

文章编号: 1000-5692(1999)04-0406-05

# 基于 GIS 的农用土地适宜性评价模型的建立

黄跃进, 唐锦春, 孙柄楠

(浙江大学土木系, 浙江杭州 310027)

**摘要:** 农用土地的适宜性评价是合理使用农用土地的重要前提。文章讨论了农用土地适宜性评价指标体系以及基于地理信息系统(GIS)的农用土地适宜性评价的原理和主要过程, 并提出了农用土地适宜性的模糊评定数学模型。实验证明, 利用GIS技术结合模糊评定数学模型可以提高农用土地适宜性评价的准确性及效率。图2参3

**关键词:** 地理信息系统; 农业土地; 数学模型; 评价

中图分类号: S11; F301.3 文献标识码: A

当今, 农业生产正从传统的粗放模式向集约模式过渡, 如何合理地利用农用土地是其中的一个重要的课题。合理使用农地的重要方法是建立农地的品质与最适宜的农作物之间的关系。这项工作通常称为农地的适宜性评价<sup>[1]</sup>。

进行评价的方法有定性和定量2种方法, 定性分析法往往是不可靠、不准确的。目前使用的定量分析法大都采用线性回归法, 即认为随机变量Y与m个自变量 $x_0, x_1, x_2, \dots, x_m$ (各评价因素)之间有线性关系

$$Y = p_0x_0 + p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_mx_m$$

然后通过采用最小二乘法求出 $p_0, p_1, \dots, p_m$ 的估值, 最后根据求得的回归方程进行分等定级。

地理信息系统(GIS)是对地理环境有关问题进行分析和研究的学科。它将地理环境的各种要素, 包括它们的空间位置、形状、分布特征和与之有关的属性数据以及这些信息之间的联系等进行获取、组织、存储、检索和分析, 并在管理、规划与决策中应用。

由于农地的适宜性评价与地理环境有十分密切的关系, 单纯使用线性回归数据模型缺乏空间分析能力, 因此无法圆满地解决土地适宜性评价问题。GIS显然是完成这一工作非常有

---

收稿日期: 1999-07-08

作者简介: 黄跃进(1966—), 男, 浙江浦江人, 高级工程师, 博士生, 从事地理信息系统和决策支持系统研究。

效的工具。除了生成各种图件以外, GIS 结合数学模型可以比较完善地解决土地适宜性分析问题。

## 1 农用土地的适宜性评价指标体系

在土地适宜性评价中, 关键步骤之一就是评价因子的选取。一般遵循下面原则: ①只选择有直接影响的因子。②选择对农作物具有长期稳定影响的因子, 而不是那些短期易变的因子。③考虑现有资料和技术水平, 充分利用现有资料。④考虑当地的具体特点和今后的发展方向。⑤避免因子选择过于详细而影响信息的采集增加工作量, 及因子太少影响评价的准确性。

