

动态综合层次判别分析方法

——以水土流失强度综合分析为例

张登荣 朱建丽 赵元洪 虞勤国

(浙江大学地球科学系 杭州 310027)

摘 要 随着遥感技术的发展,可获取的遥感信息越来越丰富,各种分类算法也层出不穷,然而在分类精度上却始终无法突破遥感数据本身的局限,而且不同的方法在判识的结果上往往有很大的不同。本文认为不同遥感信息、不同的判别分析方法,对不同的对象在不同的地表组合条件下其判别的能力是不同的,只有综合地运用这些不同的方法才可能在现有遥感资料的能力下提高分类精度。本文提出一种动态综合层次判别分析算法可将多种并行的分类算法综合在一起,取长补短,提高最后分类精度。通过在浙江省新昌县某地进行水土流失强度分析试验,取得了良好的效果。

关键词 判别分析,动态综合层次判别分析,水土流失

1 引 言

近年来,由于各种卫星资料越来越多,多种信息的复合应用越来越发展。不光遥感信息的复合,还有遥感与非遥感信息的复合,突破了单一信息源和只依靠光谱特性的限制,并发展到地理信息系统和专家系统技术^[1]。

随着遥感信息和分类手段的多样化,人们已经认识到,对于某种特征信息的分析提取,常存在着不同的分析方法,而且开始运用一些综合技术来结合这些分析方法,以提高分析精度。如监督分类与非监督分类的结合,分类树算法等均是这类思想的典范。然而,这些算法在设计时都自觉或不自觉地假设在研究范围内信息特征的组合符合某一统一的模型,用一个通用的模式来组合各种单一方法或因子分析的结果,这实际上是在综合的同时又将问题简化,这是不现实的,最终未能突破单一分类的局限,使得分析结果在精度上无大的改善。而事实上,不同的因子对特征信息的判别能力不同,某一分析方法也可能只反映某一特征信息,都有其可用性和局限性的一面。因此,在不同的因子或单一方法分析结果组合状态下,各因子或分析方法对特征信息的判别能力是不同的,在综合分析时就不能对全图像范围用统一不变的综合模式,而是随各因子(即各图像同名像元)组合状态变化的、

动态的。本文提出的多元动态综合层次判别分析模型采用动态机制,在其中引入层次分析科学决策方法^[2],通过在浙江省新昌某地水土流失强度综合分析中应用,取得了良好的效果。

2 模型方法

假设对某一问题最终有 P 种评语, $P = \{P(i)\} = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}$; 有 K 种不同的解法, $U = \{J(i)\} = \{J_1, J_2, \dots, J_k\}$; 对某一像元 $f(x, y)$ 用 K 种不同的解法分别求解,则每种解法将有一个评语(P 种评语之一), K 种解法将有 K 种不完全一致的评语, $\{R(i)\} = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$ 。因此必须据这 K 种评语确定最后该像元的评语。而对整个图像范围的综合,由于各像元各因子的组合情况可能不同,需对每一像元依次进行判别分析。

为了从 K 种评语中确定最后评语,引入层次分析方法来构造筛选组合原则。这里可以把对像元的最终评语的确定看作是总目标,而每个因子或单一方法对该像元的评语看作方案层。按照层次分析方法的原理,须根据这 K 种评语的重要性比较首先构造判断矩阵,这里动态层次综合判别分析模型的判断矩阵是基于不同解法或因子分析给出不同评语时具有的可信度来构造的。可信度的确定可有两类方法,一般可用各单一解法的精度作可信度,也可据分

析或专家经验确定。显然,对不同像元,当不同方法或因因子分析得到的评语不一致时所构造出的判断矩阵是不同的,因此,对每一个像元的综合,实际上都是一个独立的层次分析过程,对全图像则是一个动态的分析过程。

确定了判断矩阵后,便可求解判断矩阵的特征向量

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_k]$$

其中,各分量值的大小 w_i ,即为各解法的可信权系数。该向量即为最后评语确定的依据。在确定评语时有两种做法:

