

基于模糊聚类分析的土地适宜性评价研究

张愉^a, 刘倩^b, 吴柏清^a

(成都理工大学 a. 旅游与城乡规划学院; b. 管理科学学院, 成都 610059)

摘要:土地适宜性评价是评定土地对于某种用途是否适宜以及适宜的程度,模糊聚类分析是依据客观事物间的特征、亲疏程度和相似性,通过建立模糊等价关系对客观事物进行分类的数学方法。文章针对泸定县的14个复垦区的土地,提出了一种基于模糊聚类分析的土地适宜性评价方法,运用 Matlab 进行数值模拟和分析,表明了该方法的可行性和有效性。

关键词:土地适宜性评价;模糊聚类分析;Matlab

中图分类号:F329.9

文献标志码:A

土地适宜性评价是指在一定的区域内根据土地的属性,就该土地对特定利用类型的适宜程度进行的评价。通过土地适宜性评价,明确土地对某种利用方式的适宜程度及限制状况,从而为土地利用的决策和土地利用规划的编制提供依据^[1]。

现行的土地适宜性评价多采用指数和法的计算公式进行计算划分,其划分方法存在一定的局限性:首先,专家通过经验选取参评因子并赋予权重,使得结果受人为主观因素影响较大;其次缺乏灵活性,它要求把每一个数据都精确的划分到某个类中,但实际上大多事物并没有严格的属性,事物之间有时也并没有明确的界限^[2]。所以模糊聚类的概念更能反映客观事物的现实和本质^[3]。因此,本文采用了模糊聚类的分析方法,对土地的适宜性进行了评价。

1 模糊聚类分析

模糊聚类分析^[4]是从模糊集的观点来探讨事物的数量分类的一类方法。根据研究对象本身的属性来构造模糊矩阵,并在此基础上根据一定的隶属度来确定聚类关系,对客观事物进行分类^[3]。传统的聚类分析是一种硬划分,它把每个待辨识的对象严格地划分到某个类

中,具有非此即彼的性质。而实际上大多数对象在性态和类属方面都存在着中介性,适合进行软划分。基于模糊集理论的模糊聚类分析为这种软划分提供了有力的分析工具。由于模糊聚类得到的样本属于各个类别的不确定性程度,建立起了样本对于类别的不确定性的描述,能更客观地反映现实世界。土地适宜性是一个定性的概念,利用模糊聚类分析的方法建立土地适宜性评价模型,可以互相补充,取长补短,为土地适宜性评定的客观性提供可能性。

2 评价模型的建立

本文采用模糊聚类分析的方法对土地的适宜性进行评价,模糊聚类分析的一般步骤如下^[5]:

2.1 数据标准化

设论域 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为被分类对象,每个对象又由 m 个指标表示其特征: $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。于是,得到原始数据矩阵 X 为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

收稿日期:2013-06-26

基金项目:四川省杰出青年学科带头人培养计划项目(06ZQ026-014);四川省教育厅自然科学重点项目(2006A116)

作者简介:张愉(1989-),女,甘肃张掖人,硕士生,主要从事国土整治与土地利用规划方面的研究,(E-mail)xxyyhxxx123@126.com

为消除量纲对聚类分析的影响,使用聚类分析之前需要对数据进行标准化,使每一指标值统一于某种共同的数据特性范围。本研究采用平移—标准差变换的方法进行标准化:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m)$$

其中, $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}, s_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$ 。

2.2 建立模糊相似关系

设 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为待分类的全体,其中每一待分类对象由一组数据表征:

$$u_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$$

采用数量积法,建立相似关系,

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当 } i = j \\ \frac{1}{M} \sum_{k=1}^m x_{ik} \cdot x_{jk}, & \text{当 } i \neq j \end{cases}$$

其中, M 为一适当选择之正数,满足 $M \geq$

$$\max_{i,j} \left(\sum_{k=1}^m x_{ik} \cdot x_{jk} \right)$$

2.3 求取模糊等价矩阵

根据建立的模糊相似关系所得到的矩阵 R , 只是一个模糊相似矩阵,不一定具备传递性,为了进行分类,需将它改造成等价矩阵。因此,采用平方法求出 R 的传递闭包 $t(R)$, $t(R)$ 便是所求的等价矩阵。

