

微机大面积水稻遥感信息提取研究*

高 峰

(中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008)

摘 要 本文探讨了大面积遥感图像的区划问题,提出了专题信息提取的最佳波段组合选择方法,实现了基于地理信息系统的遥感图像的分类,同时针对微机遥感图像处理的特点设计了一系列高效处理算法,并在无锡县水稻专题信息提取中得到了应用检验。

关键词 遥感,图像处理,地理信息系统,微机应用

1 问题的提出

水稻是我国主要粮食作物之一。其产量的丰欠,对全国粮食总产量,国民经济的发展,对外进出口贸易,以及人民生活社会安定均有十分重要的影响。由于水稻在生长期内受多种自然灾害及人为因素的影响,在种植面积和产量上经常出现波动现象,加上全国实行联产责任制以后,用常规的方法难以精确统计水稻产量,而遥感技术的发展为水稻估产提供了可能性,使得我们可以利用遥感信息较为精确地提取出大面积的水稻分布及水稻种植面积^[1]。

近年来,微机的性能价格比不断提高,利用微机进行遥感图像处理也是目前国内外遥感研究的方向之一。在微机上提取大面积水稻遥感信息会受到微机内外存容量及运行速度的限制,能否突破这些限制直接关系到攻关项目的成败以及遥感技术的进一步普及、推广、实用。

2 遥感背景区划及试验区选定

遥感以其在大面积范围内所发挥的作用而著称,而另一面遥感应用模型往往仅限于局部范围,对于复杂环境条件下的目标及其影像特征的多变性尚缺乏足够的理解^[2],这种矛盾使得遥感技术在从实验阶段到生产阶段的转化中遇到了很大的障碍。目视解译专家可以凭他们丰富的地学知识及对本地区的了解有意识或无意识地更换其应用模型,而目前利用计算机进行图像处理工作还难以实现这种对人类专家知识的真正模拟,所以在现阶段的遥感应用中一种切实可行的方法是将两者进行有机结合,从而得出更为客观、精确的结果。

本文以无锡县作为试点,选择了1991年7月23日的TM磁带数据作为遥感信息源,图版I图1所示为无锡县TM图像假彩色合成图,对遥感图像进行初步解译,可以看

* 本文得到了浙江大学赵元洪教授和中国科学院南京地理与湖泊研究所赵锐研究员的指导。

收稿日期:1993年4月16日,收到修改稿日期:1993年10月15日

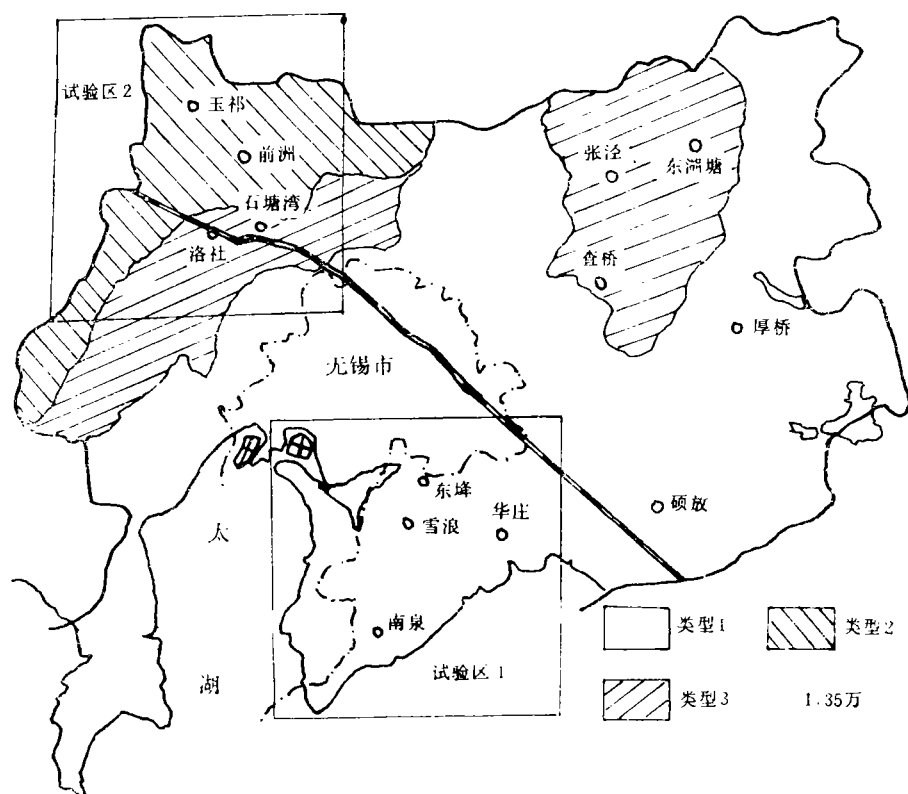


图 2 无锡县遥感背景区划及试验区位置图

Fig. 2 Map of remote sensed background regionalization and test area position of Wuxi county

