

地学应用中的遥感图像处理若干问题的分析

方红亮 黄 绚

中国科学院 地理研究所 北京 100101
国家计划委员会

摘 要 遥感技术在地理学应用中是如何从遥感影像上直观、准确的得到所需的信息,为本专业服务。文章从地学应用部门在进行遥感影像处理时遇到的几个问题:多光谱数据的选取与合成;多源信息的复合;新型图像分类器的应用;专题提取的精度等方面的进展作了分析。

关键词 遥感地学应用 进展

分 类 中图法 TP751

遥感技术是从三十年代航空摄影的基础上发展起来的。随着六十年代太空技术、电子计算机和地球科学的发展,遥感技术在原有基础上产生了质的飞跃。遥感技术系统由遥感平台、遥感仪器以及信息接收、处理与分析应用等部分组成。它通过装在不同平台上的传感器来获取地物信息,然后通过专门的图像处理技术从影像传感器所获地物信息中判别出不同的地物类型及其分布状况,供应用部门使用^[1]。遥感技术的优势是覆盖面广,成像迅速而且具有周期成像能力,它具有多波段、多时相、多应用目标以及多学科综合的特点。

遥感技术在地学中的应用主要包括资源遥感、环境监测、区域分析和全球变化四大领域^[2]。应用部门主要是如何从遥感影像上直观、准确地得到自己所需的信息,即进行遥感影像的处理工作。通常遥感数据的预处理工作已在数据提供单位完成。然后的数据处理方法随着应用对象的不同而有差异。

1 遥感影像多波段数据的选取与合成

遥感影像的应用领域很多,应用效果的好坏,通常取决于两个方面:图像处理效果和应用部门的经验。应用人员的图像判读经验丰富,对实地情况比较了解,也就能从遥感影像上获取更多有用的信息。至于图像处理,可以有很多的技巧,但人们用得最多的还是通过影像波段组合来寻求最佳的专题提取效果。波段组合涉及到波段选择。从常用的土地覆盖、土地利用类型划分来看,应选择信息量最大的合成方案。

1.1 用最佳指数选择组合波段

Chavez et al. (1982, 1984)^[3,4]最早提出了一个最佳指数(OIF)来计算任意三个波段组合后所包含的信息量。OIF与某波段内的标准差成正比,与波段间的相关系数成反比。而且是一个比较客观的衡量标准,可以用它来选择组合波段^[5,6]。但在日常工作中,出于应用目的,往往只考虑机助可分性和目视判读效果,不考虑定量的OIF,或者出于习惯,干脆选

择标准假彩色方案, 如用 TM 4, 3, 2 或 MSS 7, 5, 4 赋红、绿、蓝的组合方案^[7]。

1.2 以样本间灰度差异选择组合波段

王延颐^[8]用欧氏距离来计算样本间灰度差异程度。欧氏距离越大, 各样本(地类)之间的差异越大, 组合的光学效果越佳。视觉效果(即光学效果)在屏幕上反映的是各地物在视觉上的色差, 色差越大, 各地物间的区分和判读也容易。

1.3 以视觉色差为合成方案选择标准

张昭贵^[9]从色度学原理入手, 依照人们的视觉形成过程, 计算各专题间的色差。同样, 色差越大, 各地物间的区分和判读也明显。作者称这种方法为彩色合成选择法, 并已用于黄河入海口研究。

波段合成方案很多, 实际应用中, 研究人员对各种组合方案进行尝试(test-and-error), 以期从视觉效果上找到最佳方案^[10-12]。比如提取某一特定专题信息与土地覆盖分类又不同, 前者强调某特定专题的可分性, 后者强调所有土地覆盖类别的可分性, 两者在选取组合波段时也会不同。

合成方案的选择还受到成像时间、地点、成像时地面气象条件和地物特征的影响。在江汉平原水稻遥感估产工作中, 我们运用 Landsat TM 影像来提取水稻种植面积。如果 TM 的时相是水稻移栽后的两个星期以内, 用 5R、3G、2B 波段组合效果最好, 其它时相用 4R、3G、2B 波段组合。这样搭配, 可以较好的选择训练区, 并通过监督分类把早稻和中稻区别开。