图 1 所示为农用土地评价比较完整的指标体系。在实际农用土地适宜性评定时可选气候、土壤、高程、坡度、坡向和农用土地资源及农用土地利用状况等因子。

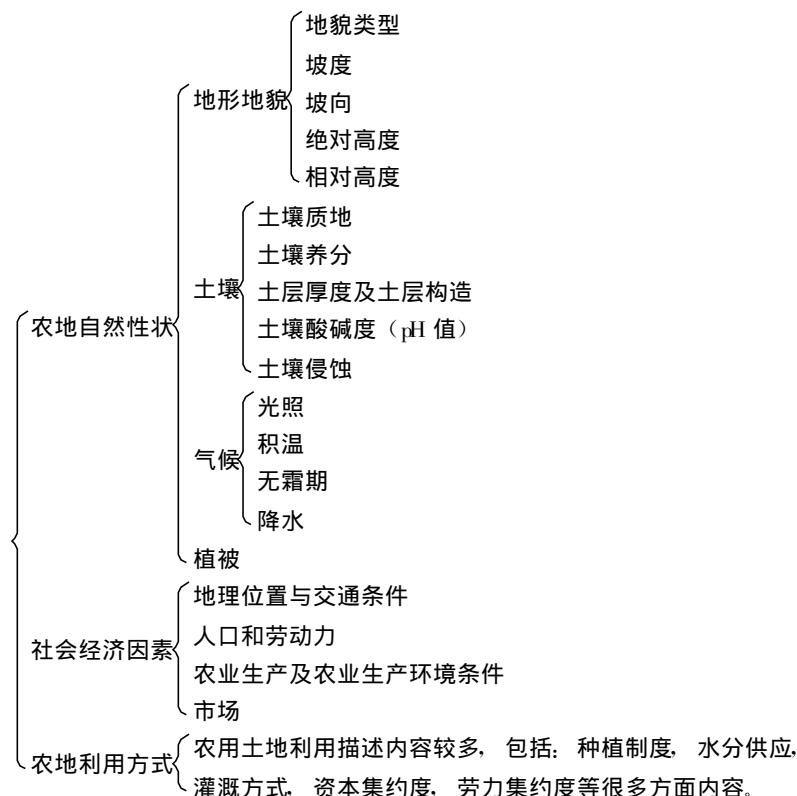


图 1 土地评价比较完整的指标体系

Figure 1 The measurement system of land evaluation

## 2 农用土地适宜性评价过程

气候清查, 土壤清查。①建立农业生态单元的气候和土壤特征数据库。②确定农作物对气候条件的要求标准, 确定农作物对土壤条件的要求标准, 使农业生态单元的气候和土壤条件与农作物的要求标准相匹配。③确定不同投入水平下的气候适宜性等级。④叠加气候适宜

性等级和土壤适宜性等级，形成农作物的综合适宜性等级。⑤按市、县等行政区汇总。

基于 GIS 技术的土地适宜性评定工作主要由 2 方面工作组成：一是建立各要素的专题数据库；二是专题地图单项分析和综合分析，得到各农用土地适宜性评定结果。主要流程如图 2 所示。

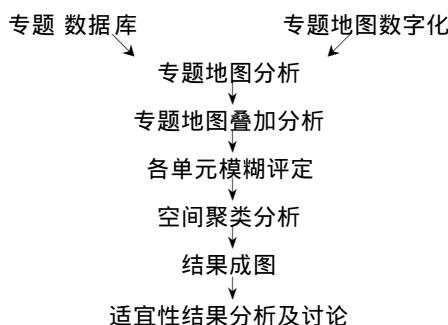


图 2 基于 GIS 技术的土地适宜性评定流程

Figure 2 The process of land evaluation based on GIS

在农用土地适宜性评定中采用的专题地图主要有：①行政界线图层，包括省界、区市界、县界、乡（镇）界和村界线形成封闭的多边形。②地形层，建立地形多边形，例如以等高距为 200 m 的地形图。③气候图，划定热量区界线，气候生命期长度界线，水热生长期界线等。④土壤图，采用土壤普查的资料，把土属作为基本单位。⑤坡度图，在地形图基础上，建立坡度多边形。

利用 GIS 进行农用土地适宜性评价的过程如图 2 所示。①图件叠加生成综合的 Coverage，将区划所需的专题图用 INTERSECT 模块叠加处理，得到一个综合的包括属性和空间信息的 Coverage。②进行模糊评定，将各个评定单元进行模糊评定。③空间聚类加工处理。经过多次叠加后，土地单位十分细小。DISSOLVE 模块重新分类合并，然后用 ARCEdit 模块选择外边界，并作一些人为光滑处理。④编制土地适宜性评价成果图。

### 3 建立农作物数据库

建立各种农作物对气候和土壤等环境要求的数据库。在建立农作物对气候和土壤等环境条件要求标准时，一般分非常适宜、适宜、中等适宜、临界适宜和不适宜 5 个等级。非常适宜级，即设定所有环境因素均处于最佳状态，对农作物的生长发育无限制因素；适宜级，土地的各种条件因素适于农作物生长，但在程度上略逊于非常适宜级；中等适宜级，土地的各项条件因素或其中的几个因素对农作物的生长发育有中等限制；临界适宜级，各种条件中有严重限制因素，只能勉强栽种某种农作物；不适宜级，各条件有严重限制，不适宜栽种某种农作物。

### 4 农地适宜性评价模糊数学模型的建立

采用二级模糊评判模型，以提高识别的可靠程度。在模糊评价中如给出被选的对象集： $V = \{v_1 v_2 \dots v_n\}$ ，判据集： $U = \{u_1 u_2 \dots u_m\}$ ，关系矩阵  $R: V \times U \rightarrow [0, 1]$ ，称  $S = (V, U, R)$  为评判空间<sup>[2]</sup>。

对于农用土地适宜性评定作以下定义: ① 适宜性等级论域  $V$ , 假定将土地适宜性划分为 5 种类型分别为  $A, B, C, D, E$ , 则

$$V = \{v_1 v_2 v_3 v_4 v_5\} = \{A B C D E\};$$

② 土地适宜性评定因子论域  $U$ , 土地利用( $L$ )、气候( $Q$ )、土壤( $T$ )、高程( $G$ )、坡度( $P$ )、坡向( $X$ ) 和土地资源( $Z$ ), 则

$$U = \{u_1 u_2 u_3 u_4 u_5 u_6 u_7\} = \{L Q T G P X Z\}.$$

$U$  上评定因子模糊集为

$$\underline{A} = \frac{a_1}{L} + \frac{a_2}{Q} + \frac{a_3}{T} + \frac{a_4}{G} + \frac{a_5}{P} + \frac{a_6}{X} + \frac{a_7}{Z},$$

