

多源信息复合的遥感影像水稻田信息提取方法研究

周义^{①,②}, 阮仁宗^①

(^①河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210098;

^②河海大学水文水资源学院地理信息科学系, 南京 210098)

摘要:水稻是中国最主要的粮食作物之一。如何更精确更真实的获取水稻种植信息对于中国农业的可持续发展具有重要的意义。以江苏南京江宁为试验区, 融合遥感影像的光谱信息、纹理信息、空间分布特征等辅助性信息进行基于知识规则的水稻田信息提取, 并将提取结果与传统的非监督分类和逻辑通道法的提取结果进行了比较。研究表明, 基于知识规则的多源信息水稻田提取方法的精度最高。可见, 融合多源信息的基于知识规则分类法是提高遥感水稻田提取精度的有效方法。

关键词:信息融合; 灰度共生矩阵; 水稻田; 知识规则

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2009)103-0030-04

1 引言

水稻是世界主要粮食作物之一, 在许多国家都有种植, 水田面积占世界耕地面积的 15%, 其中中国是最大的水稻生产国之一^[1~4]。20 世纪 80 年代末至 90 年代初, 曾多次进行全球尺度的水田利用调查, 以获取水田种植和分布状况信息, 但这些研究中水田信息的获取较为粗糙, 水田信息的空间分辨率一般为 0.5°~5°的经纬度^[3,5]。区域尺度上, 亚洲的水田种植数据是 20 世纪 70 年代采用各国相关部门的统计数据得到的, 并编绘成 1:450 万比例尺的水田分布图; 目前最新的亚洲水稻种植分布图是 20 世纪 90 年代初通过统计数据得到的^[3,6]。

卫星遥感技术为水田监测提供了方便, 遥感影像由于时间分辨率高、覆盖范围大以及低成本的优势, 使得利用遥感影像进行农作物种植和长势监测以及遥感估产越来越受到重视^[3]。如何有效地利用卫星遥感数据进行多类别识别并提高专题信息提取的精度一直是遥感应用研究的前沿^[7~9]。然而众多研究表明, 单纯地改善分类算法难以达到生产实用的要求, 将多源辅助数据与卫星数据结合, 发展多维信息复合的方法可以大大提高分类的精度, 是提高遥感应用性的有效途径之一^[10]。本文将结合光谱信息与空间信息并附加辅助性数据的多源信息融合的知识规则法用于遥感影像水稻种植信息提取。

2 研究区概况及数据源

江宁位于长江三角洲沿江开发带, 距离南京市

7 km, 地理位置在 31°30'~32°00'N 与 118°30'~119°25'E 之间, 属东亚季风区亚热带湿润气候, 温度适宜, 四季分明, 雨量充沛, 年平均温度 15.5℃, 年平均降水量 1025 mm; 无霜期 214d。全区现辖 23 个乡镇, 土地总面积 1567 km², 海拔 10~208m, 属典型的江南低山丘陵区。土地利用类型以灌溉水田、旱地作物、林业用地及水域为主。东部秦淮河谷水源充足, 以大面积的灌溉水田为主; 西部以黄土丘陵为主, 主要种植旱作; 缓岗与河谷平原的交界处, 水田和旱地作物交错分布; 边缘的丘陵山地缓坡处为人工林、经济林和一些低矮的灌丛, 陡坡处被针阔混交林所覆盖^[11~13]。

所采用的数据为 1998 年 8 月 10 日的 SPOT-XI 影像和 SPOT-Pan 影像。为了更准确地提取信息, 还采用了其他相关辅助资料, 如 1999 年 1:100000 土地利用图, 1974 年 1:50000 地形图。

