

乡村景观生态质量的物元评判模型研究*

谢花林 李 蕾 刘黎明**

(中国农业大学土地资源管理系 北京 100094)

摘 要 研究选取若干较为公认的景观生态质量指标,依据其意义建立了类型识别的物元评判模型,并应用于北京市海淀区 7 个乡镇生态质量评价,结果较好。

关键词 乡村景观 生态质量 物元评判模型

Study on an evaluation model of matter-element of the eco-quality of rural landscape. XIE Hua-Lin, LI Lei, LIU Li-Ming (Department of Land Resources Management, China Agricultural University, Beijing 100094), *CJEA*, 2004, 12(4): 184~187

Abstract A set of landscape eco-quality indicators was selected, an evaluation model of matter-element was constructed which was applied to seven towns in Beijing Haidian District and rational results were got.

Key words Rural landscape, Eco-quality, Evaluation model of matter-element

近 20 年来随着工业的发展、人口的压力 and 环境污染的加重,日趋威胁着乡村的生命力,且许多乡村发展缺乏合理有效的规划管理,导致大量优质耕地被侵占的同时,已被农转非的土地利用效率低下;乡村居民点布局分散无序,水土资源与生态环境遭受破坏,农业景观中生物栖息地多样性降低和自然景观高度破碎化,土地利用和土地覆盖方式的变化使乡村景观生态效益受到严重损害。乡村景观生态规划首先要求对乡村景观生态质量做出定量分析评价,由于乡村景观生态质量是多维因素的综合体,对其评价需经过从单因素的小综合到多因素的大综合,这决定单因素评价无法得出以地域为单位的景观生态质量综合评价。本研究选取若干较为公认的景观生态质量指标,依据其意义构造了分类的经典域物元和节域物元,并应用物元和可拓集合中的关联函数建立了类型识别的物元评判模型,为科学创建可持续发展的整体乡村生态系统提供理论依据。

1 物元评判模型的建立

指标的选取。有关研究表明景观的稳定性与土地退化、自然灾害发生频率和水土流失等呈较大负相关性^[1];林地可提高农田、草牧场等景观基质的稳定性^[2];景观异质性越高其景观功能越强,反之则景观生态系统破坏程度越大或破坏几率越大^[3]。由于评价对象为较小区域,影响其生态潜力性主要为土壤肥力状况,而不是气候条件,故异质性、生态稳定性和生态潜力性能体现景观生态质量的破坏程度,有助于理解和衡量景观生态功能,帮助恢复和重建景观生态系统。本研究选择了涉及异质性、生态稳定性和生态潜力性 3 方面 8 个乡村景观生态质量指标,即异质性[Shannon 多样性指数(x_1)、景观优势度指数(x_2)和景观破碎化指数(x_3)]、生态稳定性[自然灾害发生频率(x_4)、林木覆盖率(x_5)、土地退化面积率(x_6)和水土流失率(x_7)]及生态潜力性[土壤肥力(x_8)],其中 Shannon 多样性指数(x_1)反映景观要素多少和各景观要素所占比例的变化;景观优势度指数(x_2)表示景观多样性对最大多样性的偏离程度,或描述景观由少数几个主要景观类型控制程度;景观破碎化指数(x_3)反映景观中某一景观类型在给定时间和给定性质上的破碎化程度;自然灾害发生频率(x_4)、土地退化面积率(x_6)和水土流失率(x_7)是景观生态破坏程度的反映;林木覆盖率(x_5)反映区内林木多少以及对涵养水源、保持水土、防风固沙和净化空气等所起到的作用;土壤肥力(x_8)是乡村景观生态破坏影响的基质因素,可用土壤肥力指数表示。其中 Shannon 多样性指数、景观优势度指数和景观破碎化指数表达方法可参阅相关文献^[3,4]。

* 国家自然科学基金委国际合作局与韩国科学与工程基金(KOSEF)博士后交流项目(1997~1998)和北京市自然科学基金重点项目(6031001)共同资助

** 通讯作者

收稿日期:2003-05-17 改回日期:2003-06-29

确定经典域物元、节域物元和待判物元。运用可拓集合的概念^[5-7],将乡村景观生态质量分异概念集合(好→较好→一般→差)中的渐变分类关系由定性描述扩展为定量描述,从而辨识该概念的层次关系。首先将问题概述为:设 $P = (\text{好} \rightarrow \text{较好} \rightarrow \text{一般} \rightarrow \text{差})$,将 $N_{01} = \text{好}, N_{02} = \text{较好}, N_{03} = \text{一般}, N_{04} = \text{差}$,则 $N_{01}, N_{02}, N_{03}, N_{04} \in P$,对任何 $p \subset P$,使判断 p 属于 N_{01} 或 N_{02}, N_{03}, N_{04} ,并计算其隶属程度。