2.4 模糊聚类

对等价矩阵 $t(R)$, 选取适当的阈值 $\lambda \in [0, 1]$, 按 λ 截关系进行动态聚类。

3 基于模糊聚类分析的土地适宜性评价的实证分析

3.1 指标体系设置原则

目前,国内外对土壤适宜性评价有多种原则,但都是根据评价的目的来决定的。本次复垦区土壤适宜性评价主要是考虑土壤对粮食作物的适宜性。土地的适宜性评价应选择一套相互独立而又相互补充的参评因子。参评因子应满足 4 个原则^[6-7]:一是可测性,即参评因子是可以测量并可用数值或序号表示的;二是关联性,即参评因子的增长和减少,标志着评价土地单元质量的提高或降低;三是稳定性,即选择的参评因子在任何条件下反映的质量要持续稳定;四是不重叠性,即参评因子之间界限清楚,不相互重叠。

3.2 构建指标体系

根据指标体系设置原则,并考虑建设用地对土地适宜性影响的显著性,我们选出地形坡度、土层厚度、土壤养分含量以及砾石含量 4 项因子^[8]对土地的适宜性进行评价。

(1) 地形坡度:按全国土地详查所规定的 5 级制划分,即一级(平地 $0 \sim < 2^\circ$),二级(缓坡 $2 \sim < 6^\circ$),三级(漫坡 $6 \sim < 15^\circ$),四级(急坡 $15 \sim < 25^\circ$),五级(陡坡 $\geq 25^\circ$),其评分按坡度增加逐级降低,且其差距加大。

(2) 土层厚度:土壤是植物生长发育的基础,土层的厚薄限制了植物生长发育的空间,也是土地生态适宜性评价重要的指标之一。按全国土壤普查所规定的 5 级制,即:一级,深厚型(≥ 80 cm);二级,厚型($60 \sim < 80$ cm);三级,中厚型($40 \sim < 60$ cm);四级,薄型($20 \sim < 40$ cm);五级,极薄型(< 20 cm)。

(3) 土壤养分状况:全国土壤普查所划分的土壤养分含量丰缺程度均按 6 级制表示,分别为一级(很丰富),二级(丰富),三级(适中),四级(缺),五级(很缺)和六级(极缺)。根据部颁标准拟定的安置区土壤养分含量评价系统见表 1。

表 1 土壤养分含量评价系统

参评因子	等级	一级	二级	三级	四级	五级	六级
有机质	(g/kg)	>40.0	30.1-40.0	20.1-30.0	10.1-20.0	6.1-10.0	≤6.0
	(分值)	5.70	5.24	4.69	4.19	3.73	3.00
全 N	(g/kg)	>2.0	1.5-2.0	1.0-1.5	0.76-1.0	0.51-0.75	≤0.50
	分值	3.70	3.34	2.99	2.59	2.23	1.70
全 P	(g/kg)	>1	0.8-1	0.6-0.8	0.4-0.6	0.2-0.4	≤0.2
	分值	3.10	2.64	2.29	1.99	1.53	1.00
全 K	(g/kg)	>25	20.1-25	15.1-20.0	10.1-15	5.1-10	≤5
	分值	2.40	2.14	1.89	1.69	1.43	1.00
碱解 N	(mg/kg)	>150	120-150	90-120	60-90	30-60	≤30
	分值	1.70	1.54	1.39	1.19	1.03	0.70
速效 P	(mg/kg)	>20	16-20	11-16	6-11	4-6	≤3
	分值	1.70	1.54	1.39	1.19	1.03	0.70
速效 K	(mg/kg)	>200	150-200	100-150	50-100	30-50	≤30
	分值	1.70	1.54	1.39	1.19	1.03	0.70

(4) 砾石含量:按全国土壤普查要求规定,砾质土和砾石土两大类合并,细分为6级制,以适宜移民安置区属山区薄层土,砾石含量高的特点。所划分的6级制为:1级,轻砾质土(砾石含量 < 10%);2级,中砾质土(砾石含量 10 ~ < 20%);3级,重砾质土(砾石含量 20 ~ < 30%);4级,轻砾石土(砾石含量 30 ~ < 40%);5级,中砾石土(砾石含量 40 ~ < 50%);6级,重砾石土(砾石含量 ≥ 50%)。

