

# 模糊综合评判在土地适宜性评价中应用研究\*

刘耀林 刘艳芳 夏早发

(武汉测绘科技大学国土信息与地图科学系, 武汉市珞喻路 39 号, 430070)

**摘 要** 在十堰市土地利用现状调查的基础上, 针对现有坡荒地, 通过对制约土地的自然因素和社会经济条件的综合分析, 依照土地质量满足对预定用途要求的程度, 采用模糊数学的方法, 在计算机上完成了坡荒地的宜农、宜林、宜牧、宜园 4 个适宜类的评价, 同时对宜农地进行了更进一步的讨论。

**关键词** 适宜性评价; 宜农; 宜林; 宜牧; 宜园

**分类号** S159; O159

## 1 确定评价单元和评价系统

土地适宜性评价单元是评价对象的最小单位, 它直接关系到土地评价质量高低和工作量大小以及评价结果的应用。针对十堰市土地利用现状, 其评价单元选择以土地利用种类决定的现状土地利用图斑为主, 因为现状利用图斑能反映该地块的现状土地利用种类, 从而为延续还是改变其用途等土地利用管理上的决策提供依据。据此, 我们将十堰市坡荒地划分为 388 个评价单元和制图单元。

评价系统采用二级制, 第一级为土地类, 按土地对农、林、牧、园的适宜性分类; 第二级为土地等级, 在适宜类之下按质量差异(适宜程度)分类。

## 2 选取参评因素和数据获取

### 2.1 评价因素的确定

每个评价单元的土地适宜性等级是各评价因素综合作用的结果, 合理地选择评价因素是保证土地适宜性评价质量的前提。为此, 我们制定了评价因素选取条件, 它们是:

- a. 主导性——制约土地用途的主要因子;
- b. 差异性——选择研究地区内有明显差异, 能够出现临界值的因子;
- c. 不相容性(独立性)——因素间不能出现因果关系;
- d. 可能性——选取的因素要有相应的资料。

依据此条件我们选取了 9 个主要因子, 即坡度、有效土层厚度、耕层厚度、海拔高度、有机质含量、土壤质地、排灌状况、pH 值、侵蚀强度, 作为十堰市坡荒地适宜性评价的评价因素。

### 2.2 资料的获取和量化

资料主要来源: ① 1:1 万土地利用现状图和详查数据; ② 土壤志和 1:12 万土壤图; ③ 现状调查和航片解译; ④ 其它各类专题地图。在所获得的资料中, 有的是文字形式, 有的是反映地

域差异的空间分布形式,有的是数值形式。计算机所能处理的只能是数字形式,所以必须对所获取的资料进行量化处理。量化处理遵循差异性原则,如排灌状况,可划分为好、良好、一般、差,分别给予4、3、2、1分。土壤质地具有类似给分规则。

### 3 评价原理与方法

模糊数学是研究和处理模糊体系规律性的理论和方法,把普通集合论只取0和1两个值的特征函数,拓广到 $[0,1]$ 区间上取隶属函数,把绝对的属于或不属于的“非此即彼”扩张为更加灵活的渐变关系。土地质量的“好”与“较好”、适宜性“高”与“低”之间无截然界限,这类界限具有模糊性或渐变性,这就是模糊数学方法用于土地适宜性评价的出发点。

#### 3.1 评价因素和评价等级间的模糊推论

在评价土地适宜性时,需要考虑两个论域:

①适宜性等级论域 $V$ 。将土地适宜性分为高度适宜 $A$ 、中等适宜 $B$ 、勉强适宜 $C$ 和不适宜 $D$ 等4级, $V=\{A,B,C,D\}$ 。

②适宜性评价因子论域 $U$ 。 $U=\{E,F,G,H,I,J,K,L,M\}$ ,其中 $E\sim M$ 分别表示坡度、海拔高度、土壤质地、有机质含量、土层厚度、耕层厚度、排灌状况、侵蚀强度、pH值。

进行土地适宜性评价分析,实际上就是研究论域 $U$ 或 $V$ 这两个模糊子集 $A_1$ 和 $B_1$ 之间的关系及进行模糊推论。

设 $U$ 上的评定因子模糊子集为:

$$A_1 = \frac{a_1}{E} + \frac{a_2}{F} + \frac{a_3}{G} + \frac{a_4}{H} + \frac{a_5}{I} + \frac{a_6}{J} + \frac{a_7}{K} + \frac{a_8}{L} + \frac{a_9}{M} \quad (1)$$

式中, $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$ 分别是评价因子 $E, F, G, H, I, J, K, L, M$ 的隶属度。它实际上就是分析考虑这些评价因素对适宜性等级所起作用的大小(权重),即这些因素分别决定适宜性等级的能力。显然,它们的具体数值决定于专业知识和判断。

论域 $V$ 上的等级模糊子集为:

$$B_1 = \frac{b_1}{A} + \frac{b_2}{B} + \frac{b_3}{C} + \frac{b_4}{D} \quad (0 \leq b_i \leq 1) \quad (2)$$