出该区有两个明显特征:(1)西北角部分有薄云覆盖;(2)受 1991 年特大水灾的影响,洪水未退。要在全区精确提取水稻遥感信息,首先必须对该区进行遥感背景区划工作,分区建立各自的应用模型。

利用目视解译划定的遥感区划图,再结合土壤类型图及行政乡界图,分析得到一幅综合的无锡县遥感区划图(图 2)。图中类型 1 位于无锡县东南,这些乡镇的土壤类型主要为水网平原的黄泥土或是山地丘陵的黄棕壤。从遥感图像上看,该区少云少灾,各种地物分辨清晰,易于识别,水稻田分布呈现条块状。类型 2 主要分布于无锡县西北前洲乡附近,其土壤类型主要为低洼圩田平原的乌山土,该区水稻田分布成块成片,面积较大,从遥感图像上看,有薄云覆盖,且受水灾影响较大,图像不太清晰,地物不易识别。类型 3 主要分布于洛社及东湖塘附近,其土壤类型主要是水网平原的鳝血白土,从图像上看,该区水稻田色调较淡,水稻田块较小且分布杂碎,较易识别。

根据遥感背景区划图,这里确定了两个试验区,如图 2 所示,试验区 1 包括了东峰、雪浪、南泉、华庄 4 个乡,代表遥感区划类型 1;试验区 2 包括了前洲、玉祁、石塘湾、洛社 4 个乡,代表了遥感区划类型 2 和 3。

3 最佳波段组合分析

遥感分析的最佳波段组合没有定式,它应视具体的应用地区、特殊时相、不同的波段范围、各自的应用目的而定。在本次应用中提出了多维亮度重叠指数 (MBVOI) 的方法,用于决定遥感专题信息提取的最佳波段组合。它考虑了具体的地物样本及应用目的,对某一种波段组合其 MBVOI 算法如下:

(1) 计算地物样本在各波段的极值、均值、方差。

(2) 根据极值或均值正负方差的范围确定特定地物与其它地物在该波段组合中交叠构成的多面体范围。

(3) 统计属于各交叠多面体的各地物重叠像元总数,并求其和。

(4) 统计特定地物本身构成的多面体范围内的特定地物像元总数,称为基数。

(5) 将(3)的结果除以(4)的基数,即得到该波段组合的 MBVOI 值。

多维亮度重叠指数越小,说明这种波段组合内各类与该特定地物混淆的可能性越小,波段组合也就越佳。反之,MBVOI 值越大,则波段组合越差。当 MBVOI 值相等时,基数较大的波段组合效果较好。

由于 MBVOI 值是建立在训练样本之上并针对特定地物信息提取而设计的,因此可以较好地适应不同地区、不同应用目的的需要,此外 MBVOI 将波段组合作为整体考虑,其中也就包含了各波段间的相关信息。所以,MBVOI 可以作为特定地物信息提取中最佳波段组合选择的主要指标。

将 MBVOI 应用于试验区 1 及试验区 2,选择出的适用于该两区的最佳波段组合分别是 TM1,4,5 及 TM3,4,5。对试验区 1 的多种波段组合进行了分类试验,并将各波段组合的水稻分类精度及其多维亮度重叠指数列入表 1,由表可见,多维亮度重叠指数可较好地用于专题信息提取中的波段组合选择。

表 1 多种波段组合的分类精度与 MBVOI

Table 1 Classification accuracy and MBVOI of several bands combinations

波段组合	平均精度(%)	水稻精度(%)	亮度重叠指数	基数
1、4、5	85.3	88.7	0.64	42 778
1、2、3、4、5	87.3	85.0	0.66	25 198
1、4、7	84.6	84.0	0.80	12 236
1、5、7	83.2	85.7	0.82	11 530
1、2、3、4、5、7	82.9	84.7	0.84	5 639
3、4、5	85.0	84.3	1.00	31 665
4、5、7	83.8	83.3	1.00	30 973
2、3、4	80.7	68.3	1.00	12 193
3、4、7	83.0	67.7	1.00	7 709
1、2、3	71.7	68.7	1.56	40 678

