

基于景观生态的城市土地开发适宜性评价 ——以丹东市为例

李 猷^{1,2}, 王仰麟^{1,*}, 彭 建¹, 常 青³, 宋治清⁴, 刘小茜^{1,2}

(1. 北京大学城市与环境学院, 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;

3. 中国农业大学观赏园艺与园林系, 北京 100193; 4. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:城市土地开发适宜性评价是城市总体规划中的一项重要基础性工作,其核心是合理分配利用有限的土地资源。在进行耕地适宜性评价和建设用地适宜性评价的基础上,针对丹东市不同的发展目标,提出3个城市土地开发适宜性评价方案,包括经济发展优先方案、生态保护优先方案以及协调发展方案,并按照3个方案对丹东市进行城市土地开发适宜性评价。通过选择适当指标,构建了由景观稳定度和景观干扰度组成的景观生态质量评价体系,并对3个适宜性方案进行对比与优选。结果表明,丹东市按照经济发展优先的城市土地开发适宜性方案进行开发,则景观干扰程度最高,景观稳定程度最低,景观生态质量最低;按照生态保护优先方案进行开发,则景观干扰程度居中,景观稳定程度最高,而景观生态质量居中;按照协调发展方案进行开发,则景观干扰程度最低,景观稳定程度居中,并且具有最高的景观生态质量。通过综合比较,应选择协调发展方案作为丹东市城市建设空间布局的首选方案。

关键词:城市土地开发; 适宜性评价; 景观生态质量

Assessment of urban land suitability for construction in view of landscape ecology: a case study of Dandong City

LI You^{1,2}, WANG Yanglin^{1,*}, PENG Jian¹, CHANG Qing³, SONG Zhiqing⁴, LIU Xiaoqian^{1,2}

1 College of Urban and Environment Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

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

3 Department of Ornamental Horticulture and Landscape Architecture, China Agricultural University, Beijing 100193, China

4 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Evaluation of the suitability for urban land construction is a fundamental work in urban planning, the core of which is to rationally allocate the limited land resource. In this paper, based on the suitability assessment of arable land and developed land, we proposed three programs for the development of Dandong, including the program of priority for economic development, the program of priority for environmental protection, and the program of harmonious development. With the aid of choosing proper indicators, we established the assessment system of landscape ecological quality, composed of landscape stability and landscape disturbance. Through the evaluation of landscape ecological quality under these three programs, we made the optimization among them. The result showed that, under the program of priority for economic development, the city suffered the highest level of landscape disturbance and the lowest landscape stability, which lead to the lowest landscape ecological quality; in addition, under the program of priority for ecological protection, the city acquired the highest landscape stability and moderate landscape disturbance, which caused moderate landscape ecological quality; and under the program of harmonious development, the city got the highest landscape ecological quality with the lowest landscape disturbance and the moderate landscape stability, and therefore, the program of harmonious development should be better selected as the preferred plan for the spatial arrangement of the city.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40635028;40801066);中国博士后科学基金资助项目(20070420001;200801017)

收稿日期:2009-08-19; **修订日期:**2009-11-09

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

Key Words: urban land construction; suitability assessment; landscape ecological quality

中国已进入快速城市化阶段^[1],城市的开发建设对土地需求从质与量两个方面不断提升^[2]。随着城市化和工业化进程的加快,区域开发过密与无序日益明显,城市内部也出现了结构与功能不合理的状况,对城市与区域生态安全产生巨大压力^[3-6]。同时,无论对于建设用地还是耕地,土地的稀缺性显得尤为突出^[7]。因此,如何优化配置城市有限土地资源,解决用地结构性冲突,引导城市健康发展,成为当前学术界关注的热点^[4,8-9]。近年来地理信息系统(GIS)和遥感等技术手段的引入,推动了城市用地适宜性评价的发展^[10-13]。作为制定城市总体规划的基础依据,合理确定可适宜发展的用地对城市整体布局以及社会经济发展将产生重要影响^[14-16]。

然而,影响土地适宜性的因素是多方面的,不同的指标选择与权重判断,以及采用不同的评价模型,都会引起评价结果的差异^[15,17-20]。同时,由于缺乏评价标准^[20],评价结果缺少可衡量的依据^[21],使决策者对城市用地适宜性评价方案难以进行评判与取舍^[22-23],也使以此方案为基础进行城市规划与布局的科学性受到质疑。因此,如何对城市用地适宜性评价方案进行优选,是目前城市用地适宜性评价研究需要突破的瓶颈。

景观生态学作为土地适宜性评价的理论基础^[14],认为景观生态系统是具有一定结构和功能的土地镶嵌体,外界干扰可使其结构和功能呈现剧烈变动^[24]。格局的变化会影响景观中能量、物质的交换与流动^[25],并最终可能导致生物多样性降低^[26],水环境质量下降^[27],从而造成景观生态质量的下降^[24],而良好的景观生态环境也可以通过土地资源的合理规划与配置得以实现^[28-29]。因此,实施不同的土地开发方案会产生不同的景观变化,导致不同的生态效应^[30]。景观生态学为评价不同规划方案的结果提供了定量化工具^[31-35],通过评价不同土地开发适宜性评价方案下城市的景观生态质量,可以对比方案之间的优劣,并且作为方案取舍的依据,一方面减少由于人为主观因素造成方案取舍的不确定性,另一方面可以提高土地适宜性评价结果作为城市规划与布局基础依据的合理性,从宏观上引导城市的健康发展。

