

# 中小城镇绿色空间评价与格局优化 ——以山东省即墨市为例

常 青<sup>1,2</sup>, 王仰麟<sup>1,2,\*</sup>, 李双成<sup>1</sup>

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

**摘要** :目前引导城市空间合理发展已成为城市研究热点之一。绿色空间具有生命支撑、生态调节与环境保护等多重功能,是城市空间生态调控和可持续发展的基础。为指导快速城市化时期我国中小城镇空间的健康发展,选择山东省即墨市为研究区,以绿色空间类型与功能为切入点,综合运用生态适宜性、敏感性和连通度评价等景观生态学理论与方法,借助 GIS 技术,探索中小城镇绿色空间评价与格局优化方法,并以此对城镇空间总体布局进行调控。研究结果表明,基于景观生态评价的城市绿色空间格局优化,能够提供城镇发展的生态管制刚性区和引导发展弹性区,是指导城市空间理性发展的一条有效途径。

**关键词** 城镇绿色空间;生态适宜性;生态敏感性;生态连通度;格局优化

文章编号:1000-0933(2007)09-3701-10 中图分类号:Q149;TU985 文献标识码:A

## Green space spatial assessment and pattern optimization for towns : a case study of Jimo in Shandong Province , China

CHANG Qing<sup>1,2</sup>, WANG Yang-Lin<sup>1,2,\*</sup>, LI Shuang-Cheng<sup>1</sup>

1 College of Environmental Sciences , Peking University , Beijing 100871 , China

2 The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences , Shenzhen Graduate School , Peking University , Shenzhen 518055 , China

*Acta Ecologica Sinica* 2007 27 (9) : 3701 ~ 3710.

**Abstract** : An important issue for scientific and policy works in China is determination of the most ecologically sound configuration for millions of people inhabiting towns and cities. Developing green space system strategies is becoming a hotspot of urban ecological research. This manuscript presents a landscape ecological method for developing green infrastructure using the town of Jimo , in Shandong Province , China , as a case study. The structure of green space was analyzed using FRAGSTATS software based on land use data. Applying the Patch-Corridor-Matrix Model theories of landscape ecology , we assessed the ecological suitability , sensitivity and connectivity of green space based on the Geographical Information System (GIS) , using Fuzzy Sets Theory , the Delphi method and the Cost-distance model , respectively. Finally , by optimizing patterns using a weighted overlay and integrated analysis method , we constructed a green space system for the town composed of rigid protected areas and flexible developable areas.

From the aspect of green space elements , green matrixes needing protection involve agro-lands in the west , the Dagu watershed and hills/swamps in the east. Small groves , ponds , and woodland patches may become important ecological stepping stones among matrixes. The ecological connectivity of green spaces in Jimo is good but lacks obvious greenways.

基金项目 国家自然科学基金重点项目 (40635028) ;国家自然科学基金面上基金项目 (40471002)

收稿日期 2006-07-28 ;修订日期 2007-03-28

作者简介 常青 (1978 ~ ) ,女 ,内蒙古丰镇人 ,博士生 ,主要从事城市景观生态研究. E-mail : nmevergreen@163. com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail : ylwang@urban. pku. cn

**Foundation item** : The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40635028 ;40471002)

**Received date** 2006-07-28 ; **Accepted date** 2007-03-28

**Biography** : CHANG Qing , Ph. D. candidate , mainly engaged in urban landscape ecology. E-mail : nmevergreen@163. com

Therefore , with the assistance of eco-cost distance analysis of urbanization , future greenway alternatives proposed include an eastern hill forest greenway and a western river-reservoir greenway. From the aspect of space patterns , a green space system , with rigid protected areas and flexible areas of potential development , has a conjugative relationship with the construction space. Moderating conflicts between urban expansion and natural protection is important. As a result , this green space system has been successfully applied to Master Planning for the town of Jimo. A green space strategy for towns , based on green space assessment and pattern optimization , provides an effective approach for space development and management in towns.

**Key Words :** town green space ; ecological suitability ; ecological sensitivity ; ecological connectivity ; pattern optimization

如何引导城市空间健康发展 ,已成为城市研究热点之一。绿色空间 (urban green space )包括农林、园林及荒野等绿地和河流、湿地等水域<sup>[1~5]</sup> ,具有生命支撑、生态调节和环境保护等多重功能<sup>[6]</sup> ,是城市发展和空间调控的基础<sup>[7~9]</sup>。我国不少学者围绕城市空间生态调控方法展开研究<sup>[10~12]</sup> ,且多集中于北京、深圳等大城市 ,缺乏对中小城镇的实践分析以及定量定性分析方法的综合。我国已进入快速城市化时期 ,综合运用生态学原理和方法 ,指导这一时期中小城镇空间理性发展 ,对未来我国城市可持续发展具有重要意义。

因此 ,本文以山东省即墨市为例 ,以绿色空间类型与功能为切入点 ,借助 GIS 技术与土地利用数据 ,综合运用景观生态学理论与定量方法 ,优化即墨城市绿色空间体系 ,试图以此构建城市生态管制刚性区和发展弹性区 ,探索引导中小城镇空间健康发展的有效途径。

1 城镇绿色空间评价与优化方法

基于空间异质性、生态整体性与结构-功能等景观生态学基础理论 ,景观生态评价与格局优化为城市绿色空间研究提供了强有力的理论与方法支撑<sup>[11,13~21]</sup>。本研究拟通过城镇土地利用格局分析确定城镇空间的“斑-廊-基”要素组成与结构特征 ,并根据景观生态评价方法的特点 ,针对基质、斑块与廊道 3 个空间要素分别进行生态适宜性、敏感性和连通度评价分析 ,在此基础上进行城市绿色空间格局优化 ,并结合社会经济发展数据确定未来城市发展的潜力区 ,以为城市及土地利用规划提供基本信息 ,引导城市空间健康发展 (图 1)。

