

基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价

俞艳¹, 何建华^{2*}

(1. 武汉理工大学资源与环境工程学院, 武汉 430070; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079)

摘要: 针对传统的土地适宜性评价缺乏从自然、社会和经济综合的角度考虑土地利用问题的缺陷, 建立了基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价模型。以武汉市黄陂区为试验区, 试验结果表明该模型综合考虑的土地利用的经济和生态需求, 克服了传统评价方法仅注重土地自然条件的不足, 为土地适宜性评价提供了新途径。

关键词: 适宜性评价; 最适生态位; 生态位适宜度模型

中图分类号: P208; Q149

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-1-0124-05

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)

0 引言

土地利用的合理与否, 取决于土地利用的方式是否与土地的自然特性以及最终要达到自然生态和社会经济目标相和谐统一。从这一点上说, 土地资源优化配置就是保持土地利用过程中生态-经济-社会适宜性在时间上能不断延续。因此, 进行生态经济适宜性评价是土地资源优化配置的基础, 对制订土地利用规划, 进行农业产业结构调整, 实现区域农业可持续发展具有重要意义。纵观国内外研究现状, 土地适宜性评价往往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^[1-4], 忽略了土地社会、经济因素的作用。大多数土地适宜性评价多基于单一的评价单元展开评价^[5-7], 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。土地适宜性评价的标准是适宜性评价的难点, 已有的评价方法往往是将评价结果(通常是一个综合得分值), 通过定性离散的方法进行级别的划分^[1-7], 生态意义不明确, 不利于评价成果在后续土地资源利用管理中的应用。因此, 本文拟将土地利用系统作为生态经济复合系统, 利用生态学结合经济管理学基本原理和方法, 从自然、社会和经济综合的角度系统选择评价因子, 并

选取生态意义明确的适宜性表征方法——生态位^[8-9], 开展土地生态经济适宜性评价, 建立基于生态位适宜度的土地适宜性评价模型, 并选取武汉市黄陂区为实例, 验证模型的实用性。

1 土地生态经济适宜性评价

1.1 土地生态经济适宜性评价

土地生态经济适宜性评价是应用生态经济系统论来进行土地评价, 不仅揭示土地的生产潜力和适宜性, 而且指出土地改良和变更土地利用的后果^[11,12,14]。据此可以确定土地利用变更和土地改良的决策和投资水平, 同时便于掌握土地质量等级以及不同土地利用类型的动态化规律, 科学地对土地进行经营和管理, 从而克服了传统土地自然适宜性评价中, 忽视经济、社会因素在土地适宜性评价中的价值和作用的缺陷, 与土地生态自然适宜性相拟合, 进行土地生态经济分析评价, 为土地的合理利用提供可靠依据。土地生态经济系统是人与自然、环境交互作用的结果, 可将其用三元组形式化表达为^[11]:

$$R = f(P, E, S)$$

式中 R ——该生态经济适宜性系统; P ——经济因素; E ——生态因素; S ——影响土地利用适宜性的社会因素。

1.2 土地生态经济适宜性评价指标框架体系

传统的适宜性评价因子多侧重于土地的自然属性, 而土地生态经济适宜性评价要求在选择因子时, 在土地生态经济系统中进行考虑, 即不仅要选择基于评价单元的参评因子, 还要考虑整个土地生态经济系统的整体条件即区域条件, 并且考虑不同评价单元之间的关系。因此, 土地生态经济适宜性评价指标体系要系统、分层次地考虑选取, 其结构体系如图1所示。

收稿日期: 2006-12-07 修订日期: 2007-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(40701145, 40701143)

作者简介: 俞艳(1976-), 女, 湖北武汉人, 博士, 研究方向为土地持续利用调查评价与规划, 武汉 武汉理工大学资源与环境工程学院, 430070. Email: yyhrose@126.com

*通讯作者: 何建华(1972-), 男, 博士, 湖北武汉人, 主要从事不确定性空间信息推理, 武汉 武汉大学资源与环境科学学院, 430079.