(1) 直接依据特征向量的分量表达权系数,选

择权系数最大的解法的评语为最后评语。即

$$P[f(x, y)] = R[\text{Max}(w_i)] \quad (1)$$

这种方法适合于评语无连续意义时,例如遥感图像分类的类别。

(2) 特征向量的分量表达权系数与评语向量的加权和,即

$$P[f(x, y)] = \sum R(i) \times w(i) \quad (2)$$

这种方法适合于评语有连续意义时,例如水土流失的强度级别。

应用动态层次综合判别分析模型进行综合分析的流程如图 1 所示。

下面以我们在浙江省新昌某地的水土流失强度

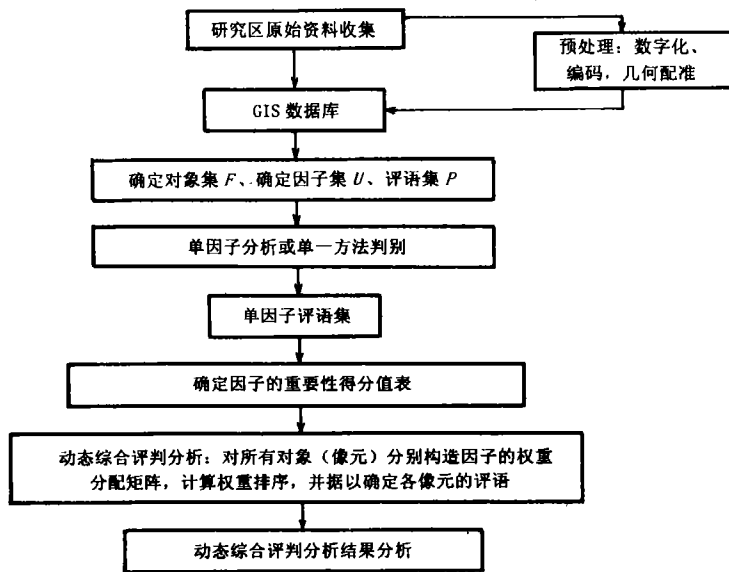


图1 动态综合判别分析模型流程

Fig.1 Flow chart of dynamic comprehensive evaluation model

级别综合评判研究结果来说明该方法的应用。

3 水土流失强度等级的综合层次判别分析

影响水土流失强度的因素很多,深入考查一下影响水土流失强度的各种因素在水土流失发生发展中的作用,可以发现各种因素的作用在不同的组合下情形是不同的。例如,当植被盖度很高时(如大于90%),我们可以断言该区为无流失区,因此植被因子此时就显得有较高的判别能力,因为此时用单因子即可决策,其他因子则可不考虑。而随着植被盖度降低,植被因子的判别能力便下降,错分越来越多,此时地表坡度及土壤母质类型的判别则显得可靠起来,用它们进行判别,准确性逐渐提高。显然,

根据影响水土流失的各种因子组合状态下的权重分配可较合理地划分出水土流失的强度等级。

按照综合层次分析方法的思路,可以构造水土流失强度等级的动态综合判别分析模型。其中有两个关键:1. 因子的选择及等级强度的确定;2. 因子相对权重的确定。

3.1 因子的选择及分级处理

据水土流失成因因素的分析 and 前人研究的成果^[3,4],选取了植被、坡度、土壤、岩性等4项因子作为评判时的因子集,并确定评语如下。

因素集 $u = \{ \text{植被、坡度、土壤、岩性} \}$ 。

评语集 $v = \{ \text{微度(1), 轻度(2), 中度(3), 强度(4), 极强度(5), 剧烈(6)} \}$ 。

对象集 $f(x, y) = \{ \text{待评判的所有像元} \}$ 。

各因子分别按下述方法进行单因子评价处理:

植被因子

植被因子是通过 TM 数据的绿度植被指数而确定的^[6], 它们的水土流失强度特征如表 1。

坡度因子

坡度因子是根据 1 / 10000 地形图以 5m 等高距数字化, 按距离插值方法所构造的 DEM 计算的^[5],

按表 2 确定流失强度等级。

土壤因子

土壤对水土流失强度的划分是根据土壤本身的抗蚀性确定的(表 3)。

岩性因子

岩性主要是考虑母质的性质, 据野外观察和分析, 划分依据如表 4。

表1 浙江省新昌某地不同植被覆盖度地表水土流失强度特征

Table 1 The soil erosion intensity based on the vegetation coverage

强度	1	2	3	4	5	6
绿度植被指数	>31.2	26.7—31.2	17.4—26.7	9.6—17.4	-6.9—9.6	<-6.9
盖度(%)	>90	70—90	50—70	30—50	10—30	<10

表2 浙江省新昌某地不同坡度地表水土流失强度特征

Table 2 The soil erosion intensity based on slope classification

强度	1	2	3	4	5	6
坡度(°)	<3	4—7	8—15	16—25	26—35	>36

表3 浙江省新昌某地土壤类型的水土流失强度特征

Table 3 The soil erosion intensity based on soil types

强度	1	2	3	4	5	6
土壤类型	水稻土	潮土	钙质砂土, 硅藻土	红壤, 黄壤	黄红壤, 玄武岩幼年土	侵蚀型红壤, 黄壤

表4 浙江省新昌某地岩性的水土流失强度特征

Table 4 The soil erosion intensity based on lithological characters

强度	1	2	3	4	5	6
岩性	冲洪积物	流纹质灰岩夹砂岩	凝灰岩	紫红色砂岩夹凝灰岩	花岗岩	玄武岩

3.2 动态综合判别分析

建立因子的重要性得分值表

确定重要性得分值表主要是为了确定判断矩阵, 在整个评判过程中十分关键。这里重要性得分值表是据各因子对水土流失各个强度级别的判断能力确定的, 判定能力可根据单因子分析的精度或对区域的先验概率相对确定。按层次分析法原理, 分值最大取 9, 最小取 1。这里确定的各个因子的重要得分如表 5。