1.1 生态适宜性评价

生态适宜性评价是生态规划的核心 ,其目标是根据区域自然资源与环境性能 ,根据发展需求与资源利用要求 ,划分资源与环境的适宜性等级<sup>[14]</sup>。生态适宜性评价的定量方法主要包括因子叠合法、因子分析法和模糊综合评判模型等。

资源与环境的生态适宜性是一个模糊概念 ,十分适合采用模糊综合评判模型进行评价<sup>[15,16]</sup>。其具体步骤为 :①指标识别与选择  $x_i$  ;②设定模糊集 ,包括指标集  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n\}$  与评语集  $V = \{\text{很适宜}, \text{适宜}, \text{勉强适宜}, \text{不适宜}\}$  ;③建立各指标  $x_i$  的隶属度函数  $r_i$  (公式 1) 及相对隶属度矩阵  $R$  ;④确定评价指标权重集  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{n-1}, w_n\}$  ;⑤建立综合评价矩阵  $S = W \cdot R$  (公式 2) ;⑥根据模糊变换原理 ,将主导因素决定法与加权平均法相结合 ,借助 ArcGIS9.0 空间分析功能计算空间各单元的综合生态适宜度 :

$$r_i = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & x \geq m \\ \frac{x-m}{k-m} & m > x \geq k \\ \frac{x-k}{t-k} & k > x \geq t \\ 0 & x < t \end{array} \right\} \text{ (正指标)}$$
$$r_i = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & x < t \\ \frac{k-x}{k-t} & t \leq x < k \\ \frac{m-x}{m-k} & k \leq x < m \\ 0 & x \geq m \end{array} \right\} \text{ (负指标)}$$

(1)

$$S = W \times R = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & r_{n4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_n \end{bmatrix}$$

(2)

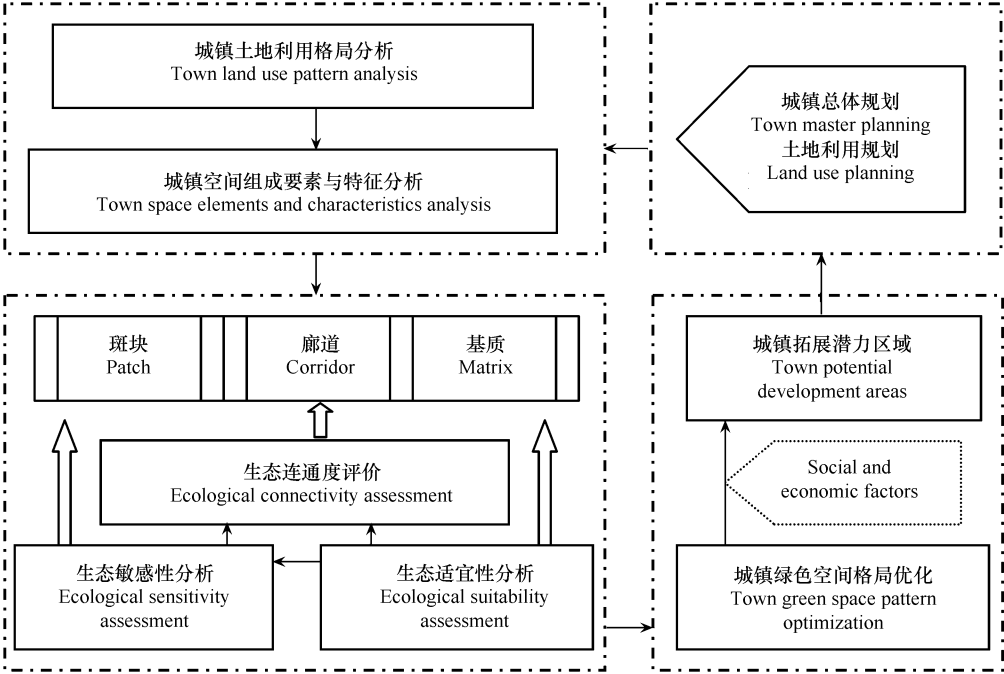


图 1 城镇绿色空间评价与格局优化步骤

Fig. 1 The steps of urban green space assessment and pattern optimization

1.2 生态敏感性评价

生态敏感性是指生态系统对各种环境变异和人类活动干扰的敏感程度<sup>[7]</sup>,用以明确对生态环境影响最敏感和最具保护价值的地区。一般选取的生态参数包括地形地貌、植被覆盖类型、生物多样性、土壤渗透性等<sup>[1,17]</sup>。城市生态系统生态敏感性分析常从社会经济活动对各生态参数的影响出发,采用生态因子评分法进行评价<sup>[8]</sup>:首先通过德尔菲法获得各生态单元的原始评分,即将每项开发活动 $B_j$ 对于每一生态参数 $A_i$ 的影响,记作 $A_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m$ );将各生态参数 $A_i$ 对于每项开发活动 $B_j$ 的限制记作 $B_{ij}$ ;受影响最小的参数为 1 分,其次为 2 分,依次类推,影响最大者得 5 分,构成原始数据矩阵 $A$ 与矩阵 $B$ 。然后对各项评价数据按公式 3 综合评分,最终得出各评价单元对各类开发活动的敏感性程度:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{14} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{n4} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{14} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \dots & B_{n4} \end{bmatrix}$$
$$E_s = \sum_{i=1}^n (A_{i1}B_{i1} + A_{i2}B_{i2} + \dots + A_{ij}B_{ij} + \dots + A_{i(n-1)m-1}B_{i(n-1)m-1} + A_{nm}B_{nm})$$