3 研究方法

3.1 数据的预处理

(1) 以 1:50000 地形图为基础, 分别选取道路交叉点、桥梁、河流的交叉或拐弯处等作为控制点, 采用二次多项式变换和最邻近像元重采样的方法对原始影像进行几何纠正和精配准, RMS 小于 0.5 个像元。纠正后 SPOT-XI 影像像元大小为 20m, 从中选取 1024×1024 像元大小的试验区。(2) 数字化 1:50000 地形图上的等高线, 等高距取 10m, 生成试验区 DEM(像元大小与 SPOT-XI 影像一致)。试验

收稿日期: 2008-06-30 修订日期: 2008-08-08

作者简介: 周义(1985~), 男, 安徽安庆人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为资源环境遥感。

E-mail: yizhougis@hhu.edu.cn

区 SPOT-XI(RGB4,3,1)合成影像与 DEM 的叠加如图 1 所示。

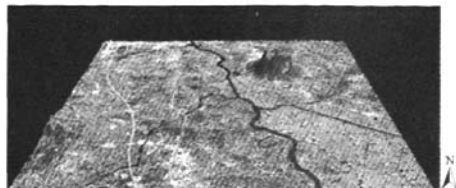


图 1 江宁试验区 SPOT-XI(RGB4,3,1)
合成影像与 DEM 的叠加

3.2 光谱响应特征分析

光谱响应特征是多光谱遥感影像地物识别最直接、最重要的解译元素。地表的各种地物由于物质组成和结构的不同而具有独特的波谱反射和辐射特性,在图像上反映为各类地物在各波段上灰度值的差异^[11]。

基于遥感的水稻田信息获取过程,主要是依据水稻田与其他地物的光谱特征甚至是物候差别提取出水稻信息^[3]。水稻信息提取最佳时相的选取,应是水稻种植区光谱信息与其他地物的区别最大时。由于水稻备耕期间的光谱极其特殊,因此,可利用水稻生长期间的水稻与其他地物光谱差异最大时期的遥感资料(孕育抽穗期),也可以是备耕时的遥感资料^[14]。水稻属于植物,光谱特征很容易与岩石、道路、水体区分开^[15]。

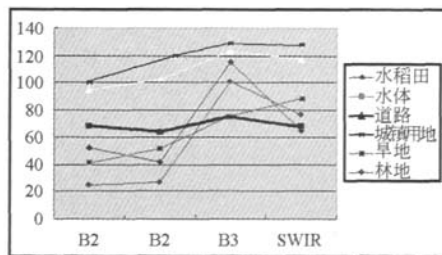


图 2 典型地物的波谱响应曲线

依据试验区的特点,根据目视判读,将试验区分分为水体、水稻田、林地、旱地、城镇用地和道路 6 种典型地物。对每一种地物选取一定的样本,测定各波段的光谱值,进行最大值、最小值、均值和均方差统计,根据这些统计值作出各地物的波谱响应曲线(见图 2)。从图中可以看出:(1)道路和城镇用地的光谱响应曲线的走势大体相似;(2)水稻田与林地的光谱响应曲线的走势大体相似,具有 $B3 > B2$ 且 $B3 > SWIR$ 的特点。这是因为植被在可见光区受植物叶子色素特别是叶绿素的影响,是光的强烈吸收区;在近红外区,主要受植物叶片组织构造的作用,强力反

射近红外辐射;在短波红外区主要受植物叶片内部所含水分控制。

3.3 空间纹理特征分析

由于地物间存在“同物异谱,异物同谱”现象,仅仅依据地物的光谱特征信息作为类别判别依据远远是不够的,在光谱信息中融入非光谱信息是一种提高类别判别行之有效的方法。

纹理是遥感影像的重要信息,它不仅反映了影像的灰度统计信息,而且反映了地物本身的结构特征和地物空间排列关系,是进行目视判读的重要标志之一^[11]。许多研究表明,原始影像光谱信息加上纹理信息对提高影像的解译精度起着较好的作用^[11]。