3.3 实例分析

泸定县土地适宜性评价可以应用模糊聚类这一科学实用的分析方法,本文将扯索坝复垦区,堡子村复垦区,沈村复垦区,瓦斯营盘复垦区,乌支索复垦区,店子上复垦区,瓦斯沟复垦区,长沙坝复垦区,二里坝复垦区,刘河坝复垦区,场地 Q,沙坝村复垦区,马列村复垦区,金光村复垦区这 14 个复垦区作为聚类分析的对象。根据上述建立的影响土地适宜性的指标体系,收集整理得到各个复垦区的相关指标值,并在模糊聚类分析过程中采用 Matlab 编程求解模糊相似矩阵和传递闭包,画出动态聚类图,给出聚类结果。

3.3.1 原始数据采集

表 2 土地适宜性评价指标

评价因子	地形坡度 (°)30%	土层厚度 (cm)20%	土壤养分含量 (分值)20%	砾石含量 (%)30%	评价因子	地形坡度 (°)30%	土层厚度 (cm)20%	土壤养分含量 (分值)20%	砾石含量 (%)30%
扯索坝	30	12	12	18	长沙坝	30	12	15	27
堡子村	30	12	15	22.5	二里坝	30	12	15	18
沈村	30	20	15	18	刘河坝	26	12	18	18
瓦斯营盘	30	15	15	22.5	场地 Q	14	12	8	13.5
乌子索	30	18	12	13.5	沙坝村	14	12	8	13.5
店子上	22	15	8	27	马列村	22	12	12	4.5
瓦斯沟	26	15	15	9	金光村	22	12	15	4.5

3.3.3 建立模糊相似关系

采用数量积法建立模糊相似矩阵 R:

1.0000	0.5262	0.4903	0.5262	0.4185	0.3288	0.3438	0.5620	0.4903	0.4514	0.0717	0.0717	0.1973	0.2332
0.5262	1.0000	0.5889	0.6368	0.4783	0.3886	0.4185	0.6846	0.5889	0.5770	0.0957	0.0957	0.2332	0.2960
0.4903	0.5889	1.0000	0.7010	0.6786	0.4410	0.5187	0.6248	0.5531	0.5411	0.0717	0.0717	0.2332	0.2960
0.5262	0.6368	0.7010	1.0000	0.5624	0.4307	0.4606	0.6846	0.5889	0.5770	0.0957	0.0957	0.2332	0.2960
0.4185	0.4783	0.6786	0.5624	1.0000	0.3531	0.4159	0.5022	0.4544	0.4155	0.0478	0.0478	0.1973	0.2332
0.3288	0.3886	0.4410	0.4307	0.3531	1.0000	0.2139	0.4484	0.3288	0.2915	0.1196	0.1196	0.0747	0.0747
0.3438	0.4185	0.5187	0.4606	0.4159	0.2139	1.0000	0.4305	0.4066	0.4133	0.0239	0.0239	0.1958	0.2586
0.5620	0.6846	0.6248	0.6846	0.5022	0.4484	0.4305	1.0000	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.2960
0.4903	0.5889	0.5531	0.5889	0.4544	0.3288	0.4066	0.6248	1.0000	0.5411	0.0717	0.0717	0.2332	0.2960
0.4514	0.5770	0.5411	0.5770	0.4155	0.2915	0.4133	0.6129	0.5411	1.0000	0.0717	0.0717	0.2317	0.3214
0.0717	0.0957	0.0717	0.0957	0.0478	0.1196	0.0239	0.1196	0.0717	0.0717	1.0000	0.0478	0	0
0.0717	0.0957	0.0717	0.0957	0.0478	0.1196	0.0239	0.1196	0.0717	0.0717	0.0478	1.0000	0	0
0.1973	0.2332	0.2332	0.2332	0.1973	0.0747	0.1958	0.2332	0.2332	0.2317	0	0	1.0000	0.1584
0.2332	0.2960	0.2960	0.2960	0.2332	0.0747	0.2586	0.2960	0.2960	0.3214	0	0	0.1584	1.0000

假设论域 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_{14}\}$, 表示在泸定县采集到的 14 个土地样本, 每个样本用 4 个指标表示其性状即 $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}\} (i = 1, 2, \dots, 14)$ 。原始数据见表 2。

