

基于 GIS 和模糊物元分析法的农用地定级评价研究

聂艳, 周勇, 于婧, 任意

(华中农业大学资源环境学院, 武汉 430070)

摘要: 利用 Arc/Info GIS 和模糊物元分析方法, 对江汉平原后湖地区农用地进行了定级评价, 从而实现该地区土地资源信息的交流与共享, 促进农用地的合理利用与科学管理。采用层次分析法确定样区土地质量影响因素和因子; 利用 Arc/Info 软件矢量化提取相关图层后, 对道路、水渠作缓冲区分析和多图层叠加确定评价单元; 根据各评价因子的隶属函数, 应用模糊物元分析法求出定级因子的权重和各评价单元的关联度; 根据总分值频率直方图划分农用地级别, 并实现定级结果图的自动输出。定级结果表明: 江汉平原后湖地区农用地质量中等偏上, 一到四级地分别占 9.67%, 43.15%, 33.53%, 14.19%, 该评价结果基本与实际情况相符; 另外, 利用 GIS 和模糊物元分析法能快速准确地获取评价数据和确定评价单元, 提高了农用地评价结果的准确性和可信度。

关键词: 地理信息系统; 模糊物元分析; 农用地; 定级

中图分类号: S127; F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0297-04

0 引言

人类诱导的土地变化及其对生态环境和人类生活的影响已经引起人们的广泛关注^[1], 随着市场经济体制的建立和土地有偿使用制度的推行, 综合评定农用地质量级别已成为当前和未来土地管理中的一项十分重要的工作。通过剖析农用地自然属性和社会经济属性的特点, 进行农用地质量定级, 可为制订有关农用地政策、土地规划、农用地征用和流通提供依据, 充分发挥土地生产潜力, 提高土地利用效率, 促进农业持续、稳定、协调发展^[2,3]。

随着地理信息系统(GIS)、遥感(RS)及计算机技术的深入应用, 农用地定级评价得到了快速的发展, 利用高新技术在土地资源评价中取得了丰硕的成果^[2]。但是众多的评价方法中, 大多数都掺入了人为因素, 从而使评价结果的准确度与精确性都受到一定影响。为了突破人为因素限制, 解决信息处理中的模糊不相容问题, 更加科学地探讨土地资源评价方法, 使评价结果更能反映农用地的本质特征, 本研究以江汉平原后湖地区为例, 采用模糊物元分析法并结合 GIS 技术对农用地进行评价, 提高了评价结果的准确度和精确性。

1 研究区概况

江汉平原后湖地区地处湖北省潜江市, 北倚汉水, 南近长江, 东经 112°41', 北纬 30°20', 属北亚热带的季风温暖潮湿气候区。该地区江河环绕, 河渠密布, 地势平坦, 成土母质主要是河湖相沉积物, 土壤类型以人为土、潜育土和雏形土为主。该样区总面积为 1035.12 hm², 其中非农用地 499.17 hm², 以油菜、水稻、棉花、小麦等

农作物为主。

2 实验材料与研究方法

2.1 实验材料

图件: 1:10000 土壤图(1982 年); 1:10000 土地利用现状图(1998 年); 1:10000 地块图(1998 年); 1:10000 地形图(1995 年);

属性数据: 土壤属性数据通过实地调查, 并以地块为单元, 于 2000 年 3 月用多点采样的方法采集土壤样品, 经混合后室内风干处理、磨细过筛, 根据中国土壤系统分类指定的方法进行理化分析所得^[4]。

2.2 定级评价方法及基本流程

2.2.1 模糊物元分析法^[5,6]

1) 模糊物元就是以有序的三元组“事物, 特征, 模糊量值”作为描述事物的基本元, 如果用 R 表示模糊物元, M 表示事物, C 表示事物 M 的特征, $\mu(X)$ 表示与事物特征 C 相应的模糊量值, 它即指事物 M 对于其特征 C 相应量值 X 的隶属度, 于是有

$$R = \begin{bmatrix} M \\ C \quad \mu(X) \end{bmatrix}$$

如果有 m 个事物用其共同的 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n 及其相应的模糊量值 $\mu_1(X_{1i}), \mu_2(X_{2i}), \dots, \mu_m(X_{mi})$, ($i = 1, 2, \dots, n$) 来描述, 则称为 m 个事物 n 维模糊复合物元, 记作