本文以土地适宜性评价理论为基础,针对丹东市不同的发展目标,提出经济发展优先、生态保护优先以及协调发展等3个城市土地开发适宜性评价方案,并基于生态整体性与结构-功能等景观生态学基础理论,分别对这3个方案的城市土地开发适宜性结果进行评价。通过对比实施3种方案后的景观生态质量,为丹东市城市布局选择最优方案,这对于建立城市用地适宜性评价的评定标准,完善城市用地适宜性评价研究都具有重要意义。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

丹东市地处辽宁省东南部,鸭绿江北岸,与朝鲜新义州隔鸭绿江相望。丹东市多丘陵山地地貌,全市水资源丰富,湿地河流众多,森林覆盖率高,是辽宁省重点林区和东部的绿色屏障,境内分布有多处不同保护级别的风景名胜区与自然保护区。随着丹东市国民经济综合实力的大幅提升,特别是随着辽宁省“五点一线”沿海经济带建设、黄海经济隆起带和东北东部经济带建设,丹东的社会经济将步入新一轮高速发展阶段,二次产业比重持续增加,产业集聚效应初显,已形成临港工业园及浪头、前阳、孤山、安民等10个工业园区。同时,丹东城市生态资源保护和环境建设也将面临前所未有的开发建设压力。

1.2 土地适宜性评价

1.2.1 耕地适宜性评价

耕地适宜性评价用于评定土地进行农作物种植的适宜性程度^[36]。综合评定地形地貌条件、土壤肥力条件和灌溉条件,通过征询若干专家意见确定各因子权重,根据丹东市耕地特点及资料可获取性,选取高程、坡度、距河流/水库等水源地距离、土壤有机质含量以及土壤质地为评价因子,进行耕地适宜性的综合评价。评价结果分为不适宜耕种、基本不适宜耕种、适宜耕种和很适宜耕种4级。

表 1 耕地适宜性评价指标

Table 1 Indicators for suitability assessment of cultivated land

指标 Indicators	很适宜 Most suitable	适宜 Suitable	基本不适宜 Less suitable	不适宜 Unsuitable
海拔 Height/m	<50	50—100	100—200	>200
坡度 Slope/(°)	<6	6—15	15—25	>25
土壤有机质 Soil organic matter/%	>4	2—4	1.5—2	<0.8
土壤质地 Soil texture	轻壤	砂壤	中壤	砂土
距河流距离 Distance from river/m	500—1000	1000—2000	>2000	<500
距水库距离 Distance from reservoir/m	500—1500	1500—3000	>3000	<500

1.2.2 建设用地适宜性评价

城市建设用地适宜性评价可提高土地管理精度,并对可作为建设用地的土地进行分等定级^[37]。分别从地形地貌、工程地质条件、水文条件、生态基底及区位条件等 5 个层面进行考虑,选取高程、坡度、植被覆盖度、土地利用类型、距地震断裂带距离、距河流距离、距水库距离、距建成区距离、距国道距离、距省道距离、距县道距离、距乡道距离等指标,通过专家打分获得因子权重,进行建设用地适宜性的基本指标综合评价(表 2)。评价结果分为不适宜建设区、基本不适宜建设区、适宜建设区和很适宜建设区四类。

表 2 建设用地适宜性评价指标

Table 2 Indicators for suitability assessment of developed land

指标 Indicators	很适宜 Most suitable	适宜 Suitable	基本不适宜 Less suitable	不适宜 Unsuitable
海拔 Height/m	<80	80—150	150—250	>250
坡度 Slope/(°)	<6	6—20	20—30	>30
距地震断裂带距离 Distance from seismic zone/m	>2000	1200—2000	400—1200	<400
距河流距离 Distance from river/m	>200	100—200	50—100	<50
距水库距离 Distance from reservoir/m	>3000	2000—3000	1000—2000	<1000
距建成区距离 Distance from built up area/m	<500	500—1500	1500—2500	>2500
距国道 Distance from national road/m	<1000	1000—2000	2000—3000	>3000
距省道 Distance from provincial road/m	<1000	1000—2000	2000—3000	>3000
距县道 Distance from county road/m	<500	500—1000	1000—1500	>1500
距乡道 Distance from country road/m	<500	500—1000	1000—1500	>1500
土地利用类型 Land use type	建设用地	裸地	耕地/林地	水域/湿地
植被覆盖 Vegetation cover	无覆盖	低覆盖	中覆盖	高覆盖

1.3 城市土地开发适宜性方案制定

制定城市土地开发适宜性方案一般以优化城市生态环境,促进可持续发展为原则,不但要考虑建设用地适宜性评价中的基本限制因素,以规避自然灾害,而且必须考虑对城市用地安全性和持续利用性具有突出影响的限制条件和特殊因素,以保障城市用地建设发展的生态安全。基于实地考察,丹东市域包含多处风景名胜区与自然保护区,其中风景名胜区以植被覆盖度较高的山地为主,自然保护区包括森林保护区和湿地保护区。这些地区作为生态敏感区域,原则上不允许进行开发建设。因此,本研究基于耕地适宜性评价结果,明确将耕地持续利用和生态敏感区(风景名胜区与自然保护区)保护作为丹东市未来城市发展的重要限制因素,同时考虑城市开发建设的需要,结合建设用地适宜性基本指标评价结果,提出 3 个基于不同发展目标的城市土地开发适宜性评价方案。