Email: hjianh@126.com

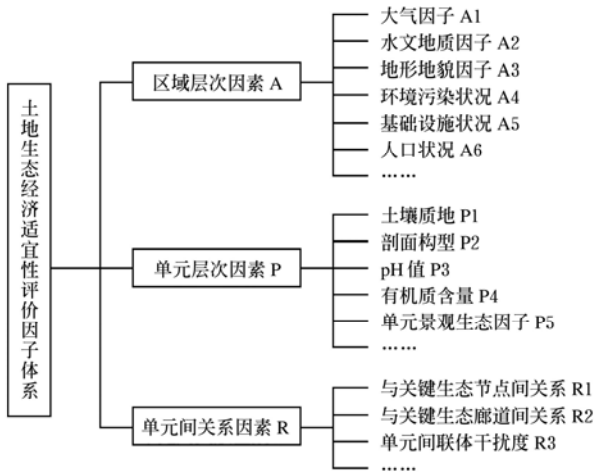


图 1 土地生态经济适宜性评价因子体系

Fig.1 Land eco-economic suitability evaluation factors 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，如图 1 中列出的区域气候、水文、环境污染状况、基础设施状况、人口状况等是基本的参评因子，不同应用中还需根据需要进行选择，并以一定的指标加以度量，如气候因子可通过年降雨量、月均降雨量、积温、无霜期等指标度量。

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，如单元的分形分维特征、单元大小、单元形状指数等，这就要求在确定适宜性评价单元时不能以标准格网作为评价单元，利用土地利用现状图斑作为评价单元是一个较好的选择。

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，其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。联体干扰度在这里用来反映相邻土地利用斑块之间的关系，适宜的土地利用类型要求与周围土地利用单元之间有协调的关系，如在藕田的下方田块种植旱作花生肯定是不适宜的，上方藕田会使下方花生地过于潮湿，不利于旱作物花生生长，相反在旱作花生地下面田块种植莲藕却是适宜的。

2 基于生态位的土地生态经济适宜性评价模型

适宜性评价保证在不同的土地上安排最适宜的土地利用行为，实现物得其所、地尽其用。若将土地利用行为作为生态系统中的生物活动，则土地适宜性评价的目的就是要寻找最佳的生物生存环境，适宜性等级反映不同生境提供不同生物生存的满足程度。而生态学中的生态位正是反映不同生物在生境中的地位和竞争关系的

量，它能综合反映不同生物对生境中自然、社会和经济的需求，因此可以以生态位作为适宜性评价结果的表征量，运用生态适宜度模型进行土地生态经济适宜性评价。Hutchinson 以一个集合论作为模型基础，利用数学上的点集理论^[9,10,13,15]，把生态位看作是一个生物单位（个体、种群或物种）生存条件的总集合体，认为：生物在环境中受着多个而不是 2 个或 3 个资源因子的供应和限制，每个因子对该物种都有一定的适合度阈值，在所有这些阈值所限定的区域内，任何一点所构成的环境资源组合状态上，该物种均可以生存繁衍，所有这些状态组合点共同构成了该物种在该环境中的多维超体积生态位。本文即以该集合论模型为基础开展土地生态经济适宜性评价。

2.1 土地生态经济适宜度模型框架

基于生态位的基本含义，可将区域生态经济复合系统看作 2 个基本部分，是提供生存环境的资源空间和生物对生存环境的适应及生物活动对生存环境的影响与反馈，即区域资源生态位和生物生存需求生态位，研究生物对生存环境的适应程度或生存环境提供生物生存的满意度即是研究资源生态位与需求生态位之间的匹配。

2.1.1 区域资源生态位

区域环境，从一定意义上可看作为一个 n 维生态因子空间，若将这些生态因子全部看作为广义的资源，将这些资源进行量化，并表示在 n 维模糊超体积空间中，则构成其中的一个点，这个点位即可认为是资源空间中的一个资源生态位。可用区域资源生态位表征区域资源环境状况，参与适宜性评价和资源的优化配置管理。

2.1.2 区域发展需求生态位

区域的发展必须以资源为基础，在这里的资源包括发展所要求的自然环境、社会经济条件以及物质资源，从而构成一个多维的资源需求空间。不同的发展措施与途径的资源需求空间是不一致的，如农业生产不要求合适的气候条件、地理条件与土壤条件，还要求劳动力及其他物质的输入等，这些条件构成农业生产的资源需求空间；而工业布局、城镇发展、更多关心的是交通、原料、市场以及地理条件等因素，这些因素构成其资源需求空间。为了描述的方便，不妨称区域发展对资源的需求所构成的多维空间，为区域发展的资源需求生态位，简称为需求生态位。

2.1.3 生态位适宜度模型框架

区域发展对资源的要求构成需求生态位。而区域现状资源也可以构成对应的资源空间的资源生态位，两者之间的匹配关系，反映了区域现状资源条件对发展的适宜性程度，其大小可以用生态位适宜度来计量。这种匹配关系可用图 2 所示加以说明。

