

# 土地生态经济适宜性评价模型研究

俞 艳<sup>1</sup> 何建华<sup>2</sup> 袁艳斌<sup>1</sup>

(1 武汉理工大学资源与环境工程学院,武汉市珞狮路 122 号,430070)  
(2 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**从土地生态经济系统的角度,将土地适宜性评价看作是物种的最适生态位与评价单元所提供的现实生态位之间的匹配,从区域、评价单元以及单元之间关系 3 个层次构建评价指标体系,并引入模糊贴近度分析方法构建土地生态经济适宜性评价模型。以武汉市黄浦区为实例验证了模型的合理性。  
**关键词:**生态经济适宜性评价;生态位;模糊贴近度分析  
**中图法分类号:**P208; P273

土地适宜性评价模型和方法作为土地优化配置的基础成为当前土地科学研究的热点问题,出现了一批相关的研究成果。随着 GIS 在土地科学中的广泛应用,基于 GIS 技术的土地适宜性评价方法成为研究的主流<sup>[1-4]</sup>。评价方法从最简单的叠加分析<sup>[5,6]</sup>发展到了多准则决策分析、人工智能<sup>[6]</sup>以及多种方法的综合。总体来看,现有评价方法存在的缺陷主要表现在以下两个方面:① 从理论上来看,已有的评价方法仅从土地自然属性的角度评价其对不同土地利用类型的适宜性,仍属传统的土地自然条件评价范畴,忽略了土地社会、经济因素在土地适宜性中的作用;② 从评价技术方法上看,现有方法都基于单一的评价单元展开评价,缺乏从多个不同层次区域整体角度,特别是从景观生态学的角度研究土地的适宜性评价,这与现时的土地利用规划的生态学要求不符。土地的生态经济适宜性应是当前土地适宜性评价的发展方向。基于此,本文拟从土地生态经济适宜性评价指标体系构建和评价方法等方面展开系统研究,建立土地生态经济适宜性评价模型。

## 1 土地生态经济适宜性评价指标体系构建

**1.1 系统、分层次的生态经济因子选择**  
本文在构建评价指标体系时,拟从区域层次因

素、单元层次因素以及反映单元间关系的生态经济因素来选择。对应的因子体系结构如图 1 所示。

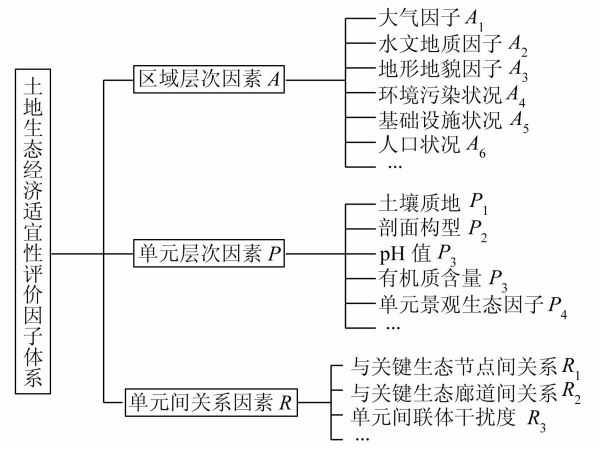


图 1 土地生态经济适宜性评价因子体系  
Fig. 1 Land Eco-economic Suitability Evaluation Factor System

区域层次因子主要选择反映区域整体生态经济特征的指标。单元层次因子主要反映评价单元自身的生态经济条件,与传统适宜性评价因子选择不同的是这里包括了单元景观生态因子。反映单元间关系的因子是被传统的土地适宜性评价忽略的地方,它主要考虑评价单元之间的生态关系,如评价单元之间的联体干扰度的生态学意义是反映当两个生物单元利用同一资源或共同占有其他环境容量时,必然产生竞

争与排斥关系,这种竞争排斥关系即可用联体干扰度来度量。

1.2 因子量化方法

1.2.1 正向因子量化方法

$$X_i = \begin{cases} 0, S_i < D_{i_{\min}} \\ \frac{S_i}{D_{i_{\text{opt}}}} \cdot R_i, D_{i_{\min}} \leq S_i \leq D_{i_{\text{opt}}} \\ R_i, S_i > D_{i_{\text{opt}}} \end{cases}$$