2 多源信息的复合

遥感应用研究中, 使用单一传感器的数据往往很难满足需求, 必须使用多源数据, 把它们综合到遥感系统中来, 才能更精确地反映植被分布, 监测土地利用变化等^[13-16]。多源数据或信息包括: 不同的传感器数据, 地学属性数据, 专家知识等。多源信息的复合处理, 已成为目前应用部门处理遥感数据时必要的一环。

2.1 不同传感器信息的复合

传感器类型多种多样, 工作谱段日新月异, 但接收的都是地物辐射信息, 不同的数据源反映了各自的光谱辐射模型, 所以它们之间可以用简单的四则运算来进行复合^[17]。从目前常用的传感器来看主要有 Landsat-MSS、Landsat-TM、SPOT、气象卫星(如 NOAA-AVHRR)、雷达(如 JERS、ERS)以及航片等。这些数据之间有多种组合方式。如何选择适当的组合, 则根据研究对象来定, 这方面国内外已有不少试验^[18, 19]。不同传感器数据复合的主要问题是: (1) 选择什么样的数据源; (2) 某一数据源用于哪一波段; (3) 不同波段怎样复合。

2.2 遥感信息与地学信息的复合

由于地理信息系统的发展, 空间地学数据都可进入地理信息系统(GIS)。遥感信息与地学信息的复合即如何把遥感数据与地理信息系统复合。这是一个很大的研究课题, 因为目前还无法在图像处理中自动把非图像空间数据加入进去^[20]。遥感中应用 GIS 数据集, 通常都是人工建立模型, 设置各种参数, 力图在图像处理中更好地应用空间数据来提高分类精度, 增加遥感信息量。GIS 的作用主要有以下三方面: (1) 在分类前用于影像分区; (2)

作为一个数据层辅助分类; (3) 辅助进行分类后处理。GIS 数据中最常用的是地形信息, 包括坡度、坡向和高程等。在江汉平原水稻遥感估产中, 通过实地考察, 我们发现坡度 $> 35^\circ$ (的坡地极少种植水稻, 根据这一信息, 就可以把地形数据层中坡度 $> 35^\circ$ 的地区作为非水稻区而不予考虑。同时还发现, 在一些丘陵地区, 由于人多地少, 山坡地也普遍用于种植水稻(梯田耕作), 这种情况下, 35° (的坡度界线就不再适用。但丘陵梯田分布高度大都在 200m 以下, 所以还是可以利用高度信息来剔除非水稻像元, 提高影像处理速度和精度。

2.3 专家知识的应用

在传感器数据的基础上加上专家知识来辅助分类, 已有学者作过专门阐述^[21, 22], 而且已经有了应用模型^[17, 23, 24]。也有人把专家知识辅助分类模型称之为基于规则的分类模型 (Rule-Based Classification Models)^[25-27]。

专家知识辅助分类模型, 是模拟专家目视判读的经验, 把这些经验数字化, 建成推导模型, 实现遥感影像自动判读的目的。这方面已有一些比较成功的例子^[22, 29]。但这些试验的范围都比较小, 尽管有清晰的影像数据和详尽的实地背景信息作保证并可以实地采样验证。但如何在大范围复杂背景下建立一个自动分类专家系统并进行精度评价, 以及专家知识的采集、贮存和更新, 尚需进一步研究。

用屏幕数字化的方法来修改分类错误是遥感影像处理与专家知识的一种比较方便的结合。专家根据自己的经验, 用类似目视判读的办法在屏幕上作数字化修改影像处理错误。这种方法简单易行, 便于推广, 已应用于土地利用分类、分类错误修改以及影像取舍等方面^{[30]①}。

3 一些新型分类器

传统的遥感统计分类方法主要依赖地物的光谱反射特征, 基于单个像元进行操作^[22], 比如监督分类方法和非监督分类方法。这些方法又归入低层次方法 (low-level approaches) 之列。进入八、九十年代, 随着遥感技术、计算机技术的发展, 涌现了许多新的分类方法, 主要发展趋势如下。