(1) 方案 1 经济发展优先方案

以丹东城市社会经济发展为目标,为节约建设成本,提供较好的建设用地条件,本方案不将所有的特殊限

制因素纳入考虑范围,仅在建设用地适宜性评价的基础上,扣除现有建设用地,并将生态敏感区作为不适宜开发区。

(2)方案2 生态保护优先方案

以丹东城市生态安全为目标,为保障城市的生态安全与可持续发展,须尽量开发对生态环境影响较小的地块,因此扣除现有建设用地,将生态敏感区和优质耕地作为不适宜开发区。

(3)方案3 协调发展方案

在保证城市空间持续利用与不影响城市生态安全的前提下,尽可能满足和提供城市开发所需的建设用地。因此,考虑方案2中的所有限制性因素,但并非简单地扣除这些限制因素,而是在扣除生态敏感区与现有建设用地的基础上,参照JU^[38]构建的城市土地可持续利用规划最终分类矩阵与Lu^[39]等设计的适宜性分析规则,结合表1和表2,提出协调发展的原则(表3),综合划定城市土地开发适宜性。

表3 协调发展下的城市土地开发适宜性评价原则

Table 3 Principle of suitability assessment for land construction under harmonious development program

分类 Classification		耕地适宜性评价 Assessment of arable land suitability			
		很适宜	适宜	基本不适宜	不适宜
		Most suitable	Suitable	Less suitable	Unsuitable
建设用地适宜性评价 Assessment of developed land suitability	很适宜 Most suitable	基本不适宜开发	适宜开发	很适宜开发	很适宜开发
	适宜 Suitable	不适宜开发	基本不适宜开发	适宜开发	适宜开发
	基本不适宜 Less suitable	不适宜开发	不适宜开发	基本不适宜开发	基本不适宜开发
	不适宜 Unsuitable	不适宜开发	不适宜开发	不适宜开发	不适宜开发

1.4 景观生态质量评价

1.4.1 景观生态质量与指标选取

景观生态质量是指景观生态系统维持自身结构与功能稳定性的能力,以景观生态系统的稳定性作为衡量标准。景观生态系统的稳定性取决于景观生态系统稳定程度和系统干扰程度两个方面。若干扰程度大于稳定程度,景观生态系统趋于非稳定态,景观生态质量较低;若干扰程度小于稳定程度,景观生态系统趋于稳定态,景观生态质量较高^[24]。

景观生态系统的干扰程度受到景观破碎化和土地建设活动的影响,景观破碎化是生物多样性丧失的重要原因,而人类对土地的建设活动阻隔了生物的迁移与物质能量的流动,并使自然栖息地失去生态功能^[24,40]。参考相关研究^[24,41-45],选择景观形状指数(*LSI*),景观破碎度指数(*C*)和建设用地干扰度指数(*D*)表征景观生态系统受到的干扰程度。景观形状指数常用来表示景观斑块的发育程度与斑块边界的复杂程度。斑块的形状越复杂则形状指数值越大,形状指数降低表明景观中斑块形状趋于规则。景观破碎度指数指景观被分割的破碎程度,反映人为干扰景观强度^[46]。建设用地干扰度为建设用地面积占景观面积的比例,本研究中假定将各方案的很适宜开发区与适宜开发区开发为建设用地。

景观生态系统的稳定程度取决于土地利用结构,植被覆盖度和景观格局^[24]。不同土地利用类型对景观生态质量的作用不同,以湿地最好,林地次之,耕地与水域再次,建设用地最差。根据对景观生态质量贡献程度,把土地利用类型定性指标定量化,湿地取值为3,林地取值为2,耕地和水域取值为1,建设用地取值为0。将各土地利用类型对景观生态质量的贡献程度乘以其面积比例,而后加权计算得到土地利用结构指数(*T*),本研究中计算各方案中基本不适宜开发和不适宜开发斑块的土地利用结构指数。植被覆盖度(*V*)是影响景观生态系统稳定程度的重要因素之一,以*NDVI*在基本不适宜开发和不适宜开发地块中的总和进行表征。优化的景观格局有助于提高景观稳定性^[25],选取景观蔓延度指数(*CONTAG*)描述不同斑块类型的团聚程度,反映景观组分的空间配置特征。

表 4 景观生态质量评价指标
Table 4 Indicators of landscape ecological quality

指标 Indicators	计算公式 Formula	描述 Description
景观干扰度 Z_d Landscape disturbance index	景观形状指数 x_1 Landscape shape Index	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$ E 为景观边界长度 A 为景观总面积
	景观破碎度指数 x_2 Landscape fragmentation Index	$C = \frac{n}{A}$ n 为斑块数 A 为景观总面积
	建设用地干扰度 x_3 Disturbance of developed land	$D = \frac{d}{A}$ d 为建设用地面积 A 为景观总面积
		y_i 为土地利用类型得分 g_i 为土地利用类型对景观生态质量的贡献程度 p_i 为土地利用类型在景观中的面积比例 a_i 为权重
景观稳定度 Z_s Landscape stability index	土地利用结构指数 x_4 Structure of land use	$y_i = g_i \times p_i$ $T = \sum a_i \times y_i$ $\sum a_i = 1$
	植被覆盖 x_5 Vegetation cover	$V = \sum NDVI_i$ $NDVI_i$ 为像元 i 的 $NDVI$ 值
	景观蔓延度指数 x_6 Landscape contagion index	$CONTAG = \left[1 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{p_{ij} \ln(p_{ij})}{2 \ln(m)} \right] \times 100$ m 是斑块总数 p_{ij} 是随机选择的两个相邻栅格属于类型 i 与 j 的概率