纹理特征是应用较多的一种非光谱特征^[16]。图像的灰度共生矩阵,作为纹理分析的特征量,反映了图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息,它是分析图像局部模式结构及其排列规则的基础;但往往不是直接应用计算的灰度共生矩阵,而是在灰度共生矩阵的基础上再提取纹理特征量(称为二次统计量)^[16~18]。基于灰度共生矩阵常用的二次统计纹理特征量有 Mean、Variance、Homogeneity、Contrast、Dissimilarity、Entropy、Second Moment (SM)、Correlation。

纹理特征是一种结构特征,即使使用不同波段的影像得到的纹理特征都是一样的^[16],因此可以任意选取某个波段(或经过主成分变换后的第一主成分)作为研究的波段。基于影像灰度共生矩阵的纹理特征提取一般由灰度图像提取、灰度级量化、计算特征值、纹理特征影像生成 4 部分组成。灰度级量化过程中,在尽量保持影像原形和不影响纹理特征提取的前提下大量消减影像灰度级的取值个数和影像分辨率,一般取 8 级或 16 级,以便减小共生矩阵的尺寸,避免长时间的影像识别^[16~17]。

通过对不同窗口大小和步长的比较和分析,最终选取了步长为 1、窗口大小为 5×5 的“滤波器”。同时发现,对试验区的地物来说,在 Mean、Variance、Entropy、Correlation 纹理统计值上均有一定程度的可分性(见图 3)。

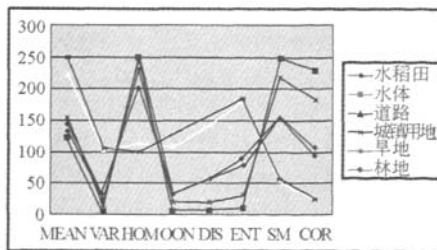


图 3 典型地物的纹理特征响应曲线

3.4 水稻田信息提取

水稻的生育期一般为 5~10 月,此间也是其他绿色植物生长的旺期:早稻为 4 月底~7 月底,其中 6 月 20 日前后抽穗;中稻为 5 月下旬~9 月上旬,约 8 月上中旬抽穗;晚稻在 7 月底移栽至 10 月底成熟,大致 9 月份抽穗^[19]。研究区所属宁镇丘陵稻区,是历史上江苏主要稻区之一,以中稻(种植期偏晚)为主^[15]。因此,我们选择了水稻种植面积的最佳时相(南方地区中稻为 8 月中旬^[19])——孕育抽穗期,以便更好区别与其他地物。

结合试验区特点并分析试验区影像,为了尽可能最大限度的、准确的提取水稻田信息,需要进行水稻田与林地、旱地、水体、道路和城镇用地的识别处理。

将基于灰度共生矩阵获取的空间纹理信息作为一种额外的波段信息融入到光谱信息中(逻辑通道法),增加了影像光谱空间的维数,并考虑对象的空间大小、形状等信息,使地物在某种程度、某种角度上的可分性有所增加,从而达到提高区别不同地物的功效。

由于水稻属于植物,导致林地和水稻田的光谱特征很相似,但依据研究区为低山丘陵区的特点,水稻田一般分布在海拔 100m 以下,且水稻的 NDVI 有异于林地,通过高程和 NDVI 阈值就可以剔除影像中林地和旱地等非水稻田像元。依据旱地作物和水稻的生理习性,选择对土壤湿度和植被水分含量较敏感的短波红外波段设计计算陆表水指数(LSWI)^[3,20],通过阈值就可剔除旱地像元。城镇用地、道路、水体与水稻田的光谱特征有着明显的差别,通过传统的影像分类即剔除该地类。依据以上多源信息挖掘所获取的知识提取水稻田信息的流程图如图 4:

