

遥感影像分类方法比较研究

李爽^{1,2}, 丁圣彦¹, 许叔明¹

(1. 河南大学环境与规划学院, 开封 475001 2. 聊城师范学院地理系, 聊城 252059)

摘要: 从遥感影像分类原理入手, 探讨了最新计算机遥感影像分类方法, 比较分析各种新方法与传统分类方法的优缺点, 尝试展望遥感影像分类法的发展趋势。

关键词: 模式识别; 高光谱数据; 遥感

中图分类号: TP70

文献标识码: A

文章编号: 1003-4978(2002)02-0070-04

The Comparative Study of Remote Sensing Image Classification

LI Shuang^{1,2}, DING Sheng-yan¹, XU Shu-ming¹

(1. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China;

2. Dept. of Geography, Liaocheng Teachers' University, Liaocheng, 252059, Shandong, China))

Abstract: The principle of remote sensing image classification, and the newest methods of computerized remote sensing image classification are discussed. Based on the principle, the paper compared the distinctness of every new methods and conservative methods with the attempt to bring out the trend of remote sensing image classification.

Key words: pattern recognize; hyper spectral; remote sensing

随着空间科技的发展, 各种资源环境监测卫星的发射与运行为地表动态变化研究提供了多平台、多光谱、多时相、大范围的实时信息, 遥感技术已成为当前人类研究地球资源环境的一种有力技术手段^[1]。在遥感技术的研究中, 通过遥感影像判读识别各种目标是遥感技术发展的一种重要环节, 无论是专业信息提取、动态变化预测, 还是专题地图制作和遥感数据库的建立等都离不开分类, 对照地面地物类型, 便可以从影像上进行地类的识别。随着近年来计算机技术的飞速发展, 计算机识别分类成了遥感技术应用的一个重要组成部分。计算机识别分类(即模式识别)就是利用计算机对传感器所收集的遥感信息进行处理、运算, 最终分出类别^[2,3]。遥感技术的改进促使遥感专题信息的提取方法也在不断地改进, 经历了目视解译、自动分类、光谱特性的信息提取及光谱与空间特征的专题信息提取等多个阶段^[4]。遥感影像数据类别多, 含混度大, 如何解决多类别分类识别并满足一定的分类精度, 是当前遥感影像研究中的一个关键问题, 也是人们关注的焦点。

1 遥感影像分类研究现状

在目前的遥感分类应用中, 用得较多的的是传统的模式识别分类方法, 诸如最小距离法、平行六面体法、最大似然法、等混合距离法 (ISOMIX)、循环集群法 (ISODATA) 等监督非监督分类法。其分类结果由于遥感影像本身的空间分辨率以及“同物异谱”、“异物同谱”现象的存在, 而往往出现较多的错分、漏分情况, 导致分类精度不高^[2]。针对遥感应用技术的飞速发展, P. V Balstad (1986) 研究了利用神经网络进行遥感影像分类, 章杨清等探讨了利用分维向量改进神经网络在遥感模式识别中的分类精度问题^[5], M. A. Friedl (1992) 和 C. E. Brodley (1996) 研究了大量适用于遥感影像分类的决策树结构^[7], 尤其是近年来针对高光谱数据的广泛应用, 各种新理论新方法的相继涌现, 对传统计算机分类方法提出了新的要求^[8,9]。

收稿日期: 2001-12-05

基金项目: 河南省杰出青年科学基金资助(项目编号: 0003)

作者简介: 李爽(1974-), 男, 硕士研究生, 讲师, 主要方向为 GIS、RS 应用研究。

1.1 传统的计算机分类算法

在遥感数据的计算机分类中,人们最常用的是最大似然(或最大似然比)分类法和最小距离分类法。最大似然分类法一般是基于贝叶斯(Bayes)准则构建起来;而基于各种距离判决函数的多种分类方法都称为最小距离分类法。

按贝叶斯准则建立起来的贝叶斯判决规则称为贝叶斯分类器,其构建原理如下:地物影像可以以其光谱特征向量 X 作为量度,在光谱特征空间中找到一个相应的特征点,而来自于同类地物的特征点在特征空间中形成属于某种概率分布的集群。判别某一特征点类属的合理途径是对其落进不同类别集群中的条件概率进行比较,相应于条件概率大的那个类别将是该特征点的归宿。为此,可以把某特征点(X)落入某类集群(W_i)的条件概率 $P(W_i/X)$ 当成分类判决函数,称为概率(或似然)判决函数。由于概率是建立在统计意义上的,因而当使用概率判决函数实行分类判决时,不可避免地会出现错分现象,我们希望以错分概率或风险最小为准则来建立所需要的判决规则,这就用到贝叶斯判决规则,其判决函数 $d_i(X)$ 如下:

$$d_i(X) = \ln P(W_i) - \frac{1}{2} \ln | \Sigma_i | - \frac{1}{2} [(X - M_i)^T \cdot (\Sigma_i)^{-1} (X - M_i)]$$