式中, $b_1, b_2, b_3, b_4$ 分别为评定等级 $A, B, C, D$ 的隶属度。显然,等级论域 $V$ 和评价因子论域 $U$ 之间存在着一种模糊关系,这种模糊关系可以用 $9 \times 4$ 维的模糊关系矩阵来表示:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{91} & r_{92} & r_{93} & r_{94} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中, $r_{ij}$ 的取值范围为 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ ,它表示从某因子 $U_i$ 着眼,该评价单元被评为 $V_j$ 级的可能程度(即隶属度)。当因子模糊向量 $A_1$ (权重)和模糊关系矩阵 $R$ 为已知时,即可进行模糊推论计算,求得 $B_1$ :

$$B_1 = A_1 \cdot R$$

上式右端表示模糊向量 $A_1$ 和模糊关系矩阵 $R$ 的乘积。模糊矩阵的乘积运算和普通矩阵运算很相似,只不过把后者中乘、加运算分别改为 $\wedge$ (取小)或 $\vee$ (取大)运算。

#### 3.2 评价因素隶属函数的确定

为了求得模糊关系矩阵  $R$ , 必须建立各评价因子对各适宜性等级的隶属函数。也就是说, 多因子模糊综合评价, 是在单因子模糊评定的基础上进行的。隶属函数是模糊集合的特征函数, 可以用隶属函数给出模糊集合。在论域(讨论范围)上的模糊集合  $A_i$ , 由隶属函数  $\mu_i(x)$  来表征, 说明单元  $x$  属于模糊集合的程度。 $\mu$  可以在  $[0, 1]$  区间连续取值,  $\mu$  值的大小反映单元对模糊集合隶属程度的高低, 适于表现单元属于某一集合的各种不确定的状况。

本研究采用两种不同形式的隶属函数, 一种是正态分布函数, 另一种是线性函数。文中仅对正态分布函数加以讨论。

我们假定在所有的评价单元中, 属于同一等级的评价单元性质应该相似, 但实际上是有差别的, 所以我们应取它的平均值来代表, 而这些实际数值的分布是属于正态型的:

$$\mu(x) = \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{C}\right] \quad (4)$$

式中,  $m$  为类均值;  $C$  为常数;  $x$  为因子的实际值;  $\mu(x)$  为隶属函数,  $\mu(x) = r_{ij}$ 。

按照正态隶属函数, 当  $x=m$  时, 则  $\mu(m)=1$ , 即隶属度最大。所以,  $m$  就是表 1 中所给的因子的数值域的平均值:

$$m = (x_{\text{上}} + x_{\text{下}})/2 \quad (5)$$

表 1

因子评定等级指标				
坡度/°	0~15	15~20	20~25	25~30
海拔高度/m	200~400	400~600	600~800	800~1000
侵蚀强度	0~0.6	0.6~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0
有机质含量/%	2.0~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0
pH 值	6.5~7.5	5.5~6.5	4.5~5.5	4.5~0
土壤质地	5.0~3.0	4.0~2.0	3.0~1.0	2.0~0.0
耕层厚度/cm	40~24	24~20	20~15	15~0.0
土层厚度/cm	100~60	60~40	40~20	20~0
排灌状况	4~2	3~1	2~0	1~0

表 1 中所给各等级的各因子值介于两种等级之间的边界上时, 它对两种等级的隶属度相同, 可令其近似等于 0.5, 即可求出常数  $C$ :

$$C = \sqrt{-(x_{\text{上}} - x_{\text{下}})/4 \ln 0.5} \quad (6)$$

由此可以求出  $R$  矩阵。

### 3.3 参评因素权重值的确定

参评因素权重值的确定, 即确定  $A$  矩阵。确定因子权重值的方法很多, 本文主要采用 0-1 评分累计方法。经过专家评分后, 取其平均值, 求得各参评因素权重值。

## 4 评价实例

先进行适宜类评价, 在此基础上, 进行适宜等级的评价。评价工作分二步进行。第一步, 选择适宜类论域  $V_1 = \{\text{宜园, 宜农, 宜林, 宜牧, 不适宜}\}$ , 适宜类评价因子论域  $U_1 = \{\text{坡度, 海拔高度, 土壤质地, 有机质含量, 土层厚度, 耕层厚度, 排灌状况, 侵蚀强度, pH 值}\}$ , 进行综合评价, 确定适宜类。第二步, 选择适宜性等级论域  $V_2 = \{\text{高度适宜, 中等适宜, 勉强适宜, 不适宜}\}$ , 进行适宜性等级划分。适宜性等级评价因子论域  $U_2$  与  $U_1$  相同, 但取值范围不同。

现以宜农类的 111 号评价单元为例,说明适宜性等级的评价过程(适宜类划分的计算过程与此类似)。

111 号评价单元的特征因子值为:坡度 22.5°,海拔高度 300m,侵蚀强度 2.0,有机质含量 0.8%,pH 值 6.0,土壤质地 3.0,耕层厚度 30cm,土层厚度 40cm,排灌状况 2。