3.1 充分利用遥感资料的多时相特性进行复合处理

充分利用卫星遥感资料的多时相特性, 进行复合增强处理, 以提高目视判读效果和自动分类精度, 已成为一种较为常用的遥感分类方法^[2]。从多时相数据中还可以研究土地利用的变化。如 Fuller et al.^[31] 在对英国进行土地利用制图时, 运用了冬夏两个时相的数据和最大似然法分类, 提高了分类精度。Herman^[32] 搜集了 1969、1974、1978、1981 和 1986 共五年的彩红外航片 (CIR) 来分析研究区的植被密度和盖度减小的情况。Lambin^[33] 用了 NOAA-9 和 NOAA-11 的资料, 先对这两个不同传感器的数据进行对比校正, 然后从不同年份的 NOAA 影像上比较植被指数、地表温度、空间结构等的变化。

3.2 遥感图像空间结构特征的利用

遥感图像的空间结构 (spatial structure) 是遥感图像处理 and 模式识别的主要特征之一。特别是在地质、地貌和岩性识别方面, 图像空间结构起着重要作用, 它有助于提高分类精

① 吴炳方. 1994. 水稻种植面积估计的运行化遥感方法 (待发).

度, 帮助从遥感图像上抽取各种信息。空间结构分析的处理方法有邻域分析 (Neighbour Analysis)、纹理分析 (Texture Analysis)、线性特征提取 (Linear Feature Extraction) 等。如 Harris^[34] 利用像元空间特征识别荒漠地区的城市, 王为民^[36] 用空间能量法提取纹理, 研究土地沙漠化信息。要真正有效的利用遥感图像的空间特征, 还必须模拟目视判读过程, 把判读人员的经验加入到影像分类过程中, 建立基于知识的纹理和线性特征识别以及邻域分析方法^[22]。

3.3 GIS 支持下的遥感分类方法

在遥感分类中, 越来越多的引入地理信息系统 (GIS) 的支持。地理信息系统辅助信息可以在遥感影像分类和影像空间操作中发挥作用, 具体有以下几个方面:

3.3.1 GIS 数据用于影像分区 运用 GIS 的支持可把遥感影像按地形、物候、地质以及气候特点分成几个区, 然后各区按专题制图的需要分别进行处理。如 Loveland^[36] 在用 NOAA-AVHRR 影像进行美国土地利用分类时, 先从 GIS 数据库中调用气候、植被、环境数据把全国范围内的影像分成几个小区域, 然后再对小区域影像进行非监督分类, 最后得到全国范围内的土地利用分类图。

3.3.2 GIS 数据与遥感影像数据的布尔运算 卫星遥感数据作为一个 GIS 专题层, 与其它 GIS 数据层进行布尔运算。在 GIS 的支持下, 可以修改影像土地覆盖分类的结果, 自动剔除误分像元^[37]。

3.3.3 专家系统分类方法 专家系统分类方法是把 GIS 提供的辅助信息以上下文规则的形式融入遥感分类中, 而不仅仅是简单的布尔运算。

运用 GIS 辅助分类必须注意误差的传递与扩散问题。遥感数据本身有空间位置误差, 分类过程中又会产生类型误差。GIS 数据中的位置和类型误差也在所难免。当 GIS 数据和遥感影像进行复合分类时, 各种误差就会导入分类结果中。如果对分类结果精度要求较高, 则需考虑误差的传播过程并采取措施减小误差。

3.4 模糊分类方法

本文把模糊分类方法 (Fuzzy Classification Method) 列入单独的一项, 是因为模糊分类的数学原理与传统的统计分类方法有很大区别。即每一个像元中可以混有所有的类别, 只是隶属度不同而已^[38,39]。Wang^[40] 给出了有关使用模糊方法进行遥感图像分类的详细步骤。模糊分类的关键在于从模糊训练集中估算模糊参数即确定混合像元中各类别的隶属度。隶属度越准确, 统计参数越精确, 分类精度也就越高。与模糊分类方法相对应, 也就有了模糊精度评价方法^[41]。运用模糊集更能提高精度评价的功能和对图像错误的理解。