其中  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$  分别是评价因子  $L, Q, T, G, P, X, Z$  的隶属度。 $V$  上的等级模糊子集为

$$\underline{D} = \frac{b_1}{A} + \frac{b_2}{B} + \frac{b_3}{C} + \frac{b_4}{D} + \frac{b_5}{E},$$

其中  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  分别为评定等级  $A, B, C, D, E$  的隶属度。论域  $U$  与  $V$  之间的模糊关系可表示为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & r_{55} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} & r_{65} \\ r_{71} & r_{72} & r_{73} & r_{74} & r_{75} \end{bmatrix},$$

其中  $r_{ij} = u_R(u_i v_j)$  ( $0 \leqslant r_{ij} \leqslant 1$ ) 表示  $u_i$  和  $v_j$  具有  $r_{ij}$  程度的关系, 也就是说  $r_{ij}$  是表示从因子  $u_i$  着眼, 该单元被评定为  $v_j$  级的可能程度, 即隶属度。

在某一级别的评定中各因子实际数值可能是很离散的。为此将评定的土地分为很多评定单元。评定单元中, 假定它是均质的, 而实际上是有差别的, 所以应取平均值来代表。这些实际数值的分布是属正态型的。

当因子模糊向量  $\underline{A}$  (权重) 和模糊关系矩阵  $R$  都已知时即可进行模糊推论。可根据模糊向量  $\underline{D}$  判定土地适宜性。有 3 种方法可求得各评定单元的等级模糊向量  $\underline{D}$ , 即: 第 I 型为  $\underline{D} = R \cdot \underline{A}$ ; 第 II 型为  $\underline{D} = R \circ \underline{A}$ ; 第 III 型为  $\underline{D} = R^* \underline{A}$ 。

为了提高评定精度, 进行 2 次模糊评定, 令  $U_1 = (D_1, D_2, D_3)$ ,  $R_1: V \times U_1$ 。

按 I, II, III 型计算得:

$$d_{i2} = \max(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5});$$

$$d_{i1} = \frac{1}{5}(r_{i1} + r_{i2} + r_{i3} + r_{i4} + r_{i5});$$

$$d_{i3} = \min(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5})。$$

将按上述 3 种方法得到的结果  $D_1, D_2, D_3$  组成  $R_1$  如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{21} & d_{31} \\ d_{12} & d_{22} & d_{32} \\ d_{13} & d_{23} & d_{33} \\ d_{14} & d_{24} & d_{34} \\ d_{15} & d_{25} & d_{35} \end{bmatrix}.$$

新的评定空间为( $V, U_1, R_1$ )。仿照第1次模糊评定方法进行第2次模糊评定得到结果为新的模糊向量。按3种方法中的一种取值确定土地的最终适宜性。

## 5 实例和结论

为了验证本文提出的方法的可行性,直接引用资料[3]中的数据进行试验。为减少计算量,选定耕作难易性、防止侵蚀难易性、土壤条件和水热条件4项土地质量用于水稻的土地适宜性评价。对土地性质分为高度适宜(I)、中度适宜(II)、临界适宜(III)以及不适宜(IV)4级。计算结果与资料[3]相似。通过常规实地评价与基于GIS农地评价对比可以发现, GIS所作的农用土地适宜性评价结果大大优于手工运算,且速度快,结果直观。GIS在农业生产领域有广阔的发展前景。

### 参考文献:

- 1 宋其友, 杨喜敏, 李泰轩, 等. 土地信息学[M]. 北京: 测绘出版社, 1996. 39~43.
- 2 陈贻源. 模糊数学[M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1984. 154~159.
- 3 李英能, 黄修桥, 吴景社, 等. 水土资源评价与节水灌溉规划[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. 63~65.

## Application of GIS in agriculture land suitability evaluation

HUANG Yue-jin, TANG Jin-chun, SUN Bing-nan

(Department of Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** The premiss of proper usage of agriculture land is to setup the relationship between the property of land and the most suitable plant, land suitability evaluation. The article discusses the measurement system of land evaluation and the main process of soil evaluation based GIS. A model of fuzzy evaluation is given also. The experiment proved the method of evaluation based GIS and fuzzy is suitable.

**Key words:** geographical information systems; agriculture land; mathematical models; evaluation