1.4.2 评价方法

(1) 指标标准化, 将各指标的计算值进行标准化。具体方法为:

$$X = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

式中, X 为标准化结果, x_i 为各指标原始值, $x_{\min}$ 为最小值, $x_{\max}$ 为最大值。

(2) 景观干扰程度评价, 对景观形状指数, 景观破碎度指数和建设用地干扰度进行加权运算。计算公式为:

$$Z_d = 0.3x_1 + 0.3x_2 + 0.4x_3 \quad (2)$$

式中, Z_d 为景观干扰程度指数, x_1 为景观形状指数, x_2 为景观破碎度指数, x_3 为建设用地干扰度。

(3) 景观稳定程度评价, 将土地利用结构指数, 景观蔓延度指数和植被覆盖度进行加权运算。计算公式为:

$$Z_s = 0.4x_4 + 0.3x_5 + 0.3x_6 \quad (3)$$

式中, Z_s 为景观稳定程度指数, x_4 为土地利用结构指数, x_5 为植被覆盖度, x_6 为景观蔓延度指数。

(4) 景观生态质量综合评价, 将景观稳定程度和景观干扰程度相减, 计算公式为:

$$Z = Z_s - Z_d \quad (4)$$

式中, Z 为景观生态质量。 Z 值越大, 代表景观生态质量越高。 分别针对 3 种评价方案结果, 利用 fragstats3.3 提取相应景观指数, 并在 ArcGIS9.1 下进行相关运算(图 1)。

2 结果分析

2.1 适宜性评价对比

(1) 经济优先发展方案

方案 1 中(图 2), 丹东全市域内不适宜和基本不宜开发用地面积共 11864.75km², 占市域总面积的 79.62%, 其中不适宜开发用地面积 7063.45km² (47.40%), 主要分布在市域东北部以及南部靠黄海一线; 基本不适宜开发用地面积 4801.3 km² (32.22%), 主要分布在市域中部和南部, 少量在北部与不适宜开发用地相间分布。 全市适宜开发用地面积 175.71 km² (1.18%), 多呈条带状分布于沟谷地带, 在南部平原区呈面状分布; 很适宜开发用地面积 1801.95 km² (12.09%), 集中分布于南部建成区周围, 在中部也有零星分布。

(2) 生态保护优先方案

方案 2 中, 丹东全市域内不适宜开发用地面积 7528.04 km² (50.51%), 主要分布除市域东北部和中部以外, 南部平原也有成片分布; 基本不适宜开发用地面积 4762.27 km² (31.95%), 多数集中于市域中部; 适宜开发用地面积 78.20 km² (0.52%), 很适宜开发用地面积为 1473.89 km² (9.89%), 相较方案 1 而言, 二者在南部平原分布均有大幅减少。

(3) 协调发展方案

方案 3 中, 丹东市包含不适宜开发用地 7141.01 km² (47.92%), 空间分布与方案 1 类似; 基本不适宜开发用地面积 4959.37 km² (33.28%), 在南部分布大幅增加; 适宜开发用地面积 1567.03 km² (10.51%), 在中部分布有所增加; 很适宜开发用地面积 174.99 km² (1.17%), 在南部几乎没有分布, 主要集中在现有建设用地周围。