运用模糊分类方法, 必须先确定训练像元中各类别的隶属度, 这一过程比较复杂, 也影响了该方法的推广应用。

3.5 人工神经网络分类方法

人工神经网络 (ANN) 分类方法是近年探讨最多的分类方法。人工神经网络分类方法在分类时综合考虑了地物的光学特性、空间特性和时相特性^[42,43]。人工神经网络在图像处理领域主要用于图像增强、模式识别、图像分类等。其中在卫星图像分类方面, 与传统方法相比, 第一, 它不需要任何关于统计分布的先验知识^[44], 因此, ANN 用于遥感影像分类时不必考虑像元统计分布特征; 第二, 它不需要预定义分类中各个数据源的先验权值, 这意味着 ANN 可以用于多源遥感数据分类。一些商用软件 (如 PCI) 已开发了人工神经网络

分类模块。

神经网络分类方法本身也还存在一些问题,如训练速度较慢,中间层的结点不易确定等。此外,目前神经网络分类方法所需的硬件条件即并行处理计算和软件条件即神经网络计算机语言还未得到满足,因而目前只是在一定区域应用该方法,尚未见大面积推广应用。

4 分类误差与精度分析

4.1 误差的产生与表达

遥感图像处理结果与地理实况之间总会存在一些误差,在作精度评价时,也必须明确一些误差并不仅仅由于分类错误而引起,还必须考虑以下因素^[45]:(1)参考数据与遥感分类图的配准误差;(2)数字化时参考点的错误;(3)建立精度评价数据库时的数据录入错误;(4)图像目视判读的错误;(5)遥感卫星过境后土地利用发生变化,致使野外工作时实地数据与影像数据不匹配;(6)同一地区由于植被多样性,不同判读人员会有不同结果;(7)遥感图像分类错误;(8)遥感图像制图误差。

真正由于图像分类造成的误差是上述第(7)点。误差(或精度)的表达,通常有三种方式^[46]:1)总体精度(Overall accuracy),2)用户精度和生产者精度(User and producer accuracy),3)分类精度(Classification accuracy)。

4.2 分类精度的表达方式

为了直观、准确、生动的表达分类精度,研究人员设计了许多新颖的方法。现举三例:Fisher^[46]提出一种误差动态表达方法(error animation)。这种方法基于模糊分类器,就某一像元来说,它可以以不同的隶属度属于不同的类别。在最后屏幕显示分类结果时,这个像元需要显示其所属的各种类别,各类别的显示时间与对应的隶属度成正比。这样一来,一个像元属于某类的隶属度越大,这类的显示时间就越长,时间越长,这一类别在屏幕上就显得越稳定。这种误差表达方法,其优点是可以同时显示某像元点所属的主要类别和非主要类别。值得考虑的是人们对这种显示方法的接受、理解程度。

另一种比较直接了当的方法是:把分类精度作为纵轴,在原先的二维分类图上,增加一个精度轴。我们认为纵轴(精度轴)可以这样设计:原点为100%,最高点为0%。精度最高的在原点,纵向上越往上精度越低。这样,哪些地方精度高,哪些地方误差大,就能很明显的看出来。

第三种方法源于模糊分类方法。模糊分类方法认为每一像元点有可能包含所有类 C_i ,只是隶属度不同而已。那么针对某一类别,如果以它在各个像元中的隶属度为变量作图,就可以得到这类的分布图。隶属度的大小如果用灰阶来表示,那么最亮的地方,隶属度最高,类 C_i 在这一区域的分类精度也应最高。

4.3 分类精度的提高

如何提高影像分类的精度,前人在这方面作了大量的工作。其方法是分别针对上述的八种误差类型设计的,从原始数据的收集到影像判读,每一步都精益求精,以提高每一个细节的精度。

4.3.1 样方设计 地面样点的布局,非常讲究。Congalton^[47]详细比较了常用的五种采样方法,分析它们在精度评价中的效果。结果表明,如果样区大小足够,简单随机采样总

能得到关于种群参数的足够估计。Stehman^[48]进一步分析对比了系统设计 (Systematic Design) 方法采样与随机采样 (Random Sampling) 的优点与不足, 指出要依研究目标来定样本设计方案。