(3)

1.3 生态连通度评价

生态连通度 (Ecological connectivity index)是指不同景观/空间要素之间的物质流、能量流或信息流等生态功能联系<sup>[9]</sup>。城市生态系统连通度会受到各生态单元特性以及人工建筑物阻隔等因素影响,因此本研究主要采用最小累计耗费距离模型 (Minimum accumulative cost distance)<sup>[20,21]</sup>,以生态连通度指数 (ECI)表征空间单元间的生态连通度<sup>[9]</sup>,计算见公式 4,式中 $x_i$ 为空间单元各点进行生态功能联系时的最小累计耗费值:

$$ECI = 10 - 9 \frac{\ln(1 + x_i)}{\ln(1 + x_{\max})^3}$$

(4)

ECI 分析关键在于景观耗费 $C$ ,其由人工建筑物障碍阻力和空间单元兼容效力两个方面构成,即:

$$C = B + A$$

(1)  $B$  是空间各点的障碍效应指数 (Barrier effect index), 是以空间某点的人工建筑物的障碍阻力  $B_i$  与空间最大障碍阻力  $B_{\max}$  的比值表示。其中  $B_i$  表征各人工建筑空间对生态功能穿越空间各点时的阻碍程度, 由建筑空间障碍效应研究的相关方法求得 (公式 5) [19], 式中  $b_s$  为人工建筑物对生态功能的影响程度;  $k_{s1}$ 、 $k_{s2}$  为常数 ( $s = 1 \sim n$ );  $d_s$  为人工建筑物对各类生态系统单元功能传递中产生的最小累计阻力:

$$B = \sum_{s=1}^5 B_s = \sum_{s=1}^5 [b_s - k_{s1} \ln (k_{s2} d_s / 100 + 1)]$$

(5)

(2) 空间单元的兼容效力是指由邻近空间单元所具功能差异而引起的单元间功能传递效率或程度  $A$ , 可用各单元土地利用方式的兼容程度表示, 其值在 0 ~ 1 之间。

(3) 借助 ArcGIS9.0 Cost distance 分析模块, 即可获得空间各点进行生态功能联系所需的最小累计耗费  $x_i$ 。

2 案例研究——以青岛即墨市为例

2.1 背景分析

2.1.1 研究区域概况

即墨市位于山东半岛东部, 是青岛市所属的县级市 (图 2), 界于 120°17' ~ 121°23' E、36°18' ~ 36°37' N 之间, 陆地总面积 1780km<sup>2</sup>, 海域总面积 2500km<sup>2</sup>。全市地势自东南向西北倾斜, 平原面积最大, 低山丘陵次之, 属北温带季风气候, 年平均气温为 12℃, 年平均降水量为 613 ~ 905mm。

1989 年即墨撤县建市, 现共划分为 18 个镇、5 个街道办事处、1 个省级经济开发区和 1 个省级旅游度假区。2004 年总人口 108.22 万, 其中非农人口 15.78 万。即墨以其优越的经济区位和良好的自然资源条件, 是大青岛区域最具发展活力的城市之一。2004 年全年完成工业总产值 361.3 亿元, 同比增长 28.8%, 位居青岛五市之首, 处于加速工业化阶段。快速工业化与城市化已给全市自然资源和生态环境带来巨大压力。

2.2.1 城市空间特征分析

即墨城市空间主要以农用地为主, 约占 67%, 林草地、水域等用地比例较低, 与建设用地比例相当<sup>①</sup>。依据土地利用特点及人类改造程度, 本文将即墨城市空间划分为绿色空间和建筑空间两类进行景观格局特征分析<sup>②</sup>。结果显示 (表 1), 即墨城市 (半) 自然绿地总量低 (约占 17.9%), 尤其在中西部已成为一种稀缺资源。尽管即墨地貌形态并不复杂, 但林草地、水体等破碎化却比较严重 (斑块小且分散); 农用地分布及形态较复杂, 人为干扰程度高。而现有建设用地也极为分散, 在发展经济过程中各类建设用地不断向外扩展, 侵占外围农田、绿地与水体。

可见, 即墨城市以农田为基质、林地/水体等为斑块的“斑-基”绿色空间结构明显, 但斑块小且散, 缺乏廊道连接, 极易在快速城市化中丧失。城市建筑空间形态松散。由此城市空间处于对外拓展动力 (如经济、人口) 与阻力 (如自然屏障或生态功能) 相互博弈阶段, 其空间发展具有生态调控的基本条件, 具有自然保护与城市发展协调潜力。



图 2 研究区位置示意图  
Fig. 2 The location of study area

① 数据来源于即墨市土地调查资料  
② 受土地利用分类系统限制, 本次研究中建筑空间主要包括城镇、工矿、农村居民点和交通道路用地, 城市绿色空间为除上述建筑空间以外的其它用地类型, 但不包括建成区内园林绿地