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ C_1 & \mu_1(X_{11}) & \mu_2(X_{21}) & \dots & \mu_m(X_{m1}) \\ C_2 & \mu_1(X_{12}) & \mu_2(X_{22}) & \dots & \mu_m(X_{m2}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_n & \mu_1(X_{1n}) & \mu_2(X_{2n}) & \dots & \mu_m(X_{mn}) \end{bmatrix}$$

式中 R_{mn} —— m 个事物 n 维模糊复合物元; M_j ($j = 1, 2, \dots, m$)——第 j 个事物; $\mu_j(X_{ji})$ ——第 j 个事物 M_j 第 i 个特征相应量值 X_{ji} ($j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, n$) 的隶属度。

本研究以“农用地评价单元, 评价指标, 模糊物元实测值”作为描述农用地质量的基本元, 模糊物元实测值

收稿日期: 2003-05-16 修订日期: 2004-06-18

作者简介: 聂艳(1977-), 男, 博士研究生, 武汉市洪山区华中农业大学资源环境学院, 430070。Email: nsawen@webmail.hzau.edu.cn

通讯作者: 周勇, 教授, 博士生导师, 从事 3S 集成与应用研究。武汉市洪山区华中农业大学资源环境学院, 430070。Email: yzhuo@mail.hzau.edu.cn

隶属度的确定参照模糊数学中的隶属函数,采用抛物型和 S 型隶属函数确定定级评价因子的隶属度。

2) 关联变换

两事物间的关联性,可用函数关系来表示,称其为关联函数,记为 $k(X)$ 。由于模糊物元中经典域和节域重合,所以关联函数和隶属函数两者等价,可以互相转化,也即只要确定其中任意一个函数,另一个也就确定了。

$$K_{ji} = \mu_{ji} = \mu(X_{ji}), j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, n$$

关联系数 K_{ji} 与隶属度 μ_{ji} 可以通过上式相互转化,即称关系变换。通过关联变换,可以构造关联系数复合模糊物元 R_{μ} ,用以计算关联度。

3) 确定权重

通过对评价指标的关联系数进行标准化处理,即可得到各评价指标的权重 w_{jo} 。

$$W_j = \frac{K_{ji}}{\sum_{j=1}^m K_{ji}} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

4) 关联度

两事物间关联性大小的量度,称之为关联度,关联度的计算有 5 种模式 $M(\cdot, +), M(\cdot, \cdot), M(\cdot, \cdot), M(\cdot, \oplus), M(\cdot, \oplus)$ 。本研究中采用 $M(\cdot, +)$ 模式即先乘后加运算来计算关联度 K_{jo} 。

$$K_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot K_{ji} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

然后,构成关联度复合模糊物元 R_k ,即

$$R_k = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ K_j & K_1 & K_2 & \dots & K_m \end{bmatrix}$$

5) 关联分析

按关联度大小,依次排序,组成关联序列,然后对事物或因素进行分析即为关联分析。在本研究中利用各评价单元的关联度大小来反映农用地级别的高低,通过关联度,可以判断每一评价单元的归属级别和土地质量差异。

2.2.2 基于 GIS 的农用地定级评价流程

本研究采用 Arc/Info 地理信息系统软件作为空间数据管理工具,确定评价单元,采用层次分析法确定评价指标体系,模糊物元分析法计算评价单元关联度,通过对关联度进行频率统计和关联度分析划分样区农用地级别,结合 Arc/Info 实现定级结果图的输出(图 1)。

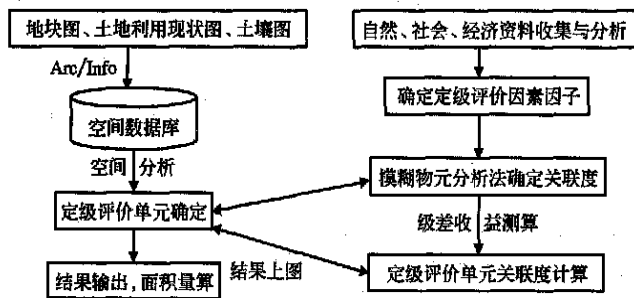


图 1 基于 GIS 的农用地定级评价流程

Fig 1 Flow chart of gradation evaluation of agricultural land based on GIS

3 农用地定级评价

3.1 评价指标体系的建立

影响农用地质量的因素很多,包括自然生态、社会经济和区位条件等方面。所以必须选取对土地的适宜性影响大、稳定性高且能确切反映土地质量差异的因素因子对农用地进行定级评价^[1]。选取评价因素主要有 3 个原则:1)选取的因子对土地的生产潜力有比较大的影响;2)选取的因子应在评价区域内的变异较大;3)应以稳定性因子为主,但对农业生产影响大的不稳定性因子也应考虑。