经典域物元为:

$$\begin{aligned}
 R_{01} &= \begin{bmatrix} N_{01}, & c_1, & V_{011} \\ & c_2, & V_{012} \\ & c_3, & V_{013} \\ & c_4, & V_{014} \\ & c_5, & V_{015} \\ & c_6, & V_{016} \\ & c_7, & V_{017} \\ & c_8, & V_{018} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{01}, & c_1, & (a_{011}, b_{011}) \\ & c_2, & (a_{012}, b_{012}) \\ & c_3, & (a_{013}, b_{013}) \\ & c_4, & (a_{014}, b_{014}) \\ & c_5, & (a_{015}, b_{015}) \\ & c_6, & (a_{016}, b_{016}) \\ & c_7, & (a_{017}, b_{017}) \\ & c_8, & (a_{018}, b_{018}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{01}, & c_1, & (0.25, 0.30) \\ & c_2, & (0.50, 0.60) \\ & c_3, & (0.01, 0.02) \\ & c_4, & (5, 8) \\ & c_5, & (40, 60) \\ & c_6, & (3, 10) \\ & c_7, & (1, 3) \\ & c_8, & (0.08, 0.12) \end{bmatrix} \\
 R_{02} &= \begin{bmatrix} N_{02}, & c_1, & V_{021} \\ & c_2, & V_{022} \\ & c_3, & V_{023} \\ & c_4, & V_{024} \\ & c_5, & V_{025} \\ & c_6, & V_{026} \\ & c_7, & V_{027} \\ & c_8, & V_{028} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{02}, & c_1, & (a_{021}, b_{021}) \\ & c_2, & (a_{022}, b_{022}) \\ & c_3, & (a_{023}, b_{023}) \\ & c_4, & (a_{024}, b_{024}) \\ & c_5, & (a_{025}, b_{025}) \\ & c_6, & (a_{026}, b_{026}) \\ & c_7, & (a_{027}, b_{027}) \\ & c_8, & (a_{028}, b_{028}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{02}, & c_1, & (0.20, 0.25) \\ & c_2, & (0.40, 0.50) \\ & c_3, & (0.02, 0.05) \\ & c_4, & (8, 10) \\ & c_5, & (30, 40) \\ & c_6, & (10, 12) \\ & c_7, & (3, 8) \\ & c_8, & (0.05, 0.08) \end{bmatrix} \\
 R_{03} &= \begin{bmatrix} N_{03}, & c_1, & V_{011} \\ & c_2, & V_{012} \\ & c_3, & V_{013} \\ & c_4, & V_{014} \\ & c_5, & V_{015} \\ & c_6, & V_{016} \\ & c_7, & V_{017} \\ & c_8, & V_{018} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{03}, & c_1, & (a_{031}, b_{031}) \\ & c_2, & (a_{032}, b_{032}) \\ & c_3, & (a_{033}, b_{033}) \\ & c_4, & (a_{034}, b_{034}) \\ & c_5, & (a_{035}, b_{035}) \\ & c_6, & (a_{036}, b_{036}) \\ & c_7, & (a_{037}, b_{037}) \\ & c_8, & (a_{038}, b_{038}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{03}, & c_1, & (0.15, 0.20) \\ & c_2, & (0.30, 0.40) \\ & c_3, & (0.05, 0.07) \\ & c_4, & (10, 15) \\ & c_5, & (15, 30) \\ & c_6, & (12, 15) \\ & c_7, & (8, 10) \\ & c_8, & (0.03, 0.05) \end{bmatrix} \\
 R_{04} &= \begin{bmatrix} N_{04}, & c_1, & V_{011} \\ & c_2, & V_{012} \\ & c_3, & V_{013} \\ & c_4, & V_{014} \\ & c_5, & V_{015} \\ & c_6, & V_{016} \\ & c_7, & V_{017} \\ & c_8, & V_{018} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{04}, & c_1, & (a_{041}, b_{041}) \\ & c_2, & (a_{042}, b_{042}) \\ & c_3, & (a_{043}, b_{043}) \\ & c_4, & (a_{044}, b_{044}) \\ & c_5, & (a_{045}, b_{045}) \\ & c_6, & (a_{046}, b_{046}) \\ & c_7, & (a_{047}, b_{047}) \\ & c_8, & (a_{048}, b_{048}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{04}, & c_1, & (0.05, 0.15) \\ & c_2, & (0.10, 0.30) \\ & c_3, & (0.07, 0.10) \\ & c_4, & (15, 20) \\ & c_5, & (10, 15) \\ & c_6, & (15, 20) \\ & c_7, & (10, 15) \\ & c_8, & (0.01, 0.03) \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{1}$$