表 1 即墨城市空间组成与特征分析

指数* Indices	绿色空间 Green space						建筑空间 Construction space		市域 Urban region
	林(草)地 Forests	耕地 Crops	园地 Groves	水域 Waters	荒地 Wilderness	其他 Others	现有城建用地 Built-up lands	道路 Roads	
AP (%)	9.37	60.46	1.33	8.53	0.68	5.21	13.55	0.88	1.00
NP (个)	4235	2195	1606	7986	637	4175	4356	1119	26309
MPZ (hm <sup>2</sup> )	4.21	52.39	1.57	2.03	2.04	2.37	5.92	1.50	7.23
PD (个/hm <sup>2</sup> )	0.24	0.02	0.63	0.49	0.49	0.42	0.17	0.67	0.14
MSI	1.42	1.51	1.36	1.37	1.36	1.37	1.35	1.57	1.40

\* 基于即墨市土地利用调查数据,经 FRAGSTATS3.2 计算求得。Calculated using FRAGSTATS3.2 software based on the land use investigation data in Jimo;

AP:面积比 Area percentage;NP:斑块数 Number of patch;MPZ:平均斑块大小 Mean patch size;PD:斑块密度 Patch density;MSI:平均形状指数 Mean shape index

2.2 城市绿色空间的评价与分析

鉴于此,本研究借助 GIS 技术,通过生态适宜性评价确定绿色空间基质保护范围,采用生态敏感性评价确定主要的生态功能斑块,在前二者基础上借助生态连通度评价确定潜在绿色廊道,作为城市绿色空间格局优化依据。

2.2.1 生态适宜性评价

农田作为即墨城市绿色空间的主要组分,既是主要保护对象,也是城市建设备用区,因此其适宜性评价是未来即墨城市发展的基础。参考农田生态适宜性评价相关研究<sup>[15,16]</sup>,根据即墨农田特点及资料可获取性,选取坡度、距河/库等水源地距离、土壤有机质含量、土壤质地以及粮食单产为评价因子(其中,定性描述因子的指标值首先需要量化(表 2),然后按公式 1 进行标准化),采取 1.1 中模糊综合评价模型进行即墨农田适宜性评价。评价结果在 0.34~1.0 之间,其中适宜农作的占农田总面积的 92% 以上,主要分布于西北部各镇以及东部田横、王村等镇,勉强适宜的占 7.56%,集中分布于东北部,不适宜的仅约 0.16% 左右,与勉强适宜类农田交叉分布于中南部(表 3)。

表 2 定性分析因子量化值<sup>[15,16]</sup>

指标 Index	很适宜 Most	适宜 More	勉强适宜 Less	不适宜 Non
距河库距离 Distance to water source (m)	500~2000	2000~3000	≥3000	<500
量化值 Value	100	80	60	20
土壤质地 Soil texture	轻壤 Light loam	砂壤 Sandy loam	中壤 Medium loam	砂土 Sandy
量化值 Value	100~95	95~75	75~35	35~10

表 3 农田生态适宜性因素等级指标\*及评价结果

因子 Factors	很适宜 Most	适宜 More	勉强适宜 Less	不适宜 Non	权重 Weight
	F1	F2	F3	F4	
坡度 Slope (°)	<6	6~15	15~25	≥25	0.176
土壤有机质 Organic matter in soil (%)	≥1.90	0.86~1.90	0.50~0.86	<0.50	0.232
粮食单产 Production (kg/hm <sup>2</sup> )	≥7268	7268~5714	5714~4550	<4550	0.283
距河库距离 Distance to water source (m)	≥90	90~70	70~50	<50	0.136
土壤质地 Soil texture	≥95	95~75	75~35	<35	0.173
综合适宜度 Integrated suitability value	≥0.67	0.5~0.67	0.34~0.5	<0.34	1.000

\* 为便于计算,依据 1.1 模糊评价法划定各指标实际数值的等级,并进行标准化,使综合适宜度在 0~1 之间。According to Fuzzy sets theory, the qualitative factors need to be graded and standardized as formula 1 in 1.1, and the values of ecological suitability range from 0 to 1

2.2.2 生态敏感性评价

城市自然绿色空间对城市化过程及人类活动极为敏感,故这里主要选取除耕地外的其他绿色空间斑块为

评价单元 ,制造业、商住开发、交通运输、旅游休闲度假和农业生产等几项开发经济活动作为评价因子 ,坡度、所在区域保护等级、面积、污染危险程度和破碎化程度等为主要考虑的生态参数 ,按德尔菲法与公式 3 计算出各生态单元的综合评估值 (11 ~ 35 ) ,并分成强敏感、敏感、弱敏感 3 个等级评价各绿色要素的生态环境敏感性 (表 4 )。其中 ,东部滩涂湿地、马山国家保护区和西部大沽河流域生态敏感性最高 ,其次东部山丘林地和未利用地等 ,而园地、农业设施用地和小坑塘水域等属生态弱敏感区。

表 4 其他绿色空间要素的生态敏感性分析 \*

斑块类型 Patch types	评估值 Value ES	敏感区类型 Sensitivity types
水库/河流 Reservoirs/Rivers (F8 )	35	极敏感区 Most sensitive
滩涂湿地 Swamps (F7 )	34	极敏感区 Most sensitive
马山国家保护区 Mashan National Reserve (F6 )	33	极敏感区 Most sensitive
林草地 Forests (F5 )	26	敏感区 Sensitive
荒地 Wilderness (F12 )	24	敏感区 Sensitive
园地 Groves (F9 )	20	弱敏感区 Less sensitive
坑塘/盐田 Ponds/Saline (F10 )	15	弱敏感区 Less sensitive
其他农用地 Other agro-lands (F11 )	11	弱敏感区 Less sensitive

\* 依据 1.2 生态因子评分法计算各斑块敏感程度 The sensitivity values are calculated using the eco-factors-valuing method in 1.2