相应的判决规则有 $\left. \begin{array}{l} \text{若对于所有可能的 } j = 1, 2, \dots, m, j \neq i, \text{ 有} \\ d_i(X) > d_j(X), \text{ 则 } X \text{ 属于 } W_j \text{ 类} \end{array} \right\}$

最小距离分类法的距离判决函数的建立是以地物光谱特征在特征空间中是按集群方式分布为前提的,它的基本思想是设法计算某随机特征点 X 到有关类别($W_i, i = 1, 2, \dots, m$) 集群之间的距离,哪类距离它最近,它就归属于那类。距离判决函数不像贝叶斯判决函数那样偏重于集群分布的统计性质,而是偏重于几何位置。其通用判决形式如下:

$\left. \begin{array}{l} \text{若对于所有可能的 } j = 1, 2, \dots, m, j \neq i, \text{ 有} \\ d_i(X) > d_j(X), \text{ 则 } X \text{ 属于 } W_j \text{ 类} \end{array} \right\}$, 在实践中常用的以下三种距离判决函数:

(1) 马氏(Mahalanobis) 距离 $d_{Mi}(X) = (X - M_i)^T \cdot (\Sigma_i)^{-1} \cdot (X - M_i)$;

(2) 欧氏(Euclidean) 距离 $d_{Ei}(X) = (X - M_i)^T (X - M_i) = \|X - M_i\|^2$

(3) 计程(Taxi) 距离 $d_{Ti}(X) = \sum_{j=1}^m |X - M_i|$

1.2 遥感影像计算机分类算法研究新动向

传统的遥感影像计算机分类方法是根据遥感数据的统计值特征与训练样本数据之间的统计关系来进行地物分类的,其分类精度往往不甚理想。同时,由于地物类型分布方式本身的复杂性,仅利用单一分类规则对影像进行分类,而不考虑空间位置、色调特征等构成影像的多种因素也是造成传统分类方法不理想的原因。加上卫星遥感光谱数据由于空间分辨率比较低(TM30米、SPOT10米),因而一般带有综合光谱信息的特点(即存在混合像元),致使计算机分类面临着诸多模糊对象。因此,简单地按灰度数据分类,常常使人看到混淆不清的结果。当然在地物类别比较简单,且大面积分布的情况下,这种混淆的现象会少得多,但在“异物同谱”现象大面积分布的情况下,也会带来计算机分类的不正确结果。为此人们不断研究和尝试新方法,以图改善,尤其是近年来在采用模糊数学的分析方法和人工智能的方法进行研究的过程中,取得了一定的进展。

1.2.1 人工神经网络方法

人工神经网络,简称神经网络,是以模拟人脑神经系统的结构和功能为基础而建立的一种数据分析处理系统。一个神经元有多路输入,接收来自其它神经元的信号,并将反馈信息经由一条路线传递给另一个神经元。一个神经元与多个神经元以突触相连。进入突触的信号作为输入(激励),通过突触而被“加权”。所有输入的加权之和即为所有权重输入的总效果。若该和值等于或大于神经元阈值,则该神经元被激活(给出输出)否则即不被激活。人工神经网络可以视为简化了的人脑神经系统的数学模型。

1.2.2 模糊数学方法

由于遥感影像有时所具有的信息的不确定性,针对不确定的数学方法自然成遥感影像分析人员所注意的目标。模糊数学方法就是一种针对不确定性事物的分析方法。它以模糊集合论作为基础,有别于普遍集合论中事物归属的绝对化。在分析事物的隶属关系,即分类时,一般须以某数学模型计算它对于所有集合的

隶属度,然后根据隶属度的大小,确定归属。

1.2.3 决策树分类法

决策树分类法原理是模拟人工分类过程由整个数据集从上往下逐级细分,而在其算法描述中却是由“终级”到“原级”的逆过程,即在预先已知“终级”类别样本数据的情况下,根据各类别的相似程度逐级往上聚类,每一级聚类形成一个树结点,在该结点处选择对其往下细分的有效特征。依此往上发展到“原级”,完成对各级各类组的特征选择。在此基础上,再根据已选出的特征,从“原级”到“终级”对整个影像实行全面的逐级往下分类。对于每一级处的特征选择,依据散布矩阵准则来进行。

