济南市规划局. 济南市城市总体规划[R/OL]. <http://www.jnup.gov.cn>, 2007-10-17/2009-04-09.

## Land-use functional regionalization based on niche-fitness model

Meng Lina<sup>1</sup>, Zheng Xinqi<sup>2,3\*</sup>, Zhao Lu<sup>2</sup>, Deng Jing<sup>2</sup>

(1. Department of Geography and Resources Management, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China;

2. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Land Resources Information Development Research Laboratory, Beijing Municipal Bureau of Land and Resources, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Land-use regionalization is one of important contents of general land-use planning. Land-use functional regionalization was studied quantitatively based on niche theory in the paper. Firstly, the concept of land-use niche was proposed, and then land-use niche-fitness model was built based on the coupling relationship between requirement niche and realistic niche. Secondly, indices of land-use niche-fitness evaluation were constructed. Finally, taking the result of land-use niche-fitness evaluation as a criterion, land-use was regionalized based on GIS. Taking Jinan City as a study area, the results showed that the regionalization project was optimal and reasonable, and the practicality of the model was verified. This work can provide a new technique for the similar research of land-use regionalization from a view of niche-fitness.

**Key words:** land use, regional planning, functional regionalization, niche-fitness model