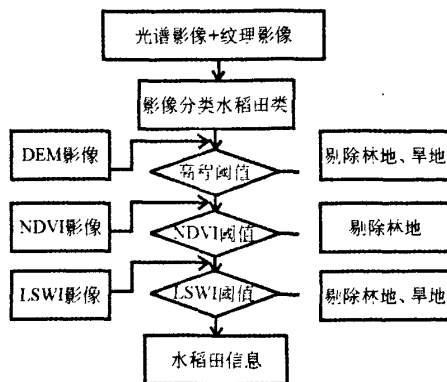


图 4 水稻信息提取技术流程图

4 结果与分析

在水稻田信息提取过程中,融合有助于提取水稻田信息的非光谱信息,提高了地物之间的可分性,避免单一依据光谱特性进行信息提取而导致的误分错判。试验区的水稻田空间分布如图 5 所示,在非监督分类中的伪水稻田信息(如右上角方山、左下角东善区的林地)在逻辑通道法、基于知识规则分类法中都有很好的剔除,但基于融合多源信息的知识规则分类法则考虑了更多地物区分度变量之间的关系(如陆表水指数(LSWI)使光谱特征上与水稻相似或相近的林地、旱地与水稻田的可分性最大),使其精度更高(如表 1 所示)。

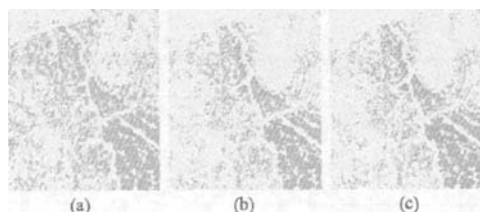


图 5 江宁试验区水稻田提取分布图

表 1 江宁试验区三种分类方法水稻田信息提取精度比较

分类方法	样本数	使用精度(%)	生产精度(%)	总精度(%)	Kappa 系数
非监督分类	512	85.94	76.92	80.08	0.6016
逻辑通道法	512	91.41	84.78	87.50	0.7500
基于知识规则分类	512	96.09	91.79	93.75	0.8750

在 3 种方法的水稻田信息提取过程中,非监督分类单纯的从地物的光谱特征出发,使与水稻田光谱特征有明显差别的水体、城镇用地、道路被很好的剔除,但由于林地、旱地作物、水稻同属于植物在特殊环境下呈现出光谱特征的相似性;逻辑通道法则在基于光谱特征分类的基础上考虑了地物的纹理特征,使在光谱特征上相似的地物在纹理特征空间上有所区分;基于知识规则的分类法则在逻辑通道法的基础上挖掘出有别于林地、旱地作物的知识规则,考虑了水稻的

垂直分布、LSWI 和 NDVI,通过采样设置阈值剔除混淆在水稻田类中的非水稻田像元。由此可见,在光谱信息中融合地物的纹理特征、空间特征等非光谱信息是改善和提高地物分类、信息提取的有效手段。

5 结束语

融合多源信息的基于知识规则的分类法有助于提高专题信息提取精度。但由于本文采用了单时相遥感影像进行水稻田信息提取,其提取精度受水稻

栽种类型复杂度的影响,水稻栽种类型越单一其提取精度、准确度就越高,以及了解译者经验、对研究区的了解程度等有关。为了避免单时相影像所带来的缺陷,采用时序遥感影像并结合各种水稻栽种类型的物候期将有助于精度的提高,为水稻遥感估产提供有力的依据,对国民经济建设有着重要的意义。

随着遥感科学技术的发展,遥感影像越来越向着高分辨率和高光谱的方向发展。在获取更加丰富的

光谱信息的同时,地物的结构、形状、纹理信息表现的更加清楚。在影像分类或信息提取过程中融入非光谱信息并从中挖出知识规则对地面景观研究有着很好的应用前景。另外,寻找、归纳或统计回归出高空间分辨率影像下的地物信息单元与中、低空间分辨率下地物信息单元间存在某种函数关系,从而依据这种函数关系在低空间分辨率下就可以获取较高空间分辨率下地物信息,有待进一步的研究与探索。