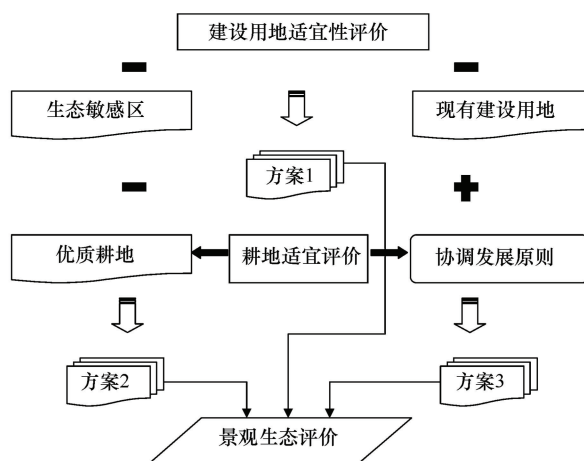


图 1 技术路线图

Fig. 1 Process of analysis

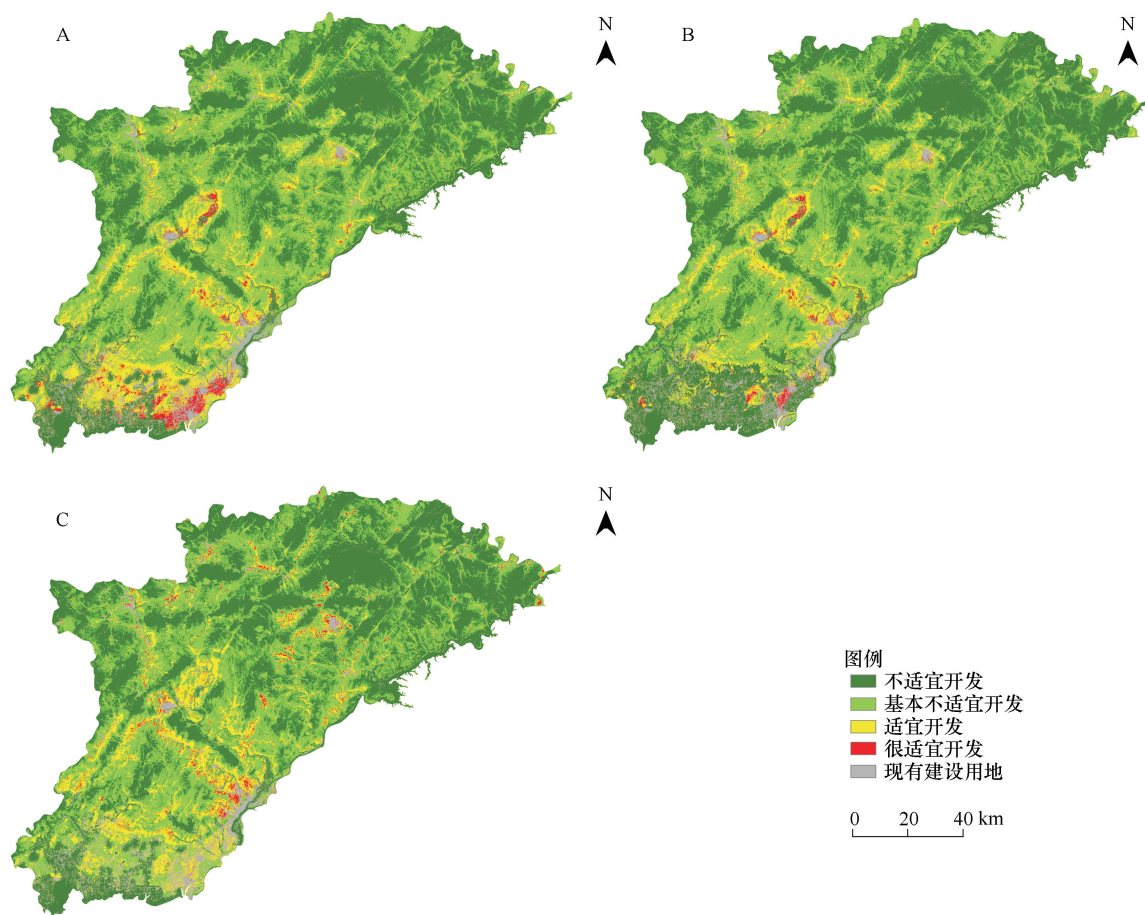


图 2 城市土地开发适宜性评价结果

Fig. 2 Assessment of urban land suitability for construction

A 经济优先发展方案; B 生态优先方案; C 协调发展方案

从用地规模对比来看(表 5), 对于不适宜开发的用地面积, 方案 2 > 方案 3 > 方案 1; 基本不适宜开发用地

中,3 种方案比例基本相当;在适宜开发用地和很适宜开发用地中,都以方案 1 的比例最高,方案 3 次之,方案 2 为最小,同时方案 1 和方案 3 的比例较为接近。

表 5 不同方案评价结果对比
Table 5 Comparision among the programs

项目 Item	方案 1 Program 1		方案 2 Program 2		方案 3 Program 3	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
	Area	Proportion	Area	Proportion	Area	Proportion
不适宜开发 Unsuitable	7063.45	47.40	7528.04	50.51	7141.01	47.92
基本不适宜开发 Less suitable	4801.30	32.22	4762.27	31.95	4959.37	33.28
适宜开发 Suitable	1801.95	12.09	1473.89	9.89	1567.03	10.51
很适宜开发 Most suitable	175.71	1.18	78.20	0.52	174.99	1.17
现有建设用地 Urban	1060.74	7.12	1060.74	7.12	1060.74	7.12
合计 Sum	14903.15	100.00	14903.15	100.00	14903.15	100.00

2.2 景观生态质量对比

对于景观干扰程度的指标分析(表 6),方案 1 的景观形状指数、景观破碎度指数以及建设用地干扰程度都最高,说明在方案 1 下景观斑块的形状最不规则,破碎化程度最高,并且受到建设用地影响最大;方案 2 的景观形状指数和景观破碎度指数仅次于方案 1,受建设用地干扰程度最小;方案 3 的景观形状指数和景观破碎度指数最小,说明在方案 3 下景观斑块的形状相对最为规则,破碎化程度最小,但受建设用地影响居中。

对于景观稳定程度的指标分析(表 6),方案 1 的土地利用结构指数、蔓延度指数和植被覆盖度都最小,说明方案 1 下的土地利用结构对景观生态质量的贡献最低,斑块类型的团聚程度最低;方案 2 的土地利用结构指数和植被覆盖度最高,蔓延度指数居中,表明方案 2 下的土地利用结构和植被覆盖度对景观生态质量的贡献最高;方案 3 的蔓延度指数最高,斑块类型的团聚程度最高,表明在空间配置上,景观由少数大斑块为主或同一类型斑块高度连接为主,有利于实现土地的集约利用,同时土地利用结构和植被覆盖度对景观生态质量的贡献居中。

表 6 景观生态质量评价指标标准化结果
Table 6 Standardization of indicators of landscape ecological quality