在后湖地区,根据样区实际情况并结合评价因素因子选择的基本原则,利用层次分析法,综合确定研究区农用地定级评价的因素因子体系共 4 类因素 13 个因子。

土壤养分状况:有机质、全 N、全 P、全 K、速效 N、速效 P、速效 K

土壤物理化学特性:表土层厚度、粘粒含量、阳离子交换量、pH 值

灌排水状况:灌排水便捷度

区位条件:道路通达度

3.2 定级评价单元确定和单元属性数据获取

评价单元是土地自然质量性状基本一致的独立的土地单元,它既能完整反映农用地自身特性的最基本地块,也是工作中获取数据的评价单元。划分定级评价单元时,不但要求单元内各要素具有相同程度的一致性 or 相似性,同时也应考虑行政权属界线的完整性,使得评价结果易于在生产实践中应用^[2,3]。

本研究首先利用 Arc/Info 矢量化地块图、土地利用现状图、地形图,利用地形图进行校正后建立空间数据库;将定级评价因子的理化分析数据以地块编码为标示码输入地块图的 Info 表;然后在 Arc 模块下利用 Re-select 命令提取土地利用现状图中的道路、水渠,利用 Buffer 命令对道路、水渠分布作动态缓冲区分析,得到相应的影响图层;接着在 Arc 模块下利用 Union 将道路、水渠影响因素图层、地块图层叠加,对叠加后的微小多边形(小于 6 mm^2)进行合并后,得到定级评价单元共 120 个;由于使用 Union 命令前已将各地块的理化分析数据作为地块图的属性数据,因而叠加后就可获取每一个评价单元的评价因子数据。

3.2.1 缓冲区分析

缓冲区分析是根据空间数据库中的点、线、面地理实体或规划目标,自动建立其周围一定宽度范围的多边形,也称邻近度,根据物体对周围空间影响度的变化性质,缓冲区分析一般有三种形式:线性衰减模型,二次衰减模型,指数衰减模型^[6,7]。本研究根据水渠、道路在空间衰减的特性,将它们的缓冲带分为几个典型等级,分别采用二次衰减模型。

$$d_i = d_0(1 - \sqrt{F_i}) \quad (3)$$

F_i 分为 9 级:0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.45, 0.65,

$0.85, 1, d_0 = S/2L = 162 \text{ m}$, S 为研究区总面积, m^2 , L 为水渠总长度, m , d_0 为水渠的最大影响距离), 指数衰减模型一级道路为 $d_{i1} = d_{01}(1 - \frac{\ln Fi}{\ln f_0})$, 二级道路为 $d_{i2} = d_{02}(1 - \frac{\ln Fi}{\ln f_0})$; Fi 分为 8 级: 1, 10, 20, 30, 45, 65, 85, 100, $d_{01} = S/2L_a = 245, d_{02} = S/2(L_a + L_b) = 150$, S 同前, L_a 为一级道路总长, L_b 为二级道路总长, 对其作缓冲区分析, 然后对道路各缓冲区带的影响分值 Fi 作标准化处理, 使 Fi 值处于 0~1 之间。

3.2.2 隶属函数确定

依据各评价指标对农用地质量的影响特性, 建立各评价指标的隶属度函数, 计算隶属度值, 表征各项指标在土地系统中的状态^[2,9]。

表 1 评价指标的转折点取值

Table 1 Turning point value of factors

转折点	粘粒含量/%	pH 值
a_1	20	5.0
a_2	40	6.5
a_3	60	7.5
a_4	80	8.5

1) 抛物线型(中间型)隶属度函数。属于这类的因子, 其指标值在一定范围内, 评价对象质量最好, 超过这一范围, 随着偏离程度的增大, 质量越差, 如 pH 值、粘粒含量等。

表 2 评价指标的转折点取值

Table 2 Turning point value of factors for gradation evaluation

评价因子	有机质 /g · kg ⁻¹	全氮 /g · kg ⁻¹	全磷 /g · kg ⁻¹	全钾 /g · kg ⁻¹	速效氮 /mg · kg ⁻¹	速效磷 /mg · kg ⁻¹	速效钾 /mg · kg ⁻¹	表土层厚 c/m	阳离子交换量 /amol · kg ⁻¹
a_1	5	0.3	0.3	2.0	20.0	3.0	35.0	10.0	5.0
a_2	20	1.6	2.0	20.0	80.0	22.0	200.0	30.0	25.0