节域物元为:

$$R_p = \begin{bmatrix} p, & c_1, & V_{p1} \\ & c_2, & V_{p2} \\ & c_3, & V_{p3} \\ & c_4, & V_{p4} \\ & c_5, & V_{p5} \\ & c_6, & V_{p6} \\ & c_7, & V_{p7} \\ & c_8, & V_{p8} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p, & c_1, & (a_{p1}, b_{p1}) \\ & c_2, & (a_{p2}, b_{p2}) \\ & c_3, & (a_{p3}, b_{p3}) \\ & c_4, & (a_{p4}, b_{p4}) \\ & c_5, & (a_{p5}, b_{p5}) \\ & c_6, & (a_{p6}, b_{p6}) \\ & c_7, & (a_{p7}, b_{p7}) \\ & c_8, & (a_{p8}, b_{p8}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p, & c_1, & (0.05, 0.30) \\ & c_2, & (0.10, 0.60) \\ & c_3, & (0.01, 0.10) \\ & c_4, & (5, 20) \\ & c_5, & (10, 60) \\ & c_6, & (3, 20) \\ & c_7, & (1, 15) \\ & c_8, & (0.01, 0.12) \end{bmatrix} \tag{2}$$

待判物元为:

$$R_x = \begin{bmatrix} p \\ c_1, & c_2, & c_3, & c_4, & c_5, & c_6, & c_7, & c_8 \\ v_1, & v_2, & v_3, & v_4, & v_5, & v_6, & v_7, & v_8 \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

经典域物元和节域物元的构建是建立模型的关键,其临界值是根据指标的相关关系分析求出,有重要的景观生态学意义和景观生态规划指导意义。

计算待判标本(p)与各评价等级(N_{0j})的单项指标关联函数 $[K_j(v_i)]$:

$$K_j(v_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_i, V_{0ji})}{|V_{0ji}|}, & v_i \in V_{0ji} \\ \frac{\rho(v_i, V_{0ji})}{\rho(v_i, V_{pi}) - \rho(v_i, V_{0ji})}, & v_i \notin V_{0ji} \end{cases} \quad (4)$$

式中:

$$\rho(v_i, V_{0ji}) = |v_i - (a_{0ji} + b_{0ji})/2| - (b_{0ji} - a_{0ji})/2 \quad (5)$$

$$\rho(v_i, V_{pi}) = |v_i - (a_{pi} + b_{pi})/2| - (b_{pi} - a_{pi})/2 \quad (j = 1, 2, \dots, 4; i = 1, 2, \dots, 8) \quad (6)$$

表 1 评价指标权重结构

Tab.1 Weights of evaluation indicators

原始指标(x_i) Original indicators	总生态质量内指标权重(A_i) Indicator weights of total ecological quality	单项生态质量内指标权重(a_i) Indicator weights of single ecological quality
x_1	A_1 0.156	异 质 性 $\begin{cases} a_1 & 0.384 \\ a_2 & 0.325 \\ a_3 & 0.291 \end{cases}$
x_2	A_2 0.141	
x_3	A_3 0.124	
x_4	A_4 0.087	
x_5	A_5 0.122	生态稳定性 $\begin{cases} a_4 & 0.177 \\ a_5 & 0.295 \\ a_6 & 0.246 \end{cases}$
x_6	A_6 0.118	
x_7	A_7 0.134	
x_8	A_8 0.118	生态潜力性 $\begin{cases} a_7 & 0.282 \\ a_8 & 1 \end{cases}$

确定指标在总生态质量内权重和在单项生态质量内权重。确定权重有 Delphi 法、AHP 法和主成分分析法等多种方法,本研究采用 AHP 法结合专家咨询定性定量综合集成方法确定指标权重,包括确定指标在单项生态质量内权重和指标在总生态质量内权重(见表 1)。

计算待判标本(p)与各评价等级(N_{0j})的多指标综合(总生态质量)关联度 $[K_j(p)]$:

$$K_j(p) = \sum_{i=1}^8 A_i K_j(v_i) \quad (7)$$

式中, $K_j(p)$ 表示 p 属于 N_{0j} 的程度。若 $K_{j_0}(p) = \max K_j(p), j \in \{1, 2, 3, 4\}$, 则判定 p 属于类型 j_0 ; 若对一切 $j, K_j(p) \leq 0$, 则表示 $p \notin P$ 。

单项生态质量关联度。在上述公式中若将 A_i 换成 a_i , 且令 $i = 1, 2, 3$, 即可求出异质性的关联度。类似地,若令 $i = 4, 5, 6, 7$; 或 $i = 8$ 则可分别求出生态稳定性或生态潜力性的关联度。