表5 各因子的重要性得分值

Table 5 Importance scores of the factors

得分 因子	强度	1	2	3	4	5	6
植被		9	8	6	3	2	1
坡度		2	3	5	6	7	8
土壤		8	6	4	4	6	8
岩性		5	5	5	5	7	8

因子的权重分配矩阵

判断矩阵是根据像元点上的因子组合状态按上

面的因子重要性得分矩阵构造的, 因此不同的因子组合状态含有不同的因子权重分配矩阵, 例如假设按前述定义的因子集顺序, 读入的像元向量即单因子评语为 {1, 2, 3, 4}, 则各因子的权重为 {9, 3, 4, 5}, 因此, 权重分配矩阵为

$$\begin{bmatrix} 1 & 9/3 & 9/4 & 9/5 \\ 3/9 & 1 & 3/4 & 3/5 \\ 4/9 & 4/3 & 1 & 4/5 \\ 5/9 & 5/3 & 5/4 & 1 \end{bmatrix}$$

计算各因子的权重顺序, 确定方案评语

求解上面矩阵的最大特征值对应的特征向量, 而后可按式(2)计算该像元的流失强度级别。对每个像元都完成判别后, 我们便可得到整个区域对水土流失强度等级的分布。

3.3 结果讨论

为了检查方法的效果, 我们据野外调查的结果、土地利用现状图以及黑白航片资料显示的情况选取了 240 个样本点作为检验样本, 分别对单因子判别

和动态综合层次判别分析的结果进行了精度统计。表6给出了分析结果。结果表明动态综合判别分析后不但提高了各单一类别的分析精度,同时也提高了最终的总体精度。

表6 精度分析
Table 6 The accuracy analysis of dynamic comprehensive assessment (%)

精度方法类别	植被因子	坡度因子	土壤因子	岩性因子	综合评判
1	95.5	92.3	80.7	55.6	96.2
2	89.3	83.5	77.8	57.9	92.1
3	88.3	84.0	65.3	62.1	90.0
4	86.9	87.8	67.2	70.4	89.2
5	83.0	94.6	78.0	76.4	95.3
6	79.0	98.8	82.3	79.0	97.4
总精度	87.0	90.1	75.2	66.9	93.4

这里,反映各因子对水土流失各个强度级别的判断能力的因子相对权重分配矩阵的确定是一项关键的工作,本次试验研究工作是依据单因子分析的野外验证结果而相对确定的。在实际应用中可根据单因子分析的精度相对确定,这方面作者正在作进一步的研究。

4 结论

动态综合判别分析方法是依据在不同因子或方

法分析评语组合状态下,各因子的相对权重而选取最终评语,这种方法可以极大地发挥各种分析方法或资料(因子)的优越性,在现有遥感资料的局限下获得较高的信息提取精度。

参 考 文 献

- 1 彭望禄编著. 遥感数据的计算机处理与地理信息系统. 北京: 北京师范大学出版社, 1991.
- 2 许树柏编著. 实用决策方法——层次分析法原理. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- 3 贾德序. 水土流失与植被关系的遥感研究. 见虞献平等编. 生态与环境遥感研究. 北京: 科学出版社, 1990, 208—214.
- 4 卜兆宏, 李士鸿编著. 水土流失调查的遥感数据处理方法. 南京: 东南大学出版社, 1989.
- 5 张登荣等. 水土流失强度遥感快速调查方法. 浙江大学学报, 1997, (6).

作 者 简 介

张登荣,男,1966年4月生,副教授。1992年于浙江大学获遥感地质工学硕士学位。1992年至1996年作为中泰国际合作项目主要负责人之一,从事水土流失合作研究。现主要从事水土流失、海洋遥感与海底地形制图以及干涉雷达应用等领域的研究工作,已发表研究专著1部,论文10余篇。

Dynamic Comprehensive Hierarchy Discriminatory Analysis Method: A Case Study on Soil Erosion Intensity Analysis

Zhang Dengrong Zhu Jianli Zhao Yuanhong Yu Qinguo
(Zhejiang University Hangzhou 310027)

Abstract There are a lot of different types of remotely sensed information sources, and various information abstraction methods by the development of remote sensing technique. But the improvement of the analysis accuracy is difficult because of the limit of remotely sensed data. Dynamic Comprehensive Hierarchy Discriminatory Analysis Method proposed in this paper can concentrate the advantage of various information abstraction methods to improve the final accuracy in remote sensing application. An application case study on soil erosion intensity analysis for Xinchang county, Zhejiang Province shows a very good effect.

Key words Discriminatory analysis, Dynamic hierarchy discriminatory analysis, Soil erosion