式中,  $X_i$  为  $i$  种因子的量化指数;  $S_i$  为  $I$  因子的量测值;  $D_i$  为某土地利用类型对  $I$  因子的要求值;  $D_{i_{\min}}$  为  $I$  因子要求的低限;  $D_{i_{\text{opt}}}$  为  $I$  因子的理想要求值;  $R_i$  为  $I$  因子的风险性测定,常用保证率来测度。

1.2.2 负向因子量化方法

$$X_i = \begin{cases} 1, S_i \leq D_{i_{\min}} \\ (1 + \frac{S_i - D_{i_{\max}}}{D_{i_{\min}} - D_{i_{\max}}}) \cdot R_i, D_{i_{\min}} < S_i < D_{i_{\max}} \\ 0, S_i \geq D_{i_{\max}} \end{cases}$$

式中,  $D_{i_{\max}}$  为某种土地利用类型对该因子要求的上限,其他符号与前式同。该类因子现状值愈低愈好。

1.2.3 适度因子量化方法

$$X_i = \begin{cases} 0, S_i \leq D_{i_{\min}} \text{ 或 } S_i \geq D_{i_{\max}} \\ \frac{S_i - D_{i_{\min}}}{D_{i_{\text{opt}}} - D_{i_{\max}}} \cdot R_i, D_{i_{\min}} < S_i \leq D_{i_{\text{opt}}} \\ \frac{D_{i_{\max}} - S_i}{D_{i_{\max}} - D_{i_{\text{opt}}}} \cdot R_i, D_{i_{\text{opt}}} < S_i \leq D_{i_{\max}} \end{cases}$$

某土地利用类型对该因子的需求范围内存在一个适宜区间,过少或过多均将成为限制因素,如农作物对温度环境和对土壤 pH 值的要求等即属于这一类。

1.2.4 定性因子量化方法

这类定性因子往往很难用连续的数量来描述或表达,如土壤质地,通常划分为沙土、壤土、黏土及其中间类型组成的系列。根据区域实际情况,对这类资源的适宜度的量化,有时需要用间接方法或结合实际经验加以判断。

2 基于模糊贴近度分析的土地生态经济适宜性评价模型

在土地生态经济适宜性评价中,可通过求取土地利用评价单元的现实条件与最适土地生态经济适宜性标准之间的相似度得到。该问题可归结为模糊模式识别的领域问题,土地生态经济适宜

性评价即是求解评价单元的现实生态位向量(向量中元素为图 1 所示的生态经济因子)与该种土地利用类型的最适生态位向量之间的贴近度。

1) 模糊模式空间

模糊模式空间为各种土地利用类型的最适生态位,根据实际需要可以包括旱地、水田、草地、林地等多种土地利用类型,其对应的特征因子为标准化后的生态位表征因子,它是土地生态经济适宜性评价标准确定的结果,对应向量  $X_d^0, X_w^0, X_G^0, X_F^0, \dots$ , 构成模式识别的模糊模式空间。

2) 识别特征空间

用来进行模糊模式识别对应的特征项,在此为土地生态经济适宜性评价因子体系,将其表达为向量形式为  $X = (A_1, A_2, A_3, \dots, P_1, P_2, \dots, R_1, R_2, \dots)$ 。

3) 基于模糊贴近度分析的模糊模式匹配

其基本原理就是求取每一个评价单元对应的特征空间向量  $X$ (现实生态位)与模式空间向量  $X^0$  之间的贴近度:

$$n(X^0, X_i) = \bigwedge_{j=1}^m (X_j^0, X_{ij})$$

其中,  $n(X^0, X_i)$  为  $X_0$  与  $X_i$  之间的贴近度;  $\bigwedge$  为多因素综合运算。在本研究中取求和运算,来综合不同土地利用类型最适生态位对应特征因子与适宜性评价对应生态经济特征因子体系间的相似关系。

3 基于模糊贴近度分析的土地生态经济适宜性评价流程

基于模糊贴近度分析的土地生态经济适应型评价主要包括土地生态经济适宜性评价指标体系的构建,各土地利用类型对应最适生态经济条件的求取和基于模糊贴近度分析的多目标适宜度评价,如图 2 所示。