1.2.4 专家系统方法

近年来,以专家知识和经验为基础的光谱信息和其它辅助信息综合的影像理解技术——基于知识的专家系统,已成为遥感应用研究领域的一个重点,借助专家知识分析遥感数据往往事半功倍。

专家系统是人工智能的一个分支,采用人工智能语言如 LISP、PROLOG 或 C 语言,将某一领域的专家分析方法或经验,对对象的多种属性进行分析、判断,确定事物的归属。其核心内容是知识库 (Knowledge Base) 和推理机 (Inference Engine),知识库中存储着多种与影像解译有关的知识和经验,专家的经验 and 知识以某种形式,如产生规则 IF <条件> THEN <假设> <CF> (其中 CF 为可信度)表示,由诸多知识组成知识库。待处理的对象,按某种形式将其所有属性组合在一起,作为一个事实,然后由一条条事实,形成事实库。每一个事实与知识库中的每一知识按一定的推理方式进行匹配,当一个事物的属性满足知识中的条件项,或大部分满足时,则按知识中的 THEN 以置信度确定归属。专家系统方法由于总结了某一领域内专家分析方法,可容纳更多信息,即上述条件可以包括各种所需的或可获取的信息,按某种可信度进行不确定性推理,因而具有更强大的功能。

2 讨论

如前所述,我们将计算机遥感影像分类方法依其原理分为:统计模式方法和句法(结构)模式方法。一般来说,传统应用的遥感影像分类方法都属于统计模式方法,如最大似然法、k-最近邻判决法(k-nn 法)等等;而近年来蓬勃发展的分类新方法则多倾向于句法模式方法,如人工神经网络方法、模糊数学方法、专家系统方法、决策树分类法等。

2.1 统计模式识别法的优缺点

仅以最大似然法(MLC)为例,对统计模式识别法的优缺点进行探讨。MLC 是土地覆盖分类制图中广泛采用的方法,其最大优越性是能利用各类先验性分布知识及其概率。MLC 有着严密的理论基础,对于呈正态分布的数据,判别函数易于建立,而且有很好的统计性。若在影像分类过程中采取一些措施,则可更好地提高分类精度,例如,在分类前选择最佳波段的组合信息;注意提高训练区选取质量(如在反映类别特征较好的影像上选取训练区;借助专题图件和大比例尺航片确定训练区);对“同物异谱”现象采用类型细分别确定子类训练区;采取训练区净化等。再者,在分类时加入专家经验知识给出先验概率等,也能改善分类效果。

MLC 是传统遥感影像分类处理中很有效的一种方法,因而几乎所有的遥感影像处理软件系统都有最大似然分类法模块。过去针对数个波段的影像数据,应用最大似然分类,十分得心应手。而今,在遥感应用研究中人们更多注重多重遥感信息的综合分析,多源数据遥感就是其中的一个方向。目前获取的多源遥感影像具有多角度、多平台、多时相、多分辨率、多传感器等特点,同时还包括地理辅助数据等通过数据层的像素层、特征层的融合数据等。众多的遥感影像综合反映了地表信息的不同方面,因此在遥感影像分析中引入多源遥感数据,利用其反映的不同角度的地表信息,必将对分析结果在可靠性和精度方面具有促进作用。然而常规影像分类方法是建立在概率统计基础上,其数学模型通常不便于引入多源数据加以联合分析,其不足主要体现在以下几个方面:首先,常规分析方法多以假定数据源呈某一固定的概率分布,然后在此基础上进行参数估计。实践证明由于地物空间分布的千变万化,该假定在单一数据源分析中就不一定成立,在多源数据情况下,这种假定的缺陷就更加明显,这主要在于不同影像的成像机理和所反映信息在性质上是不同的。另外,利用概率方法一般不顾及参加分析数据源的不确定性,因此,整个分析过程是不完善的。其次,引入多源数据对分析过程来说,更多是注重于各种数据的物理特性和成像特点,这些都属于基于知识和经验的范畴,因此单纯使用纯数据分析方法难以得到期望的结果。最后,经典的影像分析方法实现对数据本身的分析,难