	干扰度 Disturbance index			稳定度 Stability index		
	形状指数 LSI	破碎度 Fragmentation	建设用地干扰度 Disturbance of developed land	土地利用结构 structure of land use	蔓延度 CONTAG	植被覆盖度 Vegetation cover
方案 1 Program1	1	1	1	0	0	0
方案 2 Program2	0.755	0.756	0	1	0.431	1
方案 3 Program3	0	0	0.444	0.481	1	0.399

综合评价景观生态质量(表 7),以方案 3 最高,方案 2 居中,而方案 1 最低。丹东市按照经济优先的城市土地开发适宜性方案进行建设,则景观干扰程度最高,景观稳定程度最低,景观生态质量最低;按照生态优先方案进行建设,则景观干扰程度居中,景观稳定程度最高,景观生态质量居中;按照协调发展方案进行建设,则景观干扰程度最低,景观稳定程度居中,并且具有最高的景观生态质量。因此,协调发展方案应作为丹东市城市布局的首选方案。

3 结论与讨论

对丹东市进行耕地适宜性评价和建设用地适宜性评价,针对丹东市不同的发展目标,提出包括经济发展优先方案、生态保护优先方案以及协调发展方案等 3 个城市土地开发适宜性评价方案。通过对 3 个适宜性评价结果进行景观生态评价,结果表明按照协调发展方案进行城市布局建设,具有最高的景观生态质量,因此选择协调发展方案作为丹东市城市建设空间布局的首选方案。

表 7 景观生态质量评价结果

Table 7 Assessment of landscape ecological quality

	稳定度 Stability	干扰度 Disturbance	景观生态质量 Landscape ecological quality
方案 1 Program1	0	1	-1
方案 2 Program2	0.829	0.453	0.376
方案 3 Program3	0.612	0.178	0.434

土地适宜性评价在实践过程中,对评价对象的认识不断加深,评价指标的选择与权重的确定也愈加合理,诸如专家打分法、层次分析法以及模糊评价法等增加了适宜性评价结果的科学性与可靠性。同时,城市土地适宜性评价已从单因子简单叠加发展到面向目标的多对象等级组合。然而如何合理构建土地适宜性矩阵,特别针对城市土地开发,如何制定土地“潜力”与“限制”之间的叠加规则^[39],是有效解决土地功能多样性与数量稀缺性之间矛盾所必需重视的问题。

从景观评价结果来看,进行城市用地适宜性方案的景观生态评价可以减少城市空间布局方案选择中的人为主观因素,增强其科学性与合理性。研究克服了以往城市用地适宜性评价方法中只强调土地景观单元的垂直过程^[21]的缺陷,考虑格局对生态功能的影响,以景观生态质量作为判定适宜性评价方案的依据,是对城市用地适宜性评价研究的补充与完善,也是对城市规划布局方案进行优选的探索与尝试。而选择哪些景观指数能够有效地指示景观格局特征,以及如何更加全面客观地反映景观生态质量,是应用景观生态评价方法时需要进一步思考的问题。

References:

- [1] Zong Y G, Wang R, Wang C G, Wang H Y, Zhang L. Ecological suitability assessment on land use based on potential-constrain approach: The case of urbanized areas in Dalian City, China. *Geographical Research*, 2007, 26(6):1117-1126.
- [2] Shi T G, Zheng G Q, Wang Z Y, Wang L L. Progress in research on land suitability evaluation in China. *Progress in Geography*, 2007, 26(2):106-115.
- [3] Ding J Z, Chen Y, Chen W. Regionalization of spatial feasible development based on analysis of eco-economy in Taizhou City. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(6):842-848.
- [4] Xiong J P, Yu R L, Liu C L, Yuan J, Zhang H. The suitability evaluation and harmonious development of suburb land-use structure: a case study of Hainan under rapid urbanization: district of Wuhan City. *World Regional Studies*, 2006, 15(4):80-86.
- [5] Sun X, Zhu X D, Li Y F. Landscape ecological security assessment in rapidly urbanizing bay-area: a case study of Xiamen City, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8):3563-357.
- [6] Wang X H, Zhu X D, Li Yang F, Huang H P, Cai B C. Dynamic assessment of the cumulative ecological effects from Xiamen Bay city development. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(6):2375-2381.
- [7] Liu G L. The first research on constructive land suitability evaluation in connective location between town and country. *Geographical Research*, 2000, 19(1):80-85.
- [8] Chang Q, Wang Y L, Li S C. Green space spatial assessment and pattern optimization for towns: a case study of Jimo in Shandong Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9):3701-3710.
- [9] Gerrit J. Carsjens, Wim van der Knaap. Strategic land-use allocation: dealing with spatial relationships and fragmentation of agriculture. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 58:171-179.
- [10] Huang G Y, Chen Y, Tian L, Yan T H, Li P P, Zhuang H B, Xiao G, Zheng J. The application of the ecological method in urban planning: take the planning of science city in Guangzhou as a case. *City Planning Review*, 1999, 23(6):48-51.
- [11] Zhang X H, Xu J G, Yu L J. Land use and land cover change and the evaluation of land suitability for construction use in the area with lakes and rivers: a case in Luxu town of Wujiang. *Resources Science*, 2006, 28(2):61-66.
- [12] Yin H W, Xu J G, Chen C Y, Kong F H. GIS-based ecological sensitivity analysis in the east of Wujiang City. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(1):64-69.
- [13] Chen Y F, Du P F, Zheng X J, Lin J. Evaluation on ecological applicability of land construction in Nanning City based on GIS. *Journal of Tsinghua University*, 2006, 46(6):801-804.