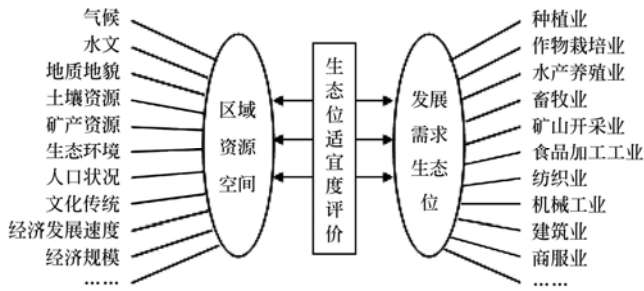


图 2 生态位适宜度模型框架

Fig.2 Framework of eco-economic suitability model

图 2 中将区域生态经济系统中各种生物生存环境需求和人类活动需求，统一演绎为人类从事的不同经济活动（如水稻、小麦等生物生存环境需求可通过种植业需求加以表达），当然纯天然环境，如热带雨林、各种大型的原始森林、自然保护区则不在本研究的讨论之列。

基于区域资源生态位和发展需求生态位的匹配来进行评价生境对生物的生存发展的适宜性，关键在于适宜性评价标准的确定，要量化各种生物最适应的生境条件，即最适生态位^[10]的确定。在模糊超体积生态位模型中，将物种生存需求的资源定义为一模糊集合 R ， R_i 为第 i 维资源轴 ($i=1,2,3,\dots,n$) $R=R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$ 表示一个 n 维资源空间， $U_R(x)$ 为该模糊集合的隶属度函数^[19]，最适生态位定义为生态位空间中物种在任何种间竞争不被排除的全部点来定义的，记为 A_F

$$A_F = \{x \in X : U_R(x) = 1\}$$

即为模糊集合 $U_R(x)$ 的核。

2.2 基于生态位适宜度的土地生态经济适宜性评价模型

显然，当区域现状资源条件完全满足生物生存和发展要求时，其生态适宜度即为 1；而当区域资源条件完全不能满足要求时，对应的生态适宜度为 0。因此，生态适宜度评价即是要评价生物生存发展的现实生态位与对应

该种生物的最适生态位之间的相似性，形式化表达为：

$$S_i = Sim(A_F; A_R)$$

式中 S_i ——第 i 种生物的对区域资源空间(生境)的生态适宜度； Sim ——相似性分析函数，根据具体应用实际采用不同函数； A_R ——评价区域的现实生态位（即评价区域的现实条件集合）。

3 实例研究——以武汉市黄陂区为例

3.1 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，山丘起伏，地势东高西低，地理位置为北纬 $30^{\circ}41' \sim 31^{\circ}22'$ ，东经 $114^{\circ}9' \sim 114^{\circ}37'$ 之间；南北长 104 km，东西宽 55 km，总面积为 2261 km²。区域土地资源丰富，境内有山地、丘陵、平原、洼地等，地貌类型多样，适宜多种产业发展用地的要求。年平均降水量 1100 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。

3.2 生态经济评价指标体系选取

根据研究区实际情况，从 3 个层次构建以下指标体系，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。指标的量化分 4 种类型进行量化处理，其中多项指标是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。

3.3 最适生态位矢量确定

在试验区土地利用现状分析的基础上，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。以下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试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 试验区水田最适生态位
Table 1 Optimal niche of paddy land

指 标	有机质含量/%	降雨量/mm	洪涝灾害	地质灾害	地貌类型	地形坡度/(°)	水环境
最适值	1.9	1000~1300	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 ²	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	

3.4 土地生态经济适宜性评价

以上述指标为基础，构建土地生态经济适宜性评价特征向量，即 $S = (\text{降雨量}, \text{洪涝灾害}, \text{地质灾害}, \text{地貌类型}, \text{地形坡度}, \text{水环境}, \text{生物多样性}, \text{交通设施}, \text{水}$

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), 基于模糊贴近度分析方法, 得到各量化因子向量与最适

生态位向量之间的贴程度，以贴程度作为适宜性划分的标准进行土地生态经济适宜性评价。以设定土地利用类型目标为 $O = (\text{水田}, \text{旱地})$ 为例研究其适宜性评价成果如图 3 所示。