根据土地适宜性评价经验和十堰市的实际情况确定如表 1 的因子等级指标。

再根据表 1 因子评定等级指标,由式(5)和(6)求出隶属函数参数  $m$  和  $C$ ,然后确定因子的权重值。根据 0-1 累计评分法,确定的权重值如表 2。

表 2

参评因子	坡度	海拔高度	侵蚀强度	有机质含量	pH 值	土壤质地	耕层厚度	土层厚度	排灌状况	因子得分	计算权重分数	权重值
坡度	×	1	1	1	1	1	1	1	1	8	9	0.20
海拔高度	0	×	1	0	1	0	0	0	0	3	4	0.089
侵蚀强度	0	0	×	0	1	0	0	0	0	1	2	0.044
有机质含量	0	1	1	×	1	1	0	0	1	5	6	0.133
pH 值	0	0	0	0	×	0	0	0	0	0	1	0.022
土壤质地	0	1	1	0	1	×	0	0	1	5	6	0.133
耕层厚度	0	1	1	1	1	1	×	0	1	6	7	0.156
土层厚度	1	1	1	1	1	1	1	×	1	7	8	0.178
排灌状况	0	0	0	0	0	0	0	0	×	1	2	0.044
合计										36	45	1

根据隶属函数及参数计算模糊关系矩阵  $R$ :

$$R = \begin{pmatrix} 0.0131 & 0.0625 & 0.0000 & 0.0625 \\ 1.0000 & 0.0625 & 0.0230 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.1309 \\ 0.0000 & 0.0229 & 0.5000 & 0.5000 \\ 0.0625 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0625 \\ 0.0625 & 0.0102 & 0.0000 & 0.0210 \\ 0.0102 & 0.0500 & 0.5000 & 0.0195 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.6250 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix}$$

最后进行综合评价:

$$B_1 = A_1 \cdot R = (0.2, 0.089, 0.044, 0.133, 0.022, 0.133, 0.156, 0.178, 0.044) \cdot R$$

$$b_1 = (0.2 \wedge 0.0131) \vee (0.089 \wedge 1.0) \vee (0.044 \wedge 0.0) \vee (0.133 \wedge 0.0)$$

$$\vee (0.022 \wedge 0.0625) \vee (0.133 \wedge 0.0625) \vee (0.156 \wedge 0.0102) \vee (0.178 \wedge 0.0)$$

$$\vee (0.044 \wedge 1.0) = 0.089$$

同理可求得:

$$b_2 = 0.0625, b_3 = 0.156, b_4 = 0.133, B_1 = (b_1, b_2, b_3, b_4) = (0.089, 0.0625, 0.156, 0.133)$$

$$\text{结论: } \max(0.089, 0.0625, 0.156, 0.133) = 0.156$$

根据最佳从属原则,111 号评价单元应归属勉强适宜。

以此方法,我们编写了相应的计算机程序,完成了十堰市坡荒地 388 个评价单元的土地适宜性分析评价工作,并编制了相应的图件。

## 5 结 语

(1) 适宜性评价应体现综合性和主导性相结合。只有进行综合分析,才能符合客观实际。在一个区域中,由于各因素对土地质量作用有所不同,因此,在综合分析的基础上,要着重于影响评价区域主导因子的分析研究。

(2) 模糊数学应用于土地适宜性评价工作,为实现评价工作的综合性和主导性原则,提供了定量化手段。

(3) 充分利用现有土地详查资料和计算机技术,便于生产管理和成果应用,减少面积量算,节省时间、人力和物力,提高工作效率。

## 参 考 文 献

- 1 Bulletin F S. A Framework for Land Evaluation. ROME, 1976.
- 2 陈贻源. 模糊数学. 武汉:华中理工大学出版社,1984.
- 3 国家土地管理局. 县级土地利用总体规划. 北京:中国财政经济出版社,1992.
- 4 刘耀林,刘艳芳. 层次分析方法在城市土地分等定级中的应用. 武汉测绘科技大学学报,1992,17(2):60~69
- 5 刘耀林. 遥感技术辅助城市土地定级的研究. 土地月刊,1992,(10):11~22
- 6 李鸿昌. 城市土地经济学. 北京:科学普及出版社,1988.

## Land Suitability Evaluation Based on Fuzzy Comprehensive Judgement

*Liu Yaolin     Liu Yanfang     Xia Zaofa*

(Dept. of Land Information & Cartography, WTUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

**Abstract** The suitability evaluation is based on the land use survey in Shiyan area. In the light of the uncultivated hillside fields, major factors concerning physical and social-economic aspects are analysed comprehensively. And then land qualities are matched with the needs of the fixed land uses. Based on this, the four kinds of suitability evaluation, i. e., suitability for cultivation, for forestry, for animal husbandry and for gardening, are completed on computer by using the fuzzy mathematic method. And the suitability for cultivation is discussed in more detail.

**Key words** suitability evaluation; suitability for cultivation; suitability for forestry; suitability for animal husbandry; suitability for gardening