4 实例研究

4.1 研究区概况

黄陂区位于湖北省偏东部,地处武汉市北郊,鄂东平原丘陵区,北为大别山南麓西段,地势东高西低;南北长 104 km,东西宽 55 km,总面积为 2 261 km<sup>2</sup>。区域土地资源丰富,境内有山地、丘陵、平原、洼地等地貌类型,适宜多种产业发展用地要求。年平均降水量 1 100 mm,水资源丰沛,能够满足产业发展和人口增长对水资源的需求。

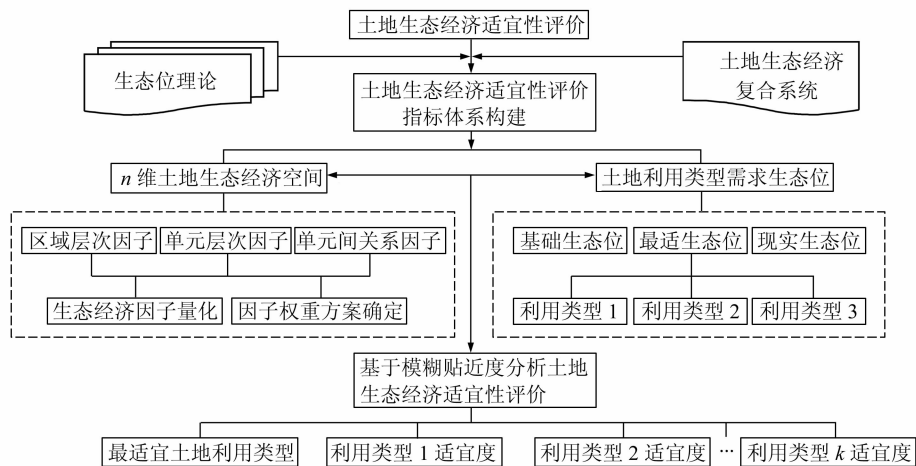


图 2 基于生态位适宜度模型的土地生态经济适宜度评价流程图

Fig. 2 Workflow of Land Eco-economic Suitability Evaluation Based on Fuzzy Close-Degree

4.2 生态经济评价指标体系选取

根据研究区实际,从 3 个层次构建指标体系,并利用 Delphi 法,通过征询区域土地资源管理部门、农业部门、发展计划部门以及部分高校和科研院所的专家,对不同土地利用类型下的权重进行分别确定。分 4 种类型进行指标量化处理,其中多项指标直接通过对现状图计算获得,如图斑景观指标、单元间经济关系指标。

4.3 最适生态位矢量确定

在现状分析的基础上,结合当地实际,对不同土地利用类型最适生态位采用典型样点调查方法确定。本文以水田最适生态位确定为例加以说明。典型样点的调查可采用本次实验区农用地分等的调查样点,以村为单位布设,然后对各个生态经济指标进行分析,结合该指标的类型,分别确定其最适值,作为相应土地利用类型的最适生态位,结果如表 1 所示。

表 1 实验区水田最适生态位

Tab. 1 The Most Suitable Niche of Paddy Land

指标	有机质含量	降雨量	洪涝灾害	地质灾害	地貌类型	地形坡度	水环境
最适值	1.9	1 000~1 300	无	无	平原	0~1°	良好
指标	生物多样性	交通设施	水利设施	电力设施	土壤质地	剖面构型	pH 值
最适值	丰富	完备	完备	完备	壤土	壤/沙/壤	6.5~7.0
指标	地下水埋深/cm	斑块面积/hm <sup>2</sup>	斑块分维数	距城市距离/km	距关键生态地距离/m	土壤环境状况	
最适值	80~100	2~3	1.0	3~10	>500	良好	

4.4 土地生态经济适宜性评价

基于上述指标构建土地生态经济适宜性评价特征向量,即  $S=(降雨量, 洪涝灾害, 地质灾害, 地貌类型, 地形坡度, 水环境, 生物多样性, 交通设施, 水利设施, 电力设施, 电力设施, 土壤质地, 剖面构型, pH 值, 地下水埋深, 斑块面积, 斑块分维数, 距城市距离, 距关键生态地距离, 土壤环境状况, 有机质含量)$ 。利用基于模糊贴近度分析方法,以设定土地利用类型目标为  $O=(水田, 旱地)$  为例研究其适宜性评价成果,如图 3 所示。

4.5 实验结果分析

由于考虑了土地利用的经济和生态效益指标,使得评价结果较传统的仅关注自然条件评价的结果更符合实际生产的要求。如城郊部分土地从自然条件看是适宜的,由于考虑到比较经济效