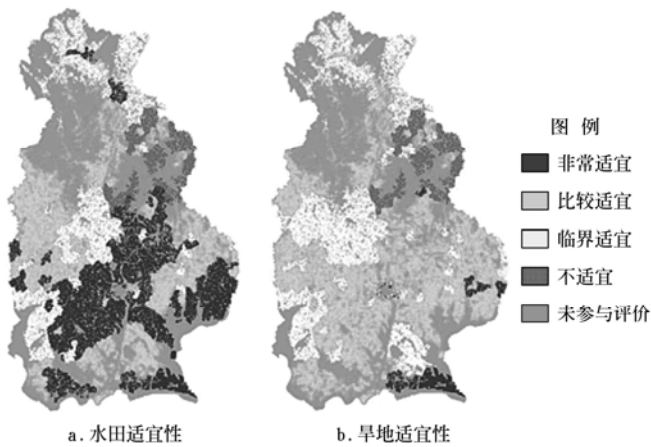


图 3 基于模糊贴程度分析的土地生态经济适宜性评价结果

Fig.3 Evaluation results of land eco-economic suitability based on fuzzy nearness

3.5 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是适宜的，由于考虑到比较经济效益的差别，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，由于增加考虑土地生态指标，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，如淝水、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，若利用传统的土地适宜性评价方法，由于其自然水热条件都适宜于农作物生长，该区域水田和旱地的适宜性都应是比较高的，这种土地利用方式将不利于该区域生态环境建设，直接导致水环境污染、水土流失等土地利用问题。

4 结 论

以上研究表明，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) 本文所提出模型将传统的基于土地自然条件评价的适宜性评价方法，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，这是适应当前土地资源开发利用应与生态环境建设相结合，避免土地利用行为造成对区域生态环境不利影响的时代要求的。2) 利用最适生态位解释了土地适宜性评价标准，生态意义明确，便于不同区域制

订符合当地实际的适宜性评价标准。3) 基于土地生态经济适宜性评价就是区域 n 维土地资源空间与不同土地利用类型对资源需求生态位的匹配这一基本思想，从适宜性评价方法方面另辟蹊径，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。4) 由于该模型在考虑土地利用经济效益的基础上，增加了土地利用的生态要求，将该模型方法应用于土地利用总体规划将有利于促进土地利用与生态环境建设的协调发展，为土地资源持续利用提供了基础。

同时，由于土地生态经济适宜性评价是在传统的土地侧重于土地水热条件的适宜性评价基础上，综合考虑了土地的自然、经济和生态需求，相应需要考虑的因素较多，特别是最适生态位确定是建立在大量作物生长的经济调查和农业试验的基础上，给本模型方法的应用带来一定的困难。

[参 考 文 献]

- [1] 陈守煜, 柴春岭, 苏艳娜. 可变模糊集方法及其在土地适宜性评价中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 95—97.
- [2] 于 婧, 周 勇, 周清波, 等. 基于GIS和模糊数学方法的多方案下农用地多适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 183—187.
- [3] 谢春树, 赵 玲. 基于GIS 的湘中紫色土丘陵地区土地适宜性评价——以衡南县谭子山镇紫色土综合治理试验区为例[J]. 经济地理, 2005, 25(1): 101—105.
- [4] 刘文锴, 陈秋计, 刘昌华, 等. 基于可拓模型的矿区复垦土地的适宜性评价[J]. 中国矿业, 2006, 15(3): 34—37.
- [5] 刘 伍, 李满春, 刘永学, 等. 基于矢栅混合数据模型的土地适宜性评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 320—324.
- [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] 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.
- [8] 程吉宏, 王晶日. 区域环境影响评价中土地使用生态适宜性分析[J]. 环境保护科学, 2002, 28(4): 52—54.
- [9] 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.
- [10] 欧阳志云, 王如松, 符贵南. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用[J]. 生态学报, 1996, 16(2): 113—120.
- [11] 李春越, 谢永生. 黄土高原土地资源生态经济适宜性评价指标体系初步研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(2): 53—56.
- [12] 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.
- [13] 倪九派, 魏朝富, 谢德体. 土地利用的生态位及调控机制的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(Z1): 113—115.
- [14] 俞 艳, 郭庆胜, 何建华, 等. 基于Web服务的土地适宜性评价PSE设计与实现[J]. 武汉大学学报(信息科学版),

2006, 31(6): 544-547.

[15] 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):55-58.

Land eco-economical suitability evaluation based on niche fitness

Yu Yan¹, He Jianhua^{2*}

(1. *School of Resource and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;*

2. *School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China*)

Abstract: The traditional models of land suitability evaluation were short of comprehensive consider in land use with natural, social and economic characters. In the paper, the model of land eco-economical suitability evaluation was constructed based on niche fitness. Taking Huangpo area, Wuhan City as case, the results show that the model is comprehensively consideres economic and ecological of land use, and overcomes shortcomings of traditional models. This model provide a new way for land suitability evaluation.

Key words: eco-economical suitability assessment; most suitable niche; model of niche suitability