4 基于地理信息系统的遥感专题信息提取

只有充分利用地面背景知识及专业知识, 遥感才有可能更为客观地反映地面实际情况。为提高水稻专题信息提取精度, 这里引入了地形图、土壤类型图、土地利用现状图作为先验概率因子, 并采用贝叶斯判断准则进行了先验贝叶斯分类, 从而提高了分类结果精度。经严格配准后的专题图, 其栅格中的每一个单元都一一对应地决定了应相遥感图像上对应像元的先验概率, 其概率值根据专家经验知识而设计。如该区高程值在 20m 以上的水稻田极少, 其先验概率可设计为 0.01。水稻必须生长在水稻土上, 其它类型的土壤, 因考虑到人为误差, 可设水稻在其上生长的先验概率为 0.01, 而水稻分布于水稻土上的先验概率可由统计数据确定, 或由小试验区的分析结果确定。当先验概率由 n 种专题图所决定时,

$$P_i = \prod_{j=1}^n p_{ij}, P_i \text{ 为该像元各种地物类型分布的先验概率, } p_{ij} \text{ 为该像元第 } i \text{ 种专题图各地物类型分布的先验概率。}$$

由于先验概率的加入, 使得分类判决界限移动, 从而达到减少总错误的目的, 特别对于相近的地类, 先验概率有很大的影响^[3]。

在分类过程中由于利用了地理信息系统中的背景数据知识(高程、土壤类型及土地利用现状)以及专家经验(先验概率), 因此可获得较高的分类精度, 图版 I 图 3 是试验区 1 按此方法分类得出的结果图, 经检验分析该图的水稻分类精度达到了 91%, 全图平均精度达 87.2%, 比仅利用光谱信息的线性贝叶斯分类方法的精度分别提高了 2.7% 和 2.5%。图中 1 为水体; 2 为滩涂渠等水与陆地的混合像元; 3 为城镇工矿居民点; 4 为树林; 5 为水稻; 6 为旱地植被; 7 为其它; 8 是乡界线

5 大面积遥感图像的微机处理技巧

利用微机进行大面积遥感图像处理会受到微机内外存容量以及运行速度的限制, 因此对于微机遥感软件开发而言, 其任务就是要设计一些高效可靠的算法, 以适应大数据量图像处理的需要。研究中设计了一系列的高效微机遥感图像处理软件, 这里仅重点介绍快速重采样技术和快速贝叶斯分类算法的实现。

5.1 快速重采样

重采样是几何配准中较为费时的一个处理部分, 在微机上处理时, 由于微机内存较小, 大数据量的图像不可能一次性地在内存中处理完成, 因此一般的设计方法是直接对文件进行定位操作, 虽然每个像元的运算量很小, 但由于使用了频繁的文件指针定位移动操作, 运行速度明显减慢。这里提出了一种折衷的方法, 将内存操作和文件指针定位操作相结合, 充分利用微机的内存空间, 减少文件指针定位操作次数, 从而大大提高了大区域图像重采样的速度。

图 4 中细线框表示待校正图像, 粗线框为校正后的图像, a_i 为校正图像每次定位校

正的行数, b_r 为原始图像上完成这一块校正图像需读取的图像行数, a_c 为校正后图像的列数, b_c 为每块校正图需在原始图像上读取的列数。

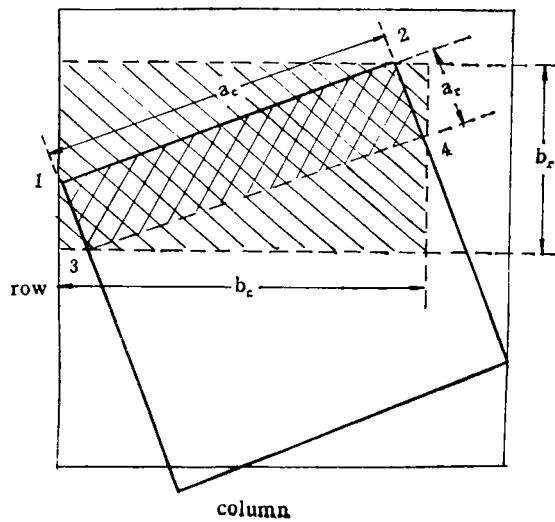


图 4 快速重采样示意图

Fig. 4 The sketch of rapid resample

设 $fx(i, j)$ 为行校正方程, $fy(i, j)$ 为列校正方程, 则每次读入内存中的图像范围可以这样确定:

$$\begin{aligned} \text{top} &= \min(\text{FX}) & \text{bottom} &= \max(\text{FX}) \\ \text{left} &= \min(\text{FY}) & \text{right} &= \max(\text{FY}) \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned} \text{FX} &= \{fx(i_1, j_1), fx(i_2, j_2), fx(i_3, j_3), fx(i_4, j_4)\} \\ \text{FY} &= \{fy(i_1, j_1), fy(i_2, j_2), fy(i_3, j_3), fy(i_4, j_4)\} \end{aligned}$$