4.3.2 坐标转换时残差的处理 坐标转换的精度关系到地面参考数据与遥感影像分类图的配准问题。用地面控制点 (GCPs) 进行坐标转换是最常用的方法。计算坐标转换的残差有两种优化方法^[49,50]。第一种方法是用复杂的多项式变换如用 Lagrange 正交多项式代替常用的一般多项式, 来解决由于控制点点位分布不合理造成转换中出现的奇异现象。另一种方法是用样条函数 (或称有限元方法), 根据已选定的控制点, 把整个图像分成若干个三角形, 对每一个三角形建立一个插值分式, 同一个三角形内的像元就用同一个插值分式, 不同的三角形其插值公式可以不同。

4.3.3 新型分类器 遥感地学应用要取得本质上的进展, 关键在于分类器技术上的突破。在试验室里, 目前也已有许多新的分类算法。另外, 许多学者探讨把遥感技术与地理信息系统结合起来提高地学应用效果。

4.3.4 其它方法 一些小的技巧可以在某些特定时间、地点, 某具体类别中起到提高精度的作用。这些方法的稳定性如何, 能否在大面积推广应用, 还待进一步研究。

李旭文^[51]试验了主成分变换和彩色变换在 TM 图像信息提取中的应用。作者对 TM 3, 4, 5 经过彩色变换后计算 IHS 成分, 然后根据 H 成分直方图上各类典型地物的分布得到良好的区分。也有学者对分类算法作一些修改, 力求得到更好的效果^[52]。

郭树旭^[53]提出了一种新的滤波算法, 该算法去白噪声能力优于中值滤波, 而又能完全保护图像边缘。刘建波^[54]提出跟踪统计法来进行图斑综合, 经过综合的图斑有利于计算机处理和遥感专题制图。

Wharton^[55]的试验考查了窗口的大小对图像分类的影响。赵元洪^[56]也做了类似的工作。结果表明, 当窗口由小变大时, 分类精度逐渐提高, 并在一定大小的窗口达到最佳分类。当窗口进一步增大时, 分类精度反而缩小 (这里的窗口是指计算频数矢量的窗口)。

参 考 文 献

- 1 陈述彭. 遥感大词典. 北京 科学出版社, 1990
- 2 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析. 测绘出版社, 1990
- 3 Chavez P S, Berlia G L, and Sasers L B. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. Journal of Applied Photographic Engineering, 1982, 8: 23 ~ 30
- 4 Chavez P S, Guptill S C and Bawell J A. Image Processing Techniques for Thematic Mapper Data, Technical Papers. 50th Annual meeting of the American Society of Photogrammetry, 1984, 2: 728 ~ 742
- 5 朱启疆等. 遥感图像中森林植被信息级及其彩色显示优化子集选取方法试验研究. 北京 科学出版社, 1988
- 6 陆灯盛等. TM 图像的信息量分析及特征信息提取的研究. 环境遥感, 1991, 6(4)
- 7 戴昌达, 雷莉萍. TM 图像的光谱信息量特征与最佳波段组合. 环境遥感, 1989, 4(4): 282 ~ 292
- 8 王延硕. 利用 TM 资料对里下河地区的湖泊和滩地进行调查的几个技术问题. 环境遥感, 1988, 3(3)
- 9 张昭贵. 彩色合成选择法及其在黄河入海口研究中的应用. 环境遥感, 1992, 7(3)
- 10 Dwivedi R S and Rao D R. The Selection of the Best Possible Landsat TM Band Combination for Delineating Salt-affected Soils. International Journal of Remote Sensing, 1990, 13(11): 2051 ~ 2058
- 11 Larsson H. Linear Regression for Canopy Cover Estimation in Acacia Woodlands Using Landsat-TM-MSS and Spot