参考文献

- 1 IRRI Rice Almanac Rice[M]. Manila International Rice Research Institute, 1993.
- 2 Samad M, Merrey D, Vemillion D, et al. Irrigation management strategies for improving the performance of irrigated agriculture[J]. Outlook on Agriculture, 1992(21): 279~286.
- 3 张友水, 原立峰, 姚水慧. 多时相 MODIS 影像水田信息提取研究[J]. 遥感学报, 2007, 11(2): 282~288.
- 4 董彦芳, 孙国清, 庞勇. 基于 ENVISAT/ASAR 数据的水稻监测[J]. 中国科学 D 辑地球科学, 2005, 35(7): 682~689.
- 5 Matthews E, Fung I, Ierner J. Methane emission from rice cultivation geographic and seasonal distribution of cultivated areas and emissions[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1991(58): 201~207.
- 6 Xiao X M, Stephen Boles, Liu J Y, et al. Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images[J]. Remote Sensing of Environment, 2005(95): 480~492.
- 7 李爽, 丁圣彦, 许叔明. 遥感影像分类方法的研究[J]. 河南大学学报, 2002, 32(2): 72~74.
- 8 史培军, 官鹏, 李晓兵, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- 9 许榕峰, 许涵秋. 基于遥感的龙海市水田专题信息提取方法研究[J]. 国土资源遥感, 2003(4): 46~49.
- 10 李四海. 提高遥感数据分类应用性的有效途径[J]. 国土资源遥感, 1995(4): 1~4.
- 11 赵萍, 傅云飞, 郑国根, 等. 基于分类回归树分析的遥感影像土地利用/覆盖分类研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(6): 708~716.
- 12 冯学智, 王周龙, 王雷, 等. 江宁土地利用动态变化研究[J]. 江苏测绘, 1999, 22(4): 3~4.
- 13 王周龙, 冯学智, 张安定, 等. 基于空间分析的江宁土地利用变化特征的研究[J]. 农机化研究, 2007(7): 80~88.
- 14 黄敬峰, 王人潮, 将亨显, 等. 基于 GIS 的浙江省水稻遥感估产最佳时相选择[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 290~294.
- 15 赵锐, 汤君友, 何隆华. 江苏省水稻长势遥感监测与估产[J]. 国土资源遥感, 2002(3): 9~11.
- 16 冯建辉, 杨玉静. 基于灰度共生矩阵提取纹理特征图像的研究[J]. 北京测绘, 2007(3): 19~22.
- 17 王晗, 白雪冰, 王辉. 基于空间灰度共生矩阵木材纹理分类识别的研究[J]. 森林工程, 2007, 23(1): 32~36.
- 18 郭德军, 宋玺存. 基于灰度共生矩阵的纹理图像分类研究[J]. 林业机械与木工设备, 2007, 7(33): 21~23.
- 19 傅肃性. 遥感专题分析与地学图谱[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- 20 张友水, 谢元礼. MODIS 影像的 NDVI 和 LSWI 植被水分含量估算[J]. 地理科学, 2008, 28(1): 72~76.

Extraction of Rice Information by Combining Remote Sensing Imagery with Other Data

ZHOU Yi^{①,②}, RUAN Ren-zong^②

(^①State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,
Hohai University, Nanjing 210098;

^②Dept. of Geographic Information Science, The College of Hydrology and Water Resources,
Hohai University, Nanjing 210098)

Abstract: Rice is one of the most important crops in China. How to acquire rice information more accurately and more truly is significant to the sustainable development of agriculture in China. A case study on extracting rice of Jiangning study site in Nanjing city, Jiangsu Province is demonstrated in the paper under the context of the knowledge-based remote sensing image interpretation by integration of spectral and texture information, spatial distribution and other ancillary information. Compared with the traditional unsupervised classification and logical channel methods, the results show that the classification based on knowledge rules with the integration of multi-source information has achieved the highest accuracy. This indicates that the classification algorithm by integration of multi-source information based on the rules of knowledge is an effective means to improve the accuracy of extraction of rice from remote sensing images.

Keywords: information integration; gray-level co-occurrence matrix; rice; information extraction; knowledge rules