若 $\text{top} < 0$ 则 $\text{top} = 0$ 若 $\text{bottom} > \text{row}$ 则 $\text{bottom} = \text{row}$

若 $\text{left} < 0$ 则 $\text{left} = 0$ 若 $\text{right} > \text{column}$ 则 $\text{right} = \text{column}$

每次读取图像的行列数为:

$$\begin{aligned} b_r &= \text{bottom} - \text{top} + 1 \\ b_c &= \text{right} - \text{left} + 1 \end{aligned}$$

其中 $(i_1, j_1), (i_2, j_2), (i_3, j_3), (i_4, j_4)$ 分别为校正后图像的左上(1), 右上(2), 左下(3), 右下(4) 4 个点行列坐标位置, 它们之间有如下的对应关系:

$$\begin{aligned} i_1 &= i_2 & i_3 &= i_4 = i_1 + a_r - 1 \\ j_1 &= j_3 & j_2 &= j_4 = j_1 + a_c - 1 \end{aligned}$$

初始 a_r, a_c 的大小及初始校正位置 (i_1, j_1) 由用户确定, 程序为用户动态分配微机所能使用的最大内存空间, 并可自动调节 a_r 大小, 以满足运行需要, 当待校正图像太大或是歪斜十分严重时, 可对原图按列分块校正, 待分块校正完成后, 再按列拼接。表 2 是几种重采样方法运行时间的一个比较, 一般一景图像 (40MB) 在 IBM PC 386/33 微机

重采样时间在 1 个半小时左右,要比用指针定位操作的方法速度快 20 多倍。

表 2 几种方法重采样速度比较

Table 2 The comparison of speed of several resample methods

原图大小	700×700	1360×1740	1360×1740	1360×1740	1600×2200
校正后图像大小	560×560	326×546	680×1138	723×925	1360×1740
一次数组读入(秒)	28	/	/	/	/
指针+数组(秒)	35	17	50	46	220
文件指针定位(秒)	96	195	1800	1440	5220
时间比 (指针/指针+数组)	2.7	11.5	36	31.3	25

5.2 快速贝叶斯分类

贝叶斯分类效果较好,但其运算量大,在大面积微机遥感图像处理中难以实用,为提高其运算效率,这里提出了采用三维动态查表法辅助的贝叶斯分类,此方法使得运行时间缩短了十几倍。

这种查表技术使用的基本依据有两条:第一遥感图像的信息只有三维或更少;第二各波段遥感数据分布也相对较为集中^[4]。因此在分类中我们可以首先对那些灰度频率出现较高的像元进行分类并将分类结果保存在内存中,建立起对应的查找表,当分类像元的灰度值落在建表区域之内时,采用查表分类,而当该像元落在区域范围以外时,则采用一般的计算分类,使用这种查表法分类,可以省去大部分像元的重复计算时间,因而使分类速度得到明显提高。这种分步进行的查表法分类的缺点是,当试验区样本改变时,查找表每次都要重新生成,既浪费时间又不方便,对此可进一步改进为在分类过程中边计算边生成查找表,在分类的同时又利用已建立的查找表,这样就减少了专门用于生成查找表的时间。表 3 所示是一般贝叶斯分类与查表法贝叶斯分类在 386/33 微机上的运行时间比较。在采用了三维动态查表技术后,贝叶斯分类的运行速度提高了十几倍,但分类结果完全一致。

表 3 查表法贝叶斯分类与一般贝叶斯分类运行时间比较

Table 3 The comparison of running time between look-up table bayes classification and normal bayes classification

图像大小	560×560	1360×1740	1600×2200
一般方法运行时间 (秒)	480	4200	6250
查表法运行时间 (秒)	32	360	450

分类中查找表的范围需要根据微机内存大小而定,由程序实行动态分配。

5.3 无锡县微机遥感水稻信息提取实例

待选取的两个试验区分类结果满意后,分别对各自代表的遥感区划类型进行分类并综合成图,图版 I 图 5 为经过分类后处理的无锡县水稻遥感分布图。经抽样检验全图水稻

精度达 90% 以上,将遥感分类结果按乡统计水稻分布面积,与 1991 年无锡县各乡上报的水稻种植面积直接相比,绝对值平均误差为 6.3%,总面积误差-0.3%。造成遥感水稻面积较小的原因主要是受到了水灾的影响,有部分水稻田被水淹没而被误判为滩淹地,故实际结果应该大一些。