以引入专业判读人员在目视解译影像过程中运用的知识与经验,往往导致分析结果与实际类别之间的差异。

尤其是近年来人们对高光谱数据研究的逐步深入,面对超多(几十以至几百)波段影像数据,要充分利用这些数据,而又不致于降低计算速度就值得研究了。在高光谱数据中,每一地物类别的均值向量和协方差矩阵的维数都很大,显然从样本训练到分类均是十分费时费事的,而对于 N 个波段一地物的协方差矩阵为 $N \times N$ 大小的矩阵,如果没有足够数据量的样本,是不能得到可靠的统计估计的。一般来说,划分每一类别至少要有 $10 \times N$ 个样本像元,因而需要有 $100N$ 个样本像元参与统计才会得到可靠的统计估计。而在自然界中“异物同谱”或“同物异谱”现象大量存在,因此以 MLC 为代表的传统计算机自动分类法远远不能达到要求。传统的模式识别方法面对遥感技术的飞速发展,具有许多难以克服的困难,如运算量太大,难以获得合适的分类特征,无法获知各类的先验概率和概率分布函数的形式,难以形成复杂的判别函数和判决函数界面等。

2.2 非参数型分类方法的逐步成熟

随着遥感技术的发展,结合人工智能技术和理论的发展,模糊数学的成熟应用以及微型计算机运算能力的大幅提高,基于光谱特征空间分布的非参数型计算机分类方法已逐步成熟。人工神经网络分类法(ANNC)和决策树分类法(DTC)是近十年发展起来的具有人工智能的分类方法,属于非参数型。在不知各类型的先验性分布知识及其概率的情况下,其分类效果要较最大似然法理想,主要表现在以下几个方面:在处理模式分类问题时,ANNC 和 DTC 并不基于某个假定的概率分布,在非监督分类中,从特征空间到模式空间的映射 ANNC 是通过网络的组织来完成的,DTC 是通过分类树的树结构逆向构建完成的,是一种聚类过程。在监督分类中,通过对训练样本的学习,ANNC 获得网络的权值,形成分类器,DTC 则生成内部树结点的分叉规则形成分类器。ANNC 和 DTC 均具有较好的容错性,有利于解决遥感模式识别中的“同物异谱”和“异物同谱”问题,适于处理一些环境信息十分复杂、背景知识不清楚、推理规则不明确的问题,这些特点对于处理多类别遥感图像特别适用。ANNC 和 DTC 均具有较好人机交互功能,可以在分类过程中方便融入操作员的专业知识和现有的 GIS 背景资料。对于一些较大规模的遥感数据集,其内部数据结构复杂,根本无法用简单的概率分布函数表示,用 DTC 理论处理,可以保证各种信息在分类树结构中进行传递和合并,使最终决策建立在综合考虑全部已有信息的基础上,避免了决策的片面性。同时,在对于目标识别中,相对于常规的概率方法而言,ANNC 和 DTC 更侧重于对目标数据集合的分析,更能挖掘出遥感数据集中潜在的信息。

大量实验结果表明,非参数型分类法比传统的参数模式识别方法具有更高精度,但也出现某些类别的识别精度并不尽如人意,其特征提取和理解分析能力受到限制。因此,一些研究者在模式识别研究中引入分形领域中分维的概念,强化输入信息的表达,提高网络对有限信息的分析识别率,从而提高识别精度^[5]。

3 结语

基于知识的专家系统应用,是遥感影像土地覆盖分类的发展趋势。在专家系统中,证据推理、概率似然推理和模糊推理理论的发展使基于知识的专家系统逐步实用化,但在知识的获取、量化及综合不确定性知识等方面是专家系统较难处理的问题^[2],也是进一步研究的热点。另外,在现有分类模型的基础上,更多地关注遥感数据预处理,也是提高遥感影像分类的有效途径。

参考文献:

- [1] 杨存建,周成虎. 基于知识的遥感图像分类方法的探讨[J]. 地理学与国土研究 2001, 17(1): 72~77.
- [2] 吴健平,杨星卫. 遥感数据监督分类中训练样本的纯化[J]. 国土资源遥感, 1996, 26(1): 36~41.
- [3] 方勇. 证据推理应用于多源信息融合分析[J]. 遥感学报, 2000, 4(2): 106~111.
- [4] 杜去艳,周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[J]. 遥感学报, 1998, 2(4): 264~269.
- [5] 章杨清等. 利用分维向量改进神经网络在遥感模式识别中的分类精度[J]. 环境遥感, 1994(2): 68~72.
- [6] 孙家柄,舒宁,关泽群. 遥感原理、方法和应用[M]. 测绘出版社. 1997.
- [7] Friedl M A, Brodeley C E. Decision Tree Classification of Land Cover from Remotely Sensed Data[J]. Remote Sens. Environ. 1997 (61): 399~409.
- [8] 李爽,丁圣彦,钱乐祥. 决策树分类法及其在土地覆盖中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(1): 6~17.
- [9] 钱乐祥,陈云增. 福建植被景观空间格局及其环境响应特征[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2000, 30(4): 66~73.