3.3.2 数据标准化

运用 Matlab 软件对原始数据进行平移—标准差变换得到标准化矩阵

1.0000	0	0.4000	0.6000
1.0000	0	0.7000	0.8000
1.0000	1.0000	0.7000	0.6000
1.0000	0.3750	0.7000	0.8000
1.0000	0.7500	0.4000	0.4000
0.5000	0.3750	0	1.0000
0.7500	0.3750	0.7000	0.2000
1.0000	0	0.7000	1.0000
1.0000	0	0.7000	0.6000
0.7500	0	1.0000	0.6000
0	0	0	0.4000
0	0	0	0.4000
0.5000	0	0.4000	0
0.5000	0	0.7000	0

3.3.4 求取模糊等价矩阵

可采用平方计算法求模糊等价矩阵 $t(R)$, 可以证

1.0000	0.5620	0.5620	0.5620	0.5620	0.4484	0.5187	0.5620	0.5620	0.5620	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	1.0000	0.6846	0.6846	0.6786	0.4484	0.5187	0.6846	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6846	1.0000	0.7010	0.6786	0.4484	0.5187	0.6846	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6846	0.7010	1.0000	0.6786	0.4484	0.5187	0.6846	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6786	0.6786	0.6786	1.0000	0.4484	0.5187	0.6786	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.4484	0.4484	0.4484	0.4484	0.4484	1.0000	0.4484	0.4484	0.4484	0.4484	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5187	0.5187	0.5187	0.5187	0.5187	0.4484	1.0000	0.5187	0.5187	0.5187	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6846	0.6846	0.6846	0.6786	0.4484	0.5187	1.0000	0.6248	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6248	0.6248	0.6248	0.6248	0.4484	0.5187	0.6248	1.0000	0.6129	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.5620	0.6129	0.6129	0.6129	0.6129	0.4484	0.5187	0.6129	0.6129	1.0000	0.1196	0.1196	0.2332	0.3214
0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	1.0000	0.1196	0.1196	0.1196
0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	0.1196	1.0000	0.1196	0.1196
0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.2332	0.1196	0.1196	1.0000	0.2332
0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.3214	0.1196	0.1196	0.2332	1.0000

明^[9]:用平方法,最多只需进行 $(lb n) + 1$ 步计算,就可得到模糊等价矩阵 $t(R)$:

3.3.5 模糊聚类

对模糊等价矩阵进行聚类处理,取不同的阈值 $\lambda \in [0,1]$, 得到普通的分类关系,利用 Matlab 编程,建立了动态聚类图,如图 1 所示。

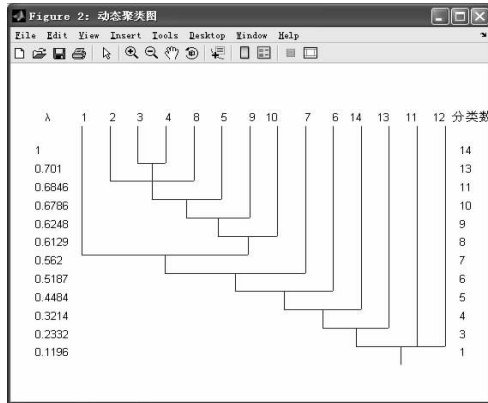


图 1 动态聚类图

从图 1 可以看出:

当 $\lambda = 1$ 时,可以将复垦区的土地分为 14 类:

$$\{x_1\} \{x_2\} \{x_3\} \{x_4\} \{x_5\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_8\} \{x_9\} \{x_{10}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.7010$ 时,可以将复垦区的土地分为 13 类:

$$\{x_1\} \{x_2\} \{x_3, x_4\} \{x_5\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_8\} \{x_9\} \{x_{10}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.6846$ 时,可以将复垦区的土地分为 11 类:

$$\{x_1\} \{x_2, x_3, x_4, x_8\} \{x_5\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_9\} \{x_{10}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.6786$ 时,可以将复垦区的土地分为 10 类:

$$\{x_1\} \{x_2, x_3, x_4, x_8, x_5\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_9\} \{x_{10}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.6248$ 时,可以将复垦区的土地分为 9 类:

$$\{x_1\} \{x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_{10}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.6129$ 时,可以将复垦区的土地分为 8 类:

$$\{x_1\} \{x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.5620$ 时,可以将复垦区的土地分为 7 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}\} \{x_6\} \{x_7\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.5187$ 时,可以将复垦区的土地分为 6 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}, x_7\} \{x_6\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.4484$ 时,可以将复垦区的土地分为 5 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}, x_7, x_6\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\} \{x_{14}\}$$