2.2.3 生态连通度评价

生态连通度评价的目的是明确即墨城市空间单元间生态功能联系的强弱 ,确定未来即墨城市生态廊道建设的潜力区域。一方面 ,按人类活动干扰的强弱 ,本研究将即墨城市建筑空间分为低密度建成区、农村道路、水利建筑、铁路与公路以及高密度建成区五类 ,赋予不同的影响权重 (表 5 ) ,参考人工建筑空间阻碍效应的相关研究方法 [9] ,并在生态适宜性和敏感性分析结果基础上 ,确定人工阻碍效应对各类城市空间单元影响的强弱 (表 6 ) ,借助 ArcGIS9.0 中 Cost distance 获得人工建筑对各生态单元功能传递产生的最小累计阻力  $d_s$  ,然后采用 Raster calculator 分析模块 ,按公式 4 计算获得空间各点的建筑空间对生态功能穿越的阻力值  $B_i$  与障碍效应指数  $B$  (图 3 )。另一方面 ,以土地利用方式的兼容性确定绿色空间单元与城市空间单元的生态功能兼容系数 (表 7 ) ,经 Raster calculator 分析获得空间各点的兼容效力指数  $A$ 。二者进行栅格加和计算获得各单元进行生态功能联系的耗费系数 ,并经 Cost distance 分析即可获得空间单元各点的最小累计耗费  $x_i$ 。

表 5 即墨绿色空间阻碍类型及其权重与常数 \*

序号 Code	类型 Type	权重 $b_s$ Weight	常数 $k_{s1}$ Constant 1	常数 $k_{s2}$ Constant 2
B1	低密度建成区 Low density urban areas and parks	$b_1 = 20$	$k_{11} = 11.100$	$k_{21} = 0.253$
B2	农村道路 Rural roads	$b_2 = 40$	$k_{12} = 22.210$	$k_{22} = 0.123$
B3	水利设施 Waters	$b_3 = 60$	—	—
B4	铁路与公路 Railways and urban roads	$b_4 = 80$	$k_{14} = 44.420$	$k_{24} = 0.063$
B5	高密度建成区 High density urban areas	$b_5 = 100$	$k_{15} = 55.520$	$k_{25} = 0.051$
		$B_3 = b_3$		

\*  $b_s$  为人工建筑物对生态功能的影响程度 , $k_{s1}$ 、 $k_{s2}$  为常数 ,参考相关研究 [9] 确定  $b_s$  is the weight of each urban construction barrier type ;  $k_{s1}$  and  $k_{s2}$  are constants [9]

由此 ,经栅格运算得到空间单元各点的生态连通度指数 (图 4 )。其中 ,障碍效应主要来自城市道路和中心城区 ,西部蓝村由于是即墨唯一的铁路枢纽 ,因此其阻碍效应也较大。即墨城市绿色空间在西部大沽河流域与东部地区山林区连通性高 ,中心城区、蓝村/南泉等建制镇以及南部农田生态连通性差 ;此外由于西部农田密集而缺乏林带 ,其生态连通性也很低 ,特别是刘家庄、段泊岚和移风店三镇交界处 (图 4 中 I 区 )。

表 6 阻碍效应对城市空间单元的影响系数\*

Table 6 Affection value matrixes of barriers in Jimo

空间类型 Space type	绿色空间 Green space					建筑空间 Built-up space	
绿色空间类型 Green space types	F12	F1 ,F2	F3 ,F4	F5 ,F6 ,F7	F9 ,F10 ,F11	F8	B1 ,B2 ,B3 ,B4 ,B5
影响系数 Affection value $A_{fn}$	10	17	12	25	14	10000	40

\*  $A_{fn}$ 为阻碍效应对各类城市空间单元影响的强弱,可通过综合即墨城市空间特点与相关研究<sup>[9]</sup>成果确定  $A_{fn}$  is the affection value of the barrier effect index to each urban land use unit ;calculated using the method in the reference <sup>[9]</sup> based on land use characteristics in Jimo

表 7 即墨城市绿色空间与其他用地兼容效力矩阵\*

Table 7 Affinity effect matrixes for urban green space in Jimo

类型 types	M1	M2	M 3	M4	M 5	M 6	M7
	F12	F1 ,F2 ,F3 ,F4	F9	F10 ,F11	F5 ,F6	B1 ,B3 ,B5 ,B2 ,B4	F8 ,F7
林草地 Green lands	0.3	0.2	0.3	0.7	0	0.9	0.1
河流/水库 Waters	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
耕地 Crops	0.8	0	0.1	0.5	0.2	0.9	0.1
园地 Groves	0.7	0.1	0	0.4	0.3	0.9	0.1
其他农地 Other agro lands	0.3	0.5	0.4	0	0.7	0.5	0.1
荒地 Wilderness	0	0.8	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1

\* 矩阵 A 由兼容效力指数 a 构成 ,a 表示各绿色空间要素之间的功能传递中的差异 ,其值在 0 ~ 1 之间 ,其值越小说明差异越小 ,功能传递效率越高 ,反之亦然 Matrix A includes the potential affinity values ( a ) ,which indicate the difference of ecological function flows among different green space elements or between green space and construction space. As the values of ' a ' decreases that range from 0 to 1 ,the efficiency of flows among different units increases