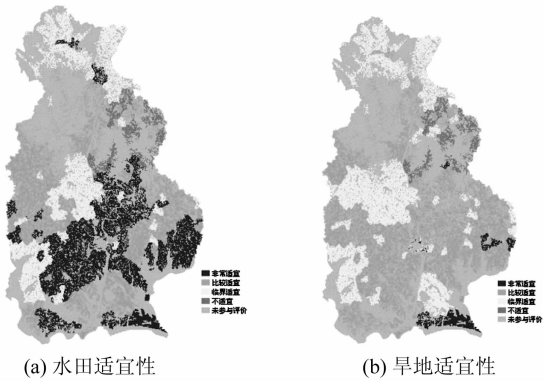


图 3 基于模糊贴近度分析的土地生态经济适宜性评价结果

Fig. 3 Result of Land Eco-economic Suitability Evaluation Based on Fuzzy Close-Degree

益的差别,在城郊部分从事水田和旱地实际上是不经济的,所以其适宜性相应降低。因此,该评价结果更有利于指导土地资源的合理高效利用。并且由于考虑土地生态指标,如距离关键生态地段的距离等,从而使得靠近生态保护地或生态脆弱区从事非生态土地利用的适宜性结果相应较自然条件评价结果低,如潞水、府河等重要水源地一定缓冲区范围内,水田和旱地的适宜性等级不高。

5 结 语

基于生态位适宜度模型的土地适宜性评价方法是针对传统土地适宜性评价理论和方法体系存在的不足提出的一种基于生态学原理的评价方法,具体表现在:① 本评价方法将传统的基于土地自然条件的评价方法扩展为土地生态经济适宜性评价方法,将评价对象从土地自然系统延伸到土地生态经济复合系统,避免了不合理土地利用行为造成对区域生态环境不利影响;② 克服了传统适宜性评价仅从土地评价单元出发考虑构建评价指标体系的弊端,提出了基于土地生态经济系统,从区域、评价单元和单元之间关系等 3 个层次构建土地生态经济适宜性评价指标体系;③ 提出了基于模糊贴近度分析的土地生态经济适宜性评价方法,丰富了土地适宜性评价模型方法,为基于

生态学原理的土地资源配置提供了方法基础。

参 考 文 献

[1] 邱炳文,池天河,王钦敏. 基于 GIS 和多目标评价方法的果树适宜性评价[J]. 农业工程学,2005,21(6): 96-100

[2] 刘耀林,刘艳芳,夏早发. 模糊综合评判在土地适宜性评价中应用研究[J]. 武汉测绘科技大学学报,1995,20(1): 71-75

[3] 黎夏. 利用遥感与 GIS 对农田损失的监测及定量评价方法——以东莞市为例[J]. 地理学报,1997,52(3): 279-287

[4] 杜红悦,李京. 土地适宜性评价方法研究与系统实现——以攀枝花为例[J]. 资源科学,2001,23(5): 41-45

[5] 孙希华,侯西勇. 长清县土地生产力综合评价研究[J]. 地球信息科学,2002,2: 89-93

[6] 刘耀林,焦利民. 基于计算智能的土地适宜性评价模型[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2005,30(4): 283-287

[7] 杨子生. 论土地生态规划设计[J]. 云南大学学报(自然科学版),2002,24(2): 114-124

第一作者简介:俞艳,博士,讲师,主要从事土地评价、规划以及空间信息智能化处理等方面的教学与科研工作。  
E-mail:yyhrose@126.com

Model of Land Eco-economical Suitability Evaluation

YU Yan<sup>1</sup> HE Jianhua<sup>2</sup> YUAN Yanbin<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Engineering, Wuhan University of Technology, 122 Luoshi Road, Wuhan 430072, China)

(2 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** By extending the traditional land suitability evaluation from natural conditions evaluation to land eco-economical comprehensive suitability evaluation, the evaluation factor system is created from three levels, which are regional level, unit level and inter-unit level. Meanwhile the quantitative criterion and methods are developed from three classes: positive factor, negative factor and moderate factor. Based on these, the land eco-economical suitability evaluation model is proposed on the basis of fuzzy close-degree analysis. In the end, Huangpi district of Wuhan city is taken as an example to have a case study. The results show that the model is reasonable and applicable.

**Key words:** eco-economical suitability; niche; fuzzy close-degree analysis