当 $\lambda = 0.3214$ 时,可以将复垦区的土地分为 4 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}, x_7, x_6, x_{14}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\} \{x_{13}\}$$

当 $\lambda = 0.2332$ 时,可以将复垦区的土地分为 3 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}, x_7, x_6, x_{14}, x_{13}\} \{x_{11}\} \{x_{12}\}$$

当 $\lambda = 0.1196$ 时,可以将复垦区的土地分为 1 类:

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}\}$$

借鉴文献[10]中对土地适宜性评价系统的 6 级划分法,把复垦区的土地也分为 6 级:宜农类 I 级土地,宜农类 II 级土地,宜农类 III 级土地,宜农类 IV 级土地,宜农类 V 级土地,宜农类 VI 级土地。结合上述分析,此时取 $\lambda = 0.5187$, 将复垦区的土地分为以下 6 类: I 级: $\{x_1,$

$x_2, x_3, x_4, x_8, x_5, x_9, x_{10}, x_7$; II级: $\{x_6\}$; III级: $\{x_{14}\}$; IV级: $\{x_{13}\}$; V级: $\{x_{11}\}$; VI级: $\{x_{12}\}$ 。

因此,泸定县的14个复垦区的土地适宜性评价结果为扯索坝,堡子村,沈村,瓦斯营盘,乌支索,瓦斯沟,长沙坝,二里坝,刘河坝为I级宜农,店子上为II级宜农;金光村为III级宜农;马列村为IV级宜农;场地Q为V级宜农;沙坝村为VI级宜农。

4 结束语

土地对于农业利用的优劣程度具有渐变性,符合模糊数学的特点,利用模糊聚类分析模型能较好地解决土地适宜性等级归属模糊的问题,提高土地适宜性评价的精度,在一定程度上避免了评价中存在的粗糙性和主观性。本文将模糊聚类分析应用于土地的适宜性评价中,并且应用Matlab强大的数据分析能力予以实现,简化了土地适宜性评价的流程,取得了较好的分类结果。

参考文献:

- [1] 夏敏,赵小敏,汤江龙.土地适宜性评价空间决策支持系统初探[J].江西农业大学学报,2005,27(6):911-915.
- [2] Gao X B, Xie W X. Advances in theory and applications of fuzzy clustering[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(11): 961-970.
- [3] 吴斌,邹刚.模糊聚类方法在土地分等定级中的应用[J].电脑开发与应用,2008,21(11):53-54.
- [4] 高德山.基于模糊聚类分析方法的城镇土地定级研究[D].重庆:西南大学,2007.
- [5] 高新波.模糊聚类分析及其应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [6] 崔艳,白中科,张继栋,等.露天矿区农用地复垦适宜性评价的方法与应用[J].农业工程学报,2008,24(1):181-184.
- [7] 胡彩婷,李巧云,关欣,等.永兴县发展冰糖橙产业的土地适宜性评价[J].水土保持研究,2012,19(6):228-236.
- [8] 张红梅,罗杰.基于层次分析法的水库移民安置区土地利用规划研究[J].安徽农业科学,2012,40(33):16423-16425.
- [9] 陈世权,郭嗣琮.模糊预测[M].贵阳:贵州科技出版社,1991.
- [10] 刘黎明.土地资源学[M].北京:中国农业大学出版社,2010.

Study of Land Suitability Evaluation Based on the Method of Fuzzy Clustering

ZHANG Yu^a, LIU Qian^b, WU Bo-qing^a

(a. School of Tourism and Rural and Urban Planning; b. School of Management Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Land suitability evaluation is to assess the suitability and suitable degree of the land for a particular purpose. The fuzzy clustering analysis is a kind of optimization technology based on characteristics between objective things, the degree of affinity and similarity, it classifies objective things by creating fuzzy equivalence relation. In view of 14 reclamation districts in Luding county, a method of land suitability evaluation based on fuzzy clustering is proposed, the numerical simulation and analysis are carried by Matlab, and results show that the method is feasible and valid.

Key words: land suitability evaluation; fuzzy clustering analysis; Matlab