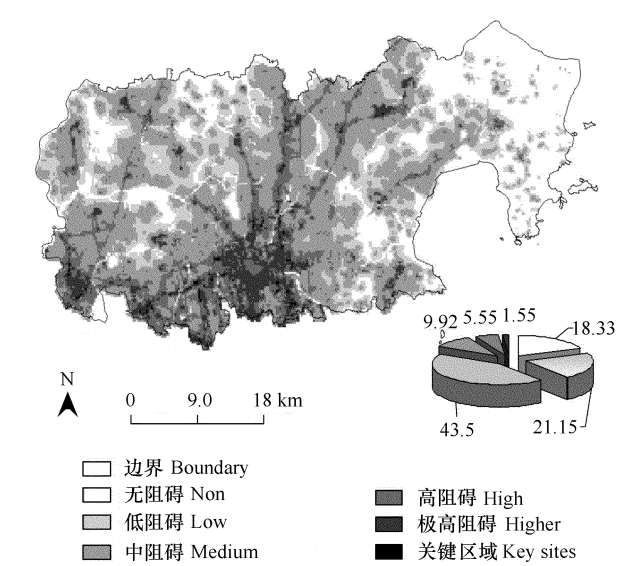


图 3 城市建筑空间阻碍效应分析  
Fig.3 Barrier effect analysis of elements

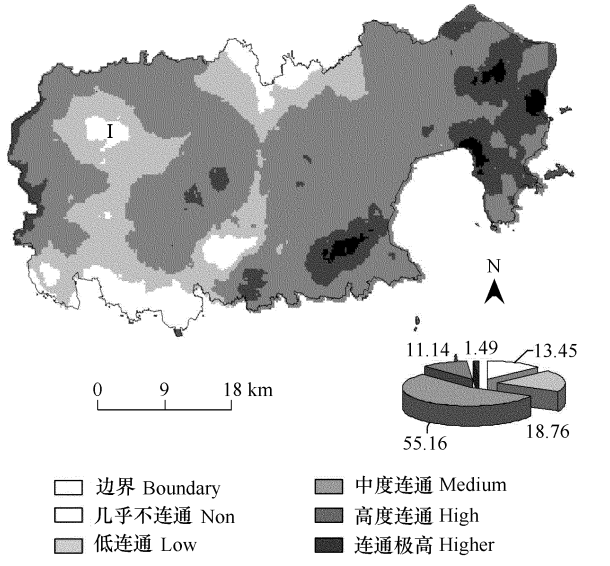


图 4 空间生态连通度评价  
Fig.4 Ecological connectivity analysis of elements

2.3 城市绿色空间格局优化

依据即墨城市绿色空间评价结果 ,结合加权叠加及耗费距离等定量分析与定性综合分析方法 ,优化即墨城市绿色斑-廊-基要素格局及其空间配置 (图 5、图 6 ):

(1)丘陵绿地与湿地 东部低山林地和沿海湿地作为即墨市的稀缺资源 ,不仅生态敏感性高 ,而且生态连通度较好 ,因此将分布连续的低山丘陵与沿海湿地划定为城市绿色空间基底 (图 6 ) ,作为即墨城市重要的自然生态保护区 ,禁止进行建设活动。

(2)农业绿地 西北部移风店、刘家庄和段泊岚三镇以及中部普东镇、北部华山镇和东部田横镇是即墨

重要的优质农田分布区,其生态敏感性较高。此区城市开发程度相对较低,建设用地对农田的阻碍效应小(图3),因此将其划定为城市绿色空间基底(图6)。由于其缺乏自然生态系统的连通(图4),因此应借助农田保护相关政策及法规的推动,加强林网的建设,增强生态连通度。

2.3.2 绿色空间斑块

即墨城市绿色空间斑块分为绿地斑块与水体斑块两类:(1)散布的优质农田、林草地构成绿地斑块,其中前者主要分布于东部丘陵以及南部建城区周边,林地斑块分散于中西部河流、水库周边;(2)水体斑块主要包括中西部各大水库和散布坑塘。这些斑块均可作为构建未来绿色廊道的重要节点。

2.3.3 绿色空间廊道

生态连通度评价结果显示,除西部大沽河流域外,即墨城市缺乏明显的生态廊道。为此,本文以绿色空间生态连通度作为城市对外拓展的耗费系数,借助城市拓展耗费的高低(图5)构建绿色空间廊道:(1)东部丘陵绿地与沿海湿地在部分农田斑块的连接下,构成城市扩展的高耗费区,基本形成东部南北贯通的一级绿色廊道。(2)西南部水源保护区及其周边绿地与中部马山国家自然保护区对城市空间拓展阻力也较大,构成即墨西南部一级环型廊道。(3)西部大沽河/流浩河、中部宋化泉水库、王圈水库对城市拓展阻力极强,构成鲜明的、贯穿西部的“蓝色”连通线,因此是即墨城市绿色空间的主要生态廊道(图6)。此外,中西部地区绿地斑块缺乏,但现有道路两侧绿化较好,因可由此组成两条连通建筑与绿色空间的交通廊道。

2.4 城市拓展潜力区分析

基于绿色空间格局优化和城市拓展耗费分析(图5),同时考虑社会经济发展与重大项目建设现状,确定城市未来发展的潜力区域:其一,南部各镇(1、2、3区)、建成区(4区)和龙泉街道办(5区)农田与弱敏感区交叉分布,生态连通度很低,因此开发的生态代价相对较小,且具有较好的社会经济开发条件,可将其确定为即墨重点发展区域。其二,鳌山(6区)、王村/田横(7区)和华山(8区)四镇生态敏感区分布多,区域间生态隔离明显,因此不宜进行大规模开发建设,鉴于区内自然资源丰富、生态环境良好,允许进行旅游、观光农业等环境友好型的经济开发活动,为控制发展区。此外,其它低拓展阻力区及其周边区域作为发展协调区,用以缓解城市发展与自然保护冲突。