3) 灌排水便捷度和道路通达度因子, 通过缓冲区分析后, 每一个单元的值已经量化为 0 和 1 之间的数值, 可以直接用于计算关联度。

3.3 评价单元关联度计算

利用上述隶属函数对评价单元各定级评价指标的实测值进行标准化处理后, 构建“农用地评价单元, 评价指标, 隶属度”模糊复合物元。

1) 权重确定

联合国粮农组织的《土地评价纲要》规定分析参评因子对农用地质量影响的大小, 主要根据权重的不同来体现^[10]。本研究将构建的模糊复合物元进行关联变化后, 对关联系数进行标准化处理得到各指标的权重(表 3)。

表 3 定级评价因素因子和权重

Table 3 Facts and weight of gradation evaluation

因子	权重	因子	权重	因子	权重
有机质	0.0389	速效 P	0.0664	pH 值	0.0975
全 N	0.0578	速效 K	0.1069	灌排水便捷度	0.0156
全 P	0.1125	表土层厚度	0.0731	道路通达度	0.0389
全 K	0.1327	粘粒含量	0.0589		
速效 N	0.1437	阳离子交换量	0.0571		

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x < a_1 \\ 0.1 + [0.5 + 0.5 * \sin(\pi/(a_2 - a_1) * (x - (a_1 + a_2)/2))] * 0.9 & a_1 < x < a_2 \\ 1.0 & a_2 < x < a_3 \\ 0.1 - [0.5 - 0.5 * \sin(\pi/(a_4 - a_3) * (x - (a_3 + a_4)/2))] * 0.9 & a_3 < x < a_4 \\ 0.1 & x > a_4 \end{cases}$$

2) S 型(正相关型)隶属函数。属于这类的因子, 其指标值越高, 评价对象质量越好, 但到一定临界值之后, 其作用效果也趋于恒定, 分线性和曲线两种函数。属于这类的指标有: 有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效氮、速效钾采用 $f(x_1)$ 函数; 表土层厚度、阳离子交换量采用 $f(x_2)$ 函数。

$$f(x_1) = \begin{cases} 0.1 & x < a_1 \\ 0.1 + [0.5 + 0.5 * \sin(\pi/(a_2 - a_1) * (x - (a_1 + a_2)/2))] * 0.9 & a_1 < x < a_2 \\ 1.0 & x > a_2 \end{cases}$$

$$f(x_2) = \begin{cases} 0.1 & x < a_1 \\ [(x - a_1)/(a_2 - a_1) * 0.9] + 0.1 & a_1 < x < a_2 \\ 1.0 & x > a_2 \end{cases}$$

2) 关联度计算、级别划分

采用 $M(\cdot, +)$ 模型计算各评价单元的关联度值, 得到不同评价单元关联度范围在 0.5899~0.7783 之间, 通过对评价单元的关联度值作频率直方图统计和关联分析, 并根据专家意见和样区实际情况, 将农用地划分为 4 级, 然后采用随机抽样调查的方法对结果进行校验, 以检验定级单元和边界确定的合理性、评价指标的准确性和定级结果的正确性。本研究利用统计软件 SPSS, 对 120 个定级单元的关联度值和水稻的产量进行相关性分析, 求取 Pearson 相关系数, 分析表明 Pearson 系数为 0.285, 达到极显著性水平(0.

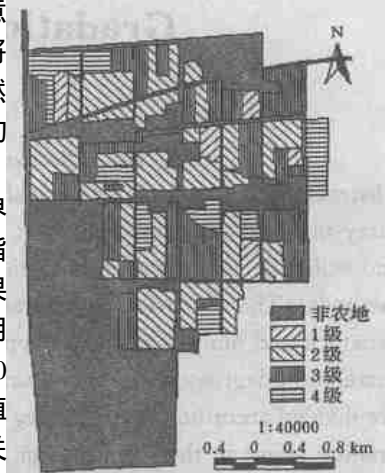


图 2 后湖地区农用地级别图
Fig 2 Gradation results of agricultural land in Houhu area

01), 表明二者关系密切, 模糊物元分析法评价的结果与实际生产基本相符, 具有一定的实践指导意义。然后统计各级别面积(表 4), 利用 Arc/Info 的 Arcplot 模块输出评价区农用地级别图(图 2)。

表 4 后湖地区农用地定级结果

级 别	I 级	II 级	III 级	IV 级
面积/hm ²	51.53	229.98	178.83	75.61
比例/%	9.67	43.15	33.53	14.19