- [14] Liang T, Cai C X, Liu M, Peng X L. Study on methodology of ecological suitability assessment of urban landuse: An example of Pingxiang. *Geographical Research*, 2007, 26(4):782-788.
- [15] Liang Y P, Liu X Q, Liu Y, Tan C H. Discussion on evaluation of urban and use based on GIS. *Geology and Prospecting*, 2001, 37(3):64-67.
- [16] Marull J, Pino J, Mallarach J M, María José Cordobilla. A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81:200-212.
- [17] Jin Z F, Chen W, Sun W, Chen J L. Spatial allocation of land use based on regionalization by land development suitability: a case of urban area of Suqian City. *China Land Science*, 2008, 22(9):43-50.
- [18] Chen W, Sun W, Duan X J, Chen J L. Regionalization of regional potential development in Suzhou City. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(8):839-846.
- [19] Chen W, Duan X J, Chen J L, Xu G. The methods of spatial development function regionalization. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(s):53-58.
- [20] Andrearsen J K, O'Neill R V, Noss R, Slosser N C. Considerations for a terrestrial index of ecological integrity. *Ecological Indicator*, 2001, 1:21-35.
- [21] Yang S J, Liu X F, Shu J M. Urban land ecological suitability assessment: theories and methods. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(1):380-385.
- [22] Bonde J, Cherp A. Quality review package for SEA of land-use plans. IAPA, 2001, 18:99-110.
- [23] Zhou J F, Zeng G M, Huang G H, Li Zhong W, Jiao S, Tang L. The ecological suitability evaluation on urban expansion land based on uncertainties. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2):0774-0783.
- [24] Zhu Y H, Pu L J, Zhao C Y. Evaluation of landscape ecological quality: a case study in Wujiang County. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(2):182-187.
- [25] Han W Q, Chang Y, Hu Y M, Li X Z, Bu R C. Research advance in landscape pattern optimization. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(12):1487-1492.
- [26] Qin L J, Zhang Y, Xu H M, Liu X N. Study on the effect of land use change on the eco-environment. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(4):509-512.
- [27] Zhao Z B, Bao H S, Ma R H. Study on urban grid phenomenon and its landscape ecological effects: a case of Xi'an City. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(5):433-438.
- [28] Zeng H, Xia J, Zhang L. The current status of urban landscape ecology study and its perspectives. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(4):484-492.
- [29] Li Y F, Zhu X D. Landscape eco-planning for Guan River estuary wetland in Jiangsu Province: towards sustainable development. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5):635-640.
- [30] Nassauer J I. Culture and changing landscape structure. *Landscape Ecology*, 1995, 10(4):229-237.
- [31] Turner M G, Ruscher C L. Changes in landscape pattern in Georgia. *USA Landscape Ecology*, 1988, 1:241-251.
- [32] Opdam P, Foppen R, Vos C. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 2001, 16:767-779.
- [33] Botequilha Leitão A, Ahern J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 59(2):65-93.
- [34] Gong J Z, Xia B C, Chen J F, Lin M Z. Dynamic analysis of the Guangzhou landscape eco-security pattern based on 3S technology. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9):4323-4333.
- [35] Sun J, Xia H P, Lan C Y, Xin K. A gradient analysis based on the buffer zones of urban landscape pattern of the constructed area in Guigang City, Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3):655-662.
- [36] Xu B S, Zhou Y, Li J Y. Cultivated land suitability evaluation for multi-objective and its application for land use planning based on GIS: a case study on Laohekou City. *Journal of Huazhong Normal University (Natural Science)*, 2008, 42(2):286-290.
- [37] Xu J W, Liu H Q. Evaluation on the suitability of land used for construction in Changchun City. *Economic Geography*, 1999, 19(6):101-104.
- [38] Ju J. A Primary Integration Matrices Approach to Sustainability Orientated Land Use Planning. Stuttgart: Institute of Regional Development Planning, 1998:84-89.
- [39] Lu Y L, Zong Y G. Ecological Planning of Land Use: The Central Area of Tianjin. *A Journal of the Human Environment*, 1996, 25(6):421-424.
- [40] Marull J, Mallarach J M. A new GIS methodology for assessing and predicting landscape and ecological connectivity: applications to the metropolitan area of Barcelona (Catalonia Spain). *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71:243-262.
- [41] Gu X K, Chen B M. Method and application of landscape ecological evaluation of land consolidation: a case of land consolidation project in

Jiangnan plain. *China Land Science*, 2008, 22(12):58-62.

- [42] Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(4):346-352.
- [43] Liu Y, Wu C F, Yue W Z, Ye Y M. Evaluation of ecological effect and landscape pattern in land consolidation project. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5):2261-2269.
- [44] Jongman R H G. Landscape ecology in land use planning// Wiens, J. A., Moss, M. R. eds, *Issues in Landscape Ecology*. The International Association for Landscape Ecology. Guelph, Ontario Press, 1999:112-118.
- [45] Xie H L. Regional eco-risk analysis of based on landscape structure and spatial statistics. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(10):5020-5026.
- [46] Qiu P H, Xu S J, Xie G Z, Tang B A, Bi H, Yu L S. Analysis of the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4):1257-1264.