3 结论与讨论

我国已进入快速城市化时期<sup>[22]</sup>,自然保护与经济矛盾的矛盾日益凸现。特别是那些具有巨大经济发展潜力的中小城镇,不像大城市具有相对稳定的城市空间形态与雄厚的经济支撑,清新、优美的自然环境和丰富的生态资源在经济利益的驱动下极易损失。本研究综合运用景观生态学的理论与方法,以构建“斑-廊-基”绿色空间体系为目标,在生态适宜性、敏感性和连通度评价的基础上,进行城市绿色空间格局优化,为缓解上一

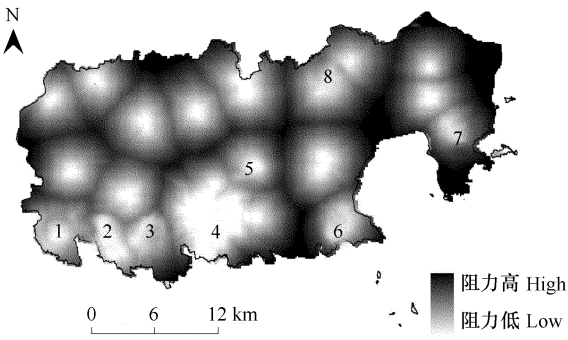


图5 城市空间拓展生态耗费分析

Fig. 5 Ecological cost distance of urbanization

1 蓝村 Lancun 2 南泉 Nanquan 3 大信 Daxin 4 建成区 Downtown 5 龙泉 Longquan 6 鳌山 Aoshan 7 王村/田横 Wangcun/Tianheng 8 华山 Huashan

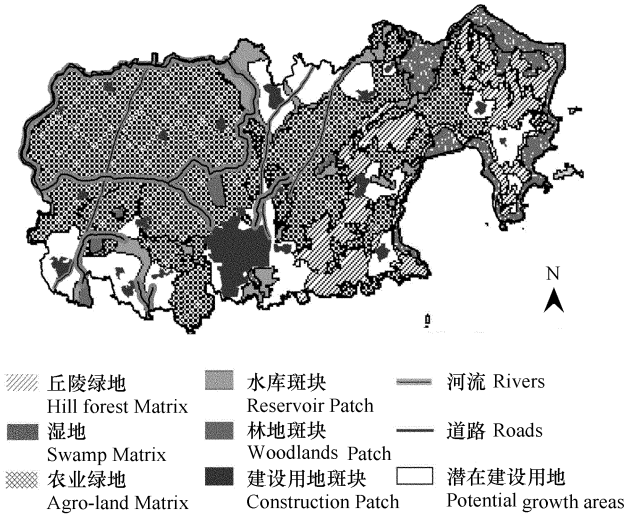


图6 城市绿色空间格局优化结果

Fig. 6 Green space pattern optimization



矛盾提供了新思路：

在多要素评价上 ,其一 ,生态适宜性和敏感性评价显示 ,即墨优质农田集中分布在中西部和东部地区 ,西部大沽河沿岸、东部的低山丘陵与沿海湿地为主要的生态敏感区域 ,共同构成两类主要的城市绿色空间基质——西部大沽河流域农田区与东部丘陵绿地/湿地区 ,而散布的优质农田、绿地和水库湿地等斑块 ,成为重要生态跳岛。其二 ,生态连通度评价显示 ,即墨绿色空间连通性较好 ,但缺乏明显的廊道联系 ,经城市发展生态耗费分析 ,丘陵山林与大沽河、流浩河等河流分别形成西、东部两条绿色廊道构建的潜力区域。

在格局优化上 ,绿色基质构成整个城镇发展的基底背景 ,绿色斑块与廊道镶嵌其内 ,与城市建筑空间构成一种图-底共轭关系 ,对于城市建设极其敏感的用地 ,如大沽河与宋化泉水库水源保护区、东部崂山余脉与沿海湿地生态脆弱区、西部优质农田区以及具特色功能和价值的马山国家保护区、盟旺山生态保护区都是绿色空间保护的范畴 ,而具有良好经济或产业发展基础、人口密集、同时与上述绿色空间保护区不存在冲突或冲突很小的区域 ,如西南部蓝村、中部南泉、北部华山等一般农业区可作为未来城市发展的优先区域。这不仅为即墨城市总体规划与土地利用规划提供基本生态信息 ,且有助于协调城市化与自然保护矛盾。

因此 ,基于景观生态评价的绿色空间格局优化方法 ,综合定量与定性分析优势 ,适合我国中小城镇在市域尺度上进行空间生态调控 ,明晰城市空间发展的生态保护刚性区和城市拓展弹性区。但由于本研究是基于土地利用数据进行的 ,小尺度绿色空间 (如城区园林绿地 )受数据限制未能纳入本次分析 ,希望后续研究中能针对不同尺度绿色空间进行研究方法上的补充修正。此外 ,还需要加强绿色空间要素、结构及其功能的实证研究 ,以为分要素景观生态评价参数的确定提供更为客观的数据支持。

References :

[1 ] Turner Tom. Open Space Planning in London. *Town Planning Review* ,1992 ,63 (4 ) :365 — 385.

[2 ] David N B ,Jennifer O F ,Kristen C N. Public policies for managing urban growth and protecting open space :policy instruments and lessons learned in the United States. *Landscape and Urban Planning* ,2004 ,69 :271 — 286.

[3 ] Wang X J. Type ,quantity and layout of urban peripheral green space. *Journal of Forestry Research* ,2001 ,12 (1 ) :67 — 70.