3.4 评价结果分析与讨论

从表 4 和图 2 可知, 江汉平原后湖地区农用地质量可分为 4 级, 各级面积分别占农用地总量的 9.67%, 43.15%, 33.53% 和 14.19%, 说明该地区农用地质量处于中上水平。将评价结果与道路通达度、灌排水便捷度以及居民区进行叠加分析得到农用地级别结果与上述三者呈正相关性, 亦即级别较好的农用地主要分布在靠近水渠和道路、离居民区较近的区域, 实际情况也是如此。离居民区越近, 农民耕作及施肥条件越方便, 投入多, 农用地自然质量一般较好, 养分含量丰富; 靠近水渠、灌排水方便, 不易发生旱涝灾害; 离道路较近, 各种条件相对要优越, 农用地质量相对较好, 不过离道路过近, 土地结构可能遭到破坏, 其他原因也会导致农用地质量略有下降。

4 小 结

1) 地理信息系统具有强大的空间数据和属性数据的处理分析功能, 将其应用到农用地定级评价中, 不但可以快速地获得丰富的土地资源信息, 还可以在数据分析的基础上, 输出一系列精美专题图件;

2) 模糊物元分析法将评价单元和级别均视为一个

物元, 然后通过隶属函数来计算评价单元的关联度确定评价级别, 在评价中减少了人为掺入因素的影响, 使评价结果的精确度和准确度得到提高, 更能反映农用地的演变规律和本质特征;

3) 研究结果表明, 评价区农用地整体质量较高, 基本与实际情况相符;

4) 农用地定级评价是土地评价领域中一个新的研究方向, 有待进一步完善, 尤其是定级评价指标体系的建立, 它涉及到社会、经济、区位等多方面的因素, 所以参评因素选择的合理性还有待于进一步的研究。

[参 考 文 献]

- [1] Rozanov B G. Human impacts on the evolution of Soils under various ecological conditions of world[J]. Trans of the 14th ICSS. Kyoto, 1990, 53- 62
- [2] 周 勇, 王庆云, 李学垣. ARC/NFO GIS 在农用地分等定级中的应用[J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 450- 460
- [3] David G Rossiter. ALLES: A framework for land evaluation using a microcomputer[J]. Soil Use and Management, 1990, 6(1): 7- 20
- [4] 龚子同, 陈志诚, 史学正, 等. 中国土壤系统分类理论方法实践[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [5] 肖芳淳. 模糊物元分析及其应用研究[J]. 强度与环境, 1995, (2): 51- 59
- [6] 敬加强, 黄 坤. 油气管道沿线土壤腐蚀性的模糊物元综合评价[J]. 西南石油学院学报, 2000, 22(3): 91- 93
- [7] 黄杏元, 徐寿成. GIS 的缓冲区分析模型及其应用[J]. 中国图形图像学报, 1998, 3(10): 871- 873
- [8] 郭任忠. 空间分析[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1997, 1- 236
- [9] 周 勇, 张海涛, 汪善勤, 等. 江汉平原后湖地区土壤肥力综合评价方法及其应用[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 70 - 74
- [10] FAO. A framework for land evaluation[R]. Rome: FAO, 1976

Gradation of agricultural land based on GIS and the fuzzy-material analysis method

Nie Yan, Zhou Yong, Yu Jing, Ren Yi

(College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract The gradation of agricultural land is carried out in the Houhu fam land of Jiangnan Plain based on Arc/Info GIS and the fuzzy-material analysis method. It is necessary to share agricultural land information over the world and promote reasonable utilization and scientific management of agricultural land resources. First, the factors affecting agricultural land quality are decided by AHP methods. The gradation is obtained using Arc/Info and the evaluation unit are decided through buffer area analysis of traffic and penstock and multi-layers overlapping. According to subject function of evaluation factors, the weights of assessment factors and the correlation degree of evaluation units are calculated by applying the fuzzy-material analysis method. Finally, agricultural land levels are divided according to frequency distribution of synthetic index values of assessment units. With Arc/Info, the map and dataset of grading result in the Houhu fam land are obtained automatically. Grading results indicate that the quality in this area is in medium and high side, the percentages of area in level 1, 2, 3, 4 amount for 9.67%, 43.15%, 33.53% and 14.19% respectively. It is in accord with the local situation. So, by using GIS and the fuzzy-material analysis method, it is reliable and easy to obtain evaluation units and datasets, and the accuracy and reliability of agricultural land evaluation results can be improved largely too.

Key words: GIS; fuzzy-material analysis; agricultural land; gradation