参考文献:

- [1] 宗跃光,王蓉,汪成刚,王红扬,张雷. 城市建设用地生态适宜性评价的潜力-限制性分析——以大连城市化区为例. *地理研究*,2007,26(6):1117-1126.
- [2] 史同广,郑国强,王智勇,王林林. 中国土地适宜性评价研究进展. *地理科学进展*,2007,26(2):106-115.
- [3] 丁建中,陈逸,陈雯. 基于生态-经济分析的泰州空间开发适宜性分区研究. *地理科学*,2008,28(6):842-848.
- [4] 熊剑平,余瑞林,刘承良,袁俊,张红. 快速城市化背景下的城郊土地利用结构适宜性评价与协调发展——以武汉市汉南区为例. *世界地理研究*,2006,15(4):80-86.
- [5] 孙翔,朱晓东,李杨帆. 港湾快速城市化地区景观生态安全评价——以厦门市为例. *生态学报*,2008,28(8):3563-3573.
- [6] 王向华,朱晓东,李杨帆,黄和平,蔡邦成. 厦门海湾型城市发展累积生态效应动态评价. *生态学报*,2007,27(6):2375-2381.
- [7] 刘贵利. 城乡结合部建设用地适宜性评价初探. *地理研究*,2000,19(1):80-85
- [8] 常青,王仰麟,李双成. 中小城镇绿色空间评价与格局优化——以山东省即墨市为例. *生态学报*,2007,27(9):3701-3710.
- [10] 黄光宇,陈勇,田玲,闫田华,李萍萍,庄海波,肖刚,郑静. 生态规划方法在城市规划中的应用——以广州科学城为例. *城市规划*,1999,23(6):48-51.
- [11] 张新焕,徐建刚,于兰军. 水网密集区土地利用/土地覆被变化及其建设用地适宜性评. *资源科学*,2006,28(2):61-66.
- [12] 尹海伟,徐建刚,陈昌勇,孔繁花. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析. *地理科学*,2006,26(1):64-69.
- [13] 陈燕飞,杜鹏飞,郑筱津,林瑾. 基于 GIS 的南宁市建设用地生态适宜性评价. *清华大学学报(自然科学版)*,2006,46(6):801-804.
- [14] 梁涛,蔡春霞,刘民,彭小雷. 城市土地的生态适宜性评价方法——以江西萍乡市为例. *地理研究*,2007,26(4):782-788.
- [15] 梁艳平,刘兴权,刘越,谭春华. 基于 GIS 的城市总体规划用地适宜性评价探讨. *地质与勘探*,2001,37(3):64-67.
- [17] 金志丰,陈雯,孙伟,陈江龙. 基于土地开发适宜性分区的土地空间配置——以宿迁市区为例. *中国土地科学*,2008,22(9):43-50.
- [18] 陈雯,孙伟,段学军,陈江龙. 苏州地域开发适宜性分区. *地理学报*,2006,61(8):839-846.
- [19] 陈雯,段学军,陈江龙,许刚. 空间开发功能区划的方法. *地理学报*,2004,59 增刊:53-58.
- [21] 杨少俊,刘孝富,舒俭民. 城市土地生态适宜性评价理论与方法. *生态环境学报*,2009,18(1):380-385.
- [23] 周建飞,曾光明,黄国和,李忠武,焦胜,唐琳. 基于不确定性的城市扩展用地生态适宜性评价. *生态学报*,2007,27(2):774-783.
- [24] 朱永恒,濮励杰,赵春雨. 景观生态质量评价研究——以吴江市为例. *地理科学*,2007,27(2):182-187.
- [25] 韩文权,常禹,胡远满,李秀珍,布仁仓. 景观格局优化研究进展. *生态学杂志*,2005,24(12):1487-1492.
- [26] 秦丽杰,张郁,许红梅,刘湘南. 土地利用变化的生态环境效应研究——以前郭县为例. *地理科学*,2002,22(4):509-512.
- [27] 赵振斌,包浩生,马荣华. 城市格网化及其景观生态效应研究——以西安市为例. *地理科学*,2001,21(5):433-438.
- [28] 曾辉,夏洁,张磊. 城市景观生态研究的现状与发展趋势. *地理科学*,2003,23(4):484-492.
- [29] 李杨帆,朱晓东. 江苏灌河口湿地景观生态规划可持续发展的方案. *地理科学*,2003,23(5):635-640.
- [34] 龚建周,夏北成,陈健飞,林媚珍. 基于 3S 技术的广州市生态安全景观格局分析. *生态学报*,2008,28(9):4323-4333
- [35] 孙娟,夏汉平,蓝崇钰,辛琨. 基于缓冲带的贵港市城市景观格局梯度分析. *生态学报*,2006,26(3):655-662.
- [36] 许倍慎,周勇,李冀云. 基于 GIS 的耕地多目标适宜性评价在土地利用规划中的应用——以湖北省老河口市为例. *华中师范大学学报(自然科学版)*,2008,42(2):286-290.
- [37] 许嘉巍,刘惠清. 长春市城市建设用地适宜性评价. *经济地理*,1999,19(6):101-104.
- [41] 谷晓坤,陈百明. 土地整理景观生态评价方法及应用——以江汉平原土地整理项目为例. *中国土地科学*,2008,22(12):58-62.
- [42] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法. *山地学报*,2000,18(4):346-352.
- [43] 刘勇,吴次芳,岳文泽,叶艳妹. 土地整理项目区的景观格局及其生态效应. *生态学报*,2008,28(5):2261-2269.
- [45] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析. *生态学报*,2008,28(10):5020-5026.