2 实例分析

将北京市海淀区温泉镇景观待判标本的原始指标值输入模型,即可输出相应的评价结果。如根据北京市海淀区温泉镇 2000 年原始指标确定其待判标本为:

$$R_x = \begin{bmatrix} p \\ c_1, & c_2, & c_3, & c_4, & c_5, & c_6, & c_7, & c_8 \\ 0.18, & 0.35, & 0.03, & 5.20, & 11.00, & 14.00, & 5.00, & 0.06 \end{bmatrix}^T \quad (8)$$

进而可计算求出该样本与各评价等级的单指标关联函数、多指标综合关联度以及相应评价(见表 2)。由表 2 可知,北京市海淀区温泉镇异质性、生态稳定性和生态潜力性分别属较好级、差级与一般级,而模型最终判断其总生态质量属一般级,其主要原因是北京市城市建设快速发展,处于城市边缘区的温泉镇景观不断受到冲击,如住宅小区逐渐增多,边缘集团规模不断扩大,绿化隔离带内农田、菜地被蚕食和挤占现象日益严重,特别是受短期经济利益的驱使,大量果园被毁掉建成别墅区以及农田大量使用化肥农药等,使温泉镇总体生态质量逐年下降,故其景观生态质量评价结果为一般。类似求出北京市海淀区其他 6 个乡镇景观生态质量多层次评价结果(见表 3),揭示出许多有益信息,如北京市海淀区永丰乡各单项生态质量和总生态质量均属最佳级别,反映出该地优越的景观生态质量;北京市海淀区北安河乡虽异质性较好,但因其生态稳定性

表 2 北京市海淀区温泉镇景观生态质量多层次评价

Tab.2 Multi-hierarchical evaluation of Wenquan Town, Haidian District, Beijing City

等级 Grades	$K_j(v_1)$	$K_j(v_2)$	$K_j(v_3)$	$K_j(p)$ 异质性	$K_j(v_4)$	$K_j(v_5)$	$K_j(v_6)$	$K_j(v_7)$	$K_j(p)$ 稳定性	$K_j(v_8)$	$K_j(p)$ 潜力性	$K_j(p)$ 总生态质量
N_{01}	-0.54	-0.69	-0.65	-0.36	0.25	-0.32	-0.45	-0.24	-0.59	-0.81	-0.34	-0.61
N_{02}	0.26	-0.35	0.24	0.22	-0.31	-0.58	-0.78	-0.35	-0.26	-0.73	-0.47	-0.29
N_{03}	-0.43	0.21	-0.39	-0.53	-0.27	-0.67	0.27	0.32	-0.51	0.29	0.24	0.45
N_{04}	-0.87	-0.47	-0.75	-0.64	-0.39	0.28	-0.52	-0.88	0.21	-0.42	-0.49	-0.23
评价	较好	一般	较好	较好	好	差	一般	一般	差	一般	一般	一般

表 3 北京市海淀区 6 个乡镇景观生态质量多层次评价

Tab.3 Multi-hierarchical evaluation of six towns in Haidian District, Beijing City

单项评价 Single evaluation	东升乡 Dongsheng Town	东北旺乡 Dongbeiwang Town	永丰乡 Yongfeng Town	上庄乡 Shangzhuang Town	北安河乡 Beianhe Town	四季青乡 Sijiqing Town
异 质 性	好	好	好	一般	较好	一般
生态稳定性	一般	较好	好	好	一般	差
生态潜力性	一般	一般	好	好	一般	较好
总生态质量评价	一般	较好	好	好	一般	差

和生态潜力性表现一般级而难以发挥其景观异质性优势,其总生态质量最终表现为一般级。因此大力开展乡村景观生态规划与设计,针对当地景观评价中暴露的问题,进行包括功能组团设计和生态社区建设等设计,以最具操作性方案合理布局规划乡村生态环境,建立具有时代感且体现乡土风情的景观整体生态系统。

本研究应用可拓工程方法对北京市海淀区 7 个乡镇景观生态质量建立的物元评判模型,克服了多角度、多因素识别评价中的主观片面性,可拓集合中“即是又非”的临界概念摆脱了经典数学“非此即彼”的二值限制,显示了自然界中“即此亦彼”的过渡状态。该模型的构建与应用尚属尝试,诸如指标的选择以及研究区域范围扩大等问题尚需进一步深入研究。

参 考 文 献

- 1 阎传海. 山东省南部地区景观生态的分类与评价. 农村生态环境, 1998, 14(2): 15~19
- 2 周新华. 试论林网在景观中布局的宏观度量与评价. 生态学报, 1994, 14(1): 24~31
- 3 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 4 傅伯杰, 陈利顶, 马克明等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001
- 5 蔡 文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法. 北京: 科学出版社, 1997
- 6 晏路明. 可拓工程方法在自然地理界线划分中的应用. 地理研究, 1999, 18(1): 53~58
- 7 蔡 文. 物元模型及其应用. 北京: 科学技术文献出版社, 1994