- HRV XS data. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, **14**(11): 2129 ~ 2136
- 12 Maniere R et al. Comparative Study of Contribution of Landsat-TM and SPOT-HRV Imagery for Inventorying Mediterranean Forests. *Photo-Interpretation*, 1990, 1990-5
- 13 Dogorne A et al. Use of Aerial and Satellite-based Remote Sensing in Multi-platform, Multi-date Mode to Study Vegetation Regeneration after Fire. *Photo-Interpretation*, 1990, 1990-5
- 14 Nery E et al. Tropical Vegetation Mapping with Combined Visible and SAR Spaceborne Data. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, **14**(11): 2165 ~ 2184
- 15 Andersson G L. Evaluating Landsat TM Derived Vegetation Indexes for Estimating Above Ground Biomass on Semi-arid Rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 1993, **45**: 165 ~ 176
- 16 王野乔. 遥感信息与地理数据的复合研究. *环境遥感*, 1989, **4**(1): 52 ~ 60
- 17 Lee T et al. Probabilistic and Evidential Approached for Multisource Data Analysis. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **25**(3): 283 ~ 292
- 18 章蕾等. SPOT 与 TM 的复合试验. *环境遥感*, 1989, **4**(2)
- 19 周成虎. 洪涝灾害遥感监测研究. *地理研究*, 1993, **12**(2): 63 ~ 68
- 20 Strahler A H et al. Incorporating Collateral Data in Landsat Classification and Modeling Procedures, *Proceedings of 14th International Symposium of Remote Sensing of Environment*, Environmental Research Institute Michigan, 1980. 1009 ~ 1026
- 21 Wharton S W. A Context-Based Land-Use Classification Algorithm for High-resolution Remotely Sensed Data. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 1988, **8**: 46 ~ 50
- 22 Argialis D P and Harlow C A. Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1990, **56**(6): 871 ~ 886
- 23 Kartikeyan B et al. An Expert System for Land Cover Classification. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 1995, **33**(1): 58 ~ 66
- 24 Skidmore A K. An Expert System Classifies Eucalyptus Forest Types Using Thematic Mapper Data and a Digital Terrain Model. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1989, **55**(10): 1449 ~ 1464
- 25 Bolstand P V. Rule-Based Classification Models: Flexible Integration of Satellite Imagery and Thematic Mapper Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1992, **58**(7): 965 ~ 971
- 26 Mehldau G and Schowengerdt R A. A C-Extension for Rule-based Image Classification System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1990, **56**(6): 887 ~ 892
- 27 McDenmott J. R1: A Rule-based Configurer of Computers. *Artificial Intelligence*, 1982, **19**: 39 ~ 88
- 28 Hutchinson C F. Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1982, **48**(1) : 123 ~ 130
- 29 匡霏等. 专家系统在 TM 图像分类中的应用环境遥感, 1986, **4**(4): 257 ~ 266
- 30 Cheng T D. Interactive Boundary Delineation of Agricultural Lands Using Graphics Workstation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1992, **58**(10): 1439 ~ 1443
- 31 Fuller R M et al. The Land Cover Map of Great Britain: An Automated Classification of Landsat Thematic Mapper Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1994, **60**(5): 553 ~ 562
- 32 Herman J D. A Temporal and Spatial Resolution Remote Sensing Study of A Michigan Superfund Site. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1994, **60**(8): 1007 ~ 1017
- 33 Lambin E F. Change-vector Analysis in Multitemporal Space: A Tool to Detect and Categorize Land-cover Change Processes Using High Temporal Resolution Satellite Data. *Remote Sensing of Environment*, 1994, **48**: 231 ~ 244
- 34 Harris R. Contextual Classification Post-processing of LANDSAT Data Using a Probabilistic Relaxation Model. *International Journal of Remote Sensing*, 1985, **6**(6): 847 ~ 866
- 35 王为民. 遥感图像沙漠化信息提取. 中科院遥感应用研究所编, 遥感科学新进展. 北京 科学出版社, 1995. 255 ~ 261
- 36 Loveland T R. Development of Land-cover Characteristics Database for the Conterminous U. S. *Photogrammetric*