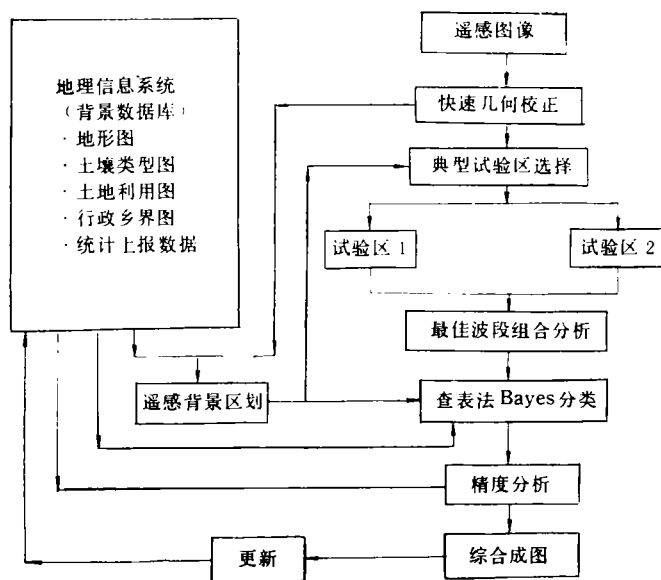


图 6 无锡县水稻专题信息提取工作流程图

Fig. 6 The flow map of rice remote sensed information extraction of Wuxi county

最后将无锡县遥感水稻信息提取的整个工作流程以图 6 综合表示,这可作为大面积范围微机遥感图像专题信息提取的一个参考范例。

6 结论及进一步研究方向

(1) 在目前遥感技术水平下,利用人工目视解译图像仍然是十分重要的,只有将计算机图像处理技术与目视解释相结合,遥感才有可能发挥出更大的作用。本文在遥感图像和背景专题图的基础上综合解译完成了遥感背景区划,并建立了多种应用模型,实际应用表明这种区划不仅十分必要也是切实可行的。遥感技术要在大面积范围内充分发挥其应有的作用,就必须加强遥感背景区划问题的研究。

(2) 在专题信息提取中应用多维亮度重叠指数选择最佳波段组合,具有针对性,应用效果较好,因其利用了典型地物样本来选择,可以说是一种“监督”波段组合选择的方法。

(3) 遥感与地理信息系统是相辅相成的,遥感要提高其应用精度有赖于地理信息系统的支持。本文将地面背景知识结合专家经验作为先验概率知识加入到贝叶斯分类中,使得分类结果精度得到明显改善,这是一种较为简单而实用的分类方法。但其中的背景知识未能得到充分利用,要使已有的各种信息和专家知识得到充分合理的利用,必须加强遥

感图像分类专家系统的研制并使其实用化。

(4) 利用微机进行大面积遥感图像处理所面临的最大问题就是微机内外存容量及运行速度的限制。文中所介绍的快速重采样方法和查表法贝叶斯分类, 均充分利用了微机内存空间, 减少了频繁的文件指针定位操作和重复性计算, 比一般处理方法在相同条件下快约二十多倍和十多倍, 大大提高了遥感图像处理的速度, 对于遥感应用的普及推广具有十分现实的意义。

参 考 文 献

- [1] 阎守邕等。中国遥感技术系统的软科学研究。北京: 中国科学技术出版社, 1990。
- [2] 陈述彭、赵英时。遥感地学分析。北京: 测绘出版社, 1990, 1—10。
- [3] R. A. Schowengerdt 著(李德熊译)。遥感图像处理 and 分类技术。北京: 科学出版社, 1991, 32—60。
- [4] Paul V. Bolsted etc. Rapid maximum likelihood classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1990, 57(1)。

EXTRACTING RICE INFORMATION IN LARGE AREA FROM REMOTE SENSED IMAGE BASED ON MICROCOMPUTER

Gao Feng

(Nanjing Institute of Geography & Liminology, Chinese Academy of Sciences)

Abstract This paper investigated the regionalization problem of remote sensed image and generated the regionalization map using remote sensed image and other thematic maps such as soil type and landuse etc. The paper also introduced the multi-dimension bright value overlap index to select the best bands compose, and fulfilled the remote sensed image classification on the base of geographic information system. Finally, a rapid resample program and a fast Bayes classifier were provided, both methods used the computer base memory as large as possible, so they were much fast than usual methods. All methods above were examined in the rice information extraction in Wuxi county, Jiangsu Province.

Key words geographic information system, microcomputer application, remote sensing, image processing