[4 ] Li F ,Wang R S. Research advance in ecosystem service of urban green space. *Chin J Appl Eco* ,2004 ,15 (3 ) :527 — 531.

[5 ] Yu Q. To construct the system of Modern Urban Open Space. *Urban Plan Forum* ,1998 ,6 :49 — 56.

[6 ] Bolund P ,Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. *Ecol Econ* ,1999 ,29 (2 ) :293 — 301.

[7 ] Turner Tom. Greenways ,blue ways ,skyways and other ways to a better London. *Landscape and Urban Planning* ,1995 ,33 :269 — 282.

[8 ] Wang H T. Open space planning in Germany :A review of ideology and planning process. *Planning Studies Overseas* ,2003 ,27 (1 ) :269 — 282.

[9 ] Ashley Conine ,Xiang W N ,Young Jeff ,*et al.* Planning for multi-purpose greenways in Concord ,North Carolina. *Landscape and Urban Planning* ,2004 ,68 :271 — 287.

[10 ] Tan W N. Exploration on green system planning in the rapid urbanization :A case study of Shenzhen. *Urban Planning* ,2005 ,29 (1 ) :52 — 56.

[11 ] Li W F ,Wang Y L ,Jiang Y Y ,*et al.* Spatial approaches to ecological regulation in urban areas :A case in Shenzhen. *Acta Ecologica Sinica* ,2003 ,23 (9 ) :1823 — 1831.

[12 ] Li F ,Wang R S ,Paulussen Juergen ,*et al.* Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles :a case study in Beijing ,China. *Landscape and Urban Planning* ,2005 ,72 :325 — 336.

[13 ] Wang Y L ,Han D. The landscape ecological planning and design of depleted mined land. *Acta Ecologica Sinica* ,1998 ,18 (5 ) :455 — 462.

[14 ] Ouyang Z Y ,Wang R S. The review and prospect of ecological planning. *Journal of Natural Resources* ,1995 ,10 (3 ) :203 — 215.

[15 ] Wang J L ,Li C H. The land suitability evaluation of Lijiang prefecture. *Journal of Yunnan Normal University* ,1999 ,19 (2 ) :51 — 54.

[16 ] Zheng X Q ,Yan H W ,Xu Z B. Cultivated land optimal disposition based on GIS in Wudi County. *Remote Sensing for Land and Resources* ,2001 ,48 (2 ) :53 — 54.

[17 ] Liu K ,Ouyang Z Y ,Wang X K ,*et al.* Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica* ,2003 ,23 (12 ) :2712 — 2718.

[18 ] Yang Z F ,Xu Q ,He M C ,*et al.* Analysis of city ecosensitivity. *China Environmental Science* ,2002 ,22 (4 ) :360 — 364.

[19 ] Marulli J ,Mallarach J M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity :application to the Barcelona Metropolitan area. *Landscape and Urban Planning* ,2005 ,71 :243 — 262.

[20] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica* ,1999 ,19 ( 1 ):8—15.

[21] Zhang X F ,Wang Y L ,Li Z G. Landscape pattern optimization based upon the concept of landscape functions network :a case study in Taiwan , China. *Acta Ecologica Sinica* ,2005 ,25 ( 7 ):1707—1713.

[22] Qiu B X. The characteristics ,driving force of China Urbanization and its control by urban planning. *Urban Studies* ,2003 ,10 ( 1 ):4—10.

参考文献：

[4] 李锋,王如松. 城市绿色空间生态服务功能研究进展. *应用生态学报* ,2004 ,15 ( 3 ):527~531.

[5] 余琪. 现代城市开发空间系统的建构. *城市规划汇刊* ,1998 ,6 :49~56.

[8] 王洪涛. 德国城市开放空间规划的规划思想和规划程序. *国外规划研究* ,2003 ,27 ( 1 ):269~282.

[10] 谭维宁. 快速城市化下城市绿地系统规划得思考和探索——以试点城市深圳为例. *城市规划* ,2005 ,29 ( 1 ):52~56.

[11] 李卫锋,王仰麟,蒋依依,等. 城市地域生态调控的空间途径——以深圳市为例. *生态学报* ,2003 ,23 ( 9 ):1823~1831.

[13] 王仰麟,韩荡. 矿区废弃地复垦的景观生态规划与设计. *生态学报* ,1998 ,18 ( 5 ):455~462.

[14] 欧阳志云,王如松. 生态规划的回顾与展望. *自然资源学报* ,1995 ,10 ( 3 ):203~215.

[15] 王金亮,李昌宏. 丽江地区土地适宜性评价研究. *云南师范大学学报* ,1999 ,19 ( 2 )51~54.

[16] 郑新奇,阎弘文,徐宗波. 基于 GIS 的无棣县耕地优化配置. *国土资源遥感* ,2001 ,48 ( 2 ):53~54.

[17] 刘康,欧阳志云,王效科,等. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布. *生态学报* ,2003 ,23 ( 12 ):2712~2718.

[18] 杨志峰,徐俏,何孟常,等. 城市生态敏感性分析. *中国环境科学* ,2002 ,22 ( 4 ):360~364.

[20] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. *生态学报* ,1999 ,19 ( 1 ):8~15.

[21] 张小飞,王仰麟,李正国. 基于景观功能网络概念的景观格局优化——以台湾地区乌溪流域典型区为例. *生态学报* ,2005 ,25 ( 7 ):1707~1713.

[22] 仇保兴. 我国城镇化的特征、动力与规划调控. *城市发展研究* ,2003 ,10 ( 1 ):4~10.