- Engineering and Remote Sensing, 1991, **57**(11): 1453 ~ 1463
- 37 Hill J and Megier J. Regional Land Cover and Agricultural Area Statistics and Mapping in the Departement Ardeche, France, by use of Thematic Mapper Data. International Journal of Remote Sensing, 1988, **9**, 1573 ~ 1595
- 38 李矩章. Fuzzy 分级统计. 模糊数学, 1982, **2**(4)
- 39 李矩章. 现代地学数学模拟. 北京: 气象出版社, 1994. 13 ~ 18
- 40 Wang F. Fuzzy Supervised Classification of Remote Sensing Images. IEEE Transaction on Geoscience and Remote and Sensing, 1990, **28**(2): 194 ~ 201
- 41 Gopal S et al. Theory and Methods for Accuracy Assessment of Thematic Maps Using Fuzzy Sets. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, **60**(2): 181 ~ 188
- 42 Dreyer P. Classification of Land Cover Using Optimized Neural Nets on SPOT Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1993, **59**(5): 617 ~ 621
- 43 Civco D L. Artificial Neural Networks for Land-cover Classification and Mapping. International Journal of Geographical Information System, 1993, **7**(2): 173 ~ 186
- 44 Benediktsson J A et al. Neural Network Approaches versus Statistical Methods in Classification of Multisource Remote Sensing Data. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1990, **28**(7): 540 ~ 551
- 45 Congalton R G. A Practical Look at the Sources of Confusion in Error Matrix Generation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1993, **59**(5): 641 ~ 644
- 46 Fisher P F. Visualization of the Reliability in Classified Remotely Sensed Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, **60**(7): 905 ~ 910
- 47 Congalton R G. A Comparison of Sampling Used in Generating Error Matrices for Assessing the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1988, **54**(5): 593 ~ 600
- 48 Stehman S V. Comparison of Systematic and Random Sampling for Estimating the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1992, **58**(9): 1343 ~ 1350
- 49 王之卓. 摄影测量原理续编. 北京 测绘出版社, 1986
- 50 杨凯等. 资源遥感的方法与实践中的遥感影像的几何纠正及计算方法. 北京 科学出版社, 1986
- 51 李旭文. 主成分变换和彩色变换在 TM 图像信息提取中的应用——以苏州市为例. 环境遥感, 1992, **7**(4): 251 ~ 260
- 52 王杰生. 遥感图像应用处理中的一个分类新算法——模拟目视分辨法. 环境遥感, 1992, **7**(2): 125 ~ 130
- 53 郭树旭. 一种新的滤波算法. 环境遥感, 1991, **6**(4)
- 54 刘建波. 遥感图斑综合的跟踪统计法. 环境遥感, 1992, **7**(2)
- 55 Wharton S W. A Context-Based Land-Use Classification Algorithm for High-resolution Remotely Sensed Data. Journal of Applied Photographic Engineering, 1988, **8**: 46 ~ 50
- 56 赵元洪. 图像分类窗口的大小选择. 环境遥感, 1992, **7**(3)

作者简介

方红亮, 男, 1971年12月生。1989年毕业于华东师大地理系, 同年考入中科院地理所攻读硕士学位, 现为信息室博士生。主要从事遥感、GIS及其在农作物估产、湿地、可持续发展等应用研究。发表学术论文近10篇。

REMOTE SENSING TECHNIQUE APPLIED IN GEOSCIENCE ——A REVIEW OF ITS PRESENT DEVELOPMENT

Fang Hongliang Huang Xuan

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract

Remote sensing technique has been widely applied in geo-science fields. How to get the thematic information more vividly and precisely is the main focus of geo-scientists. The following four questions always emerge when scientists apply remote sensing technique in their research: 1) Multi-spectral data selection and combination; 2) Multi-source information integration; 3) New image classifiers and their usage; and 4) Thematic extraction accuracy. The purpose of this paper is to review the present development on how to apply remote sensing technique in geo-science fields based on the above four questions.

Methods on how to select the best bands for combination to get more useful information from remotely sensed data are surveyed by the author. The Optimum Index Factor (OIF) is more subjective and applicable compared with visual separability and experiences. In practice, the bands should be adjusted when time, location, and ground characteristics are changed.

Data from sources other than remotely sensed data are needed in order to suit the user's requirements. According to our own experiences, integrating data from diversified sources is indispensable in processing remotely sensed data. These multiple sources may include: data from remote sensors of different platform, geographical information, expert knowledge, etc.

Many new classifiers have appeared in addition to the traditional statistical classification methods. Spatial structure analysis, GIS assisted classification, fuzzy classification and accuracy assessment and neural network approaches in classification are such classifiers briefly analyzed in the paper.

Classification accuracy is the focal problem that users care about. Many work has been done on how to improve the classification accuracy such as taking suitable sampling method, using complicated registration equation, integrating GIS in classification and others. Accuracy expression is another question which needs further study.

Key words remote sensing technique, development, review