

文章编号: 1007-4619 (2004)06-0664-08

泰国水稻种植面积月变化的遥感监测

张峰, 吴炳方

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 介绍了光学和微波遥感影像相结合进行泰国水稻种植面积监测方法。泰国雨季雨量充足, 气温适合, 同一时间耕地上水稻的物候多样, 每月水稻种植面积都发生变化。利用旱季的 TM 影像, 获得耕地信息。同时利用 TM 影像覆盖的雷达区域进行非耕地去除, 进行非监督分类, 提取反映水稻种植不同生长期的雷达影像后向反射系数特征, 建立各种类型的分类模型, 采用监督分类的方法对全景雷达数据进行水稻种植情况调查, 并分别予以识别和统计, 反映研究区水稻月种植情况。分类结果通过类别检验和面积量算检验进行精度评价和分析。

关键词: 水稻; 雷达; 遥感; 泰国

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引言

水稻是仅次于小麦、玉米的世界第三大粮食作物。近年来, 随着消费者追求高质量和多样化食品结构, 世界稻谷需求量呈渐升趋势, 水稻遥感估产也日益引起国内外同行的兴趣。泰国是世界上著名的大米生产国、出口国和创汇国, 其出口量大约占世界水稻出口总量的 36%。中国几乎所有进口大米来自于泰国, 同时也是中国大米出口的竞争对手。

泰国水稻主要在雨季种植, 生长在温暖、潮湿、多雨的环境中, 大部分时间天气是阴雨连绵, 在这些地区很难获得适时的光学遥感数据, 显然, 通过光学遥感来进行水稻监测十分困难。在这种气候条件下, 全天时、全天候、不依赖于光照条件、具有高重复覆盖率的主动微波遥感器——合成孔径雷达(SAR)遥感, 进行水稻监测优势十分明显, 被认为是能为农业水稻监测提供高分辨率遥感数据的最重要的信息来源之一^[1-3]。

与我国大部分地区水稻种植的时间比较集中不同, 泰国的生长季节长, 降雨充沛, 水稻的种植时间很随意, 只要有水, 任何时间都可以种植水稻。这给水稻种植面积的监测带来很大的困难。本文综合利

用 TM 和 Scan SAR 图像监测泰国水稻种植的月度变化。然后统计最终的种植面积。

近年来, 在利用雷达数据监测水稻方面国内外开展了大量的工作^[4-6]。1993 年邵芸, 郭华东等利用多时相、多模式的雷达数据, 采用图像直接提取与地面实地测量相结合方式, 建立了水稻生长模型, 分析了水稻的时域散射特性, 认为利用水稻插秧期、收获期两个时像就可以进行水稻面积量算和估产^[7]。B·TSO 和 P·M·MATHER 运用多景 ERS-1 SAR 数据进行了作物识别。1994 年 Cloutis 与 Connery 利用 SAR 图像 C 波段 HH 极化和多光谱数据对作物进行了关于叶面积指数、作物高度、生物量等方面生长状态评价^[8]。1997 年加拿大遥感中心利用 SPOT 和 IRS-1C 数据综合对 RADARSAT-1 数据在作物类型和作物的生长状况监测能力方面进行了评价, 得出雷达影像对作物的监测最突出的特点是全天候特点, 及短波对生物结构和水分的敏感性, 多时相的雷达数据可以准确的提供作物类型信息, 特别后向散射系数与作物叶面积指数、作物高度有很高的相关性^[9]。Akerosenqvist 研究了稻田多时相 SAR 图像的时间和空间特征, 表明雷达影像后向反射系数和水稻生长有密切的关系^[10]。Ribbes 和 Le Toan 利用多时相 RADARSAT 数据后向散射系数在时间序列上

收稿日期: 2003-06-27; **修订日期:** 2004-02-23

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2-313); 科技部十五攻关项目(2001BA513B02)。

作者简介: 张峰(1976—), 男, 辽宁北镇人, 现为中国科学院遥感应用研究所博士生, 主要从事遥感应用方面研究, 包括生态环境监测、农情监测、土地利用变化研究等。E-mail: wufb@isa.ac.cn

变化特征,进行水稻种植面积成图^[11]。2000年 Chakraborty 和 Panigrahy 通过雷达数据处理的标准化和集成开发,建成运行化系统,利用多时相的雷达数据进行水稻种植面积调查。经过两年的运行,发现利用两景或三景 ScanSAR 窄波段可以进行水稻与其他作物的分类,有效的进行大范围的水稻种植面积监测^[12]。吴炳方等利用两期雷达数据对国内早稻、中稻、晚稻分别进行了种植面积监测^{*}。而在监测水稻种植月变化方面,1998年 Okamoto 和 Kawashimad 针对印尼水稻种植一年两茬,但种植期内每月水稻种植面积的变化情况,利用旱季的 TM 获耕地数据,结合物候资料,通过对水稻种植初期水淹时的 JERS-1 SAR 影像数据特征,判读识别出新增水稻田的面积^[13]。

目前国际上广泛使用由加拿大 Radarsat 卫星提供的星载 SAR 数据, Radarsat 影像具有 7 种获取模式, 25 种波束位置模式^[14]。大量的研究结果表明雷达的后向反射系数与水稻的含水量和几何结构特性有很好的对应关系,多时相雷达能够反映不同生长时段水稻生长状态,表明采用合成孔径雷达进行水稻监测的可行性^[2-17]。本文工作主要在热带地区,

利用光学遥感和微波遥感相结合的方法进行水稻的种植面积监测^[13]。利用泰国旱季的 TM 影像获得了土地利用信息,雨季多时相 RADARSAT 图像获得水稻时序后向反射特征,建立水稻月变化的遥感监测模型,采用监督分类的方法进行水稻分类,最后进行分类精度的检验和评价。

2 研究区状况

研究区 6 月至 12 月为雨季, 1 至 5 月为旱季。南部为肥沃的中部平原, 东北一部分是呵叻高原, 为一盆形高地, 海拔 150—300m, 地势平坦。河网交错, 稻田广布, 是泰国的重要农业区。泰国水稻的生长期大约为 120 天, 在移植后, 经过返青、分蘖、拔节、抽穗、开花、乳熟、蜡熟、收获期。在研究区内, 水稻种植比较灵活, 每月都会有水稻的移植和收获发生(如图 1), 图 1 表示在 3 月至 9 月的遥感监测时间段内水稻的物候情况。其中横坐标为是时间轴, 系列条形图表示水稻的种植日期的分布情况, 共有 5 期水稻可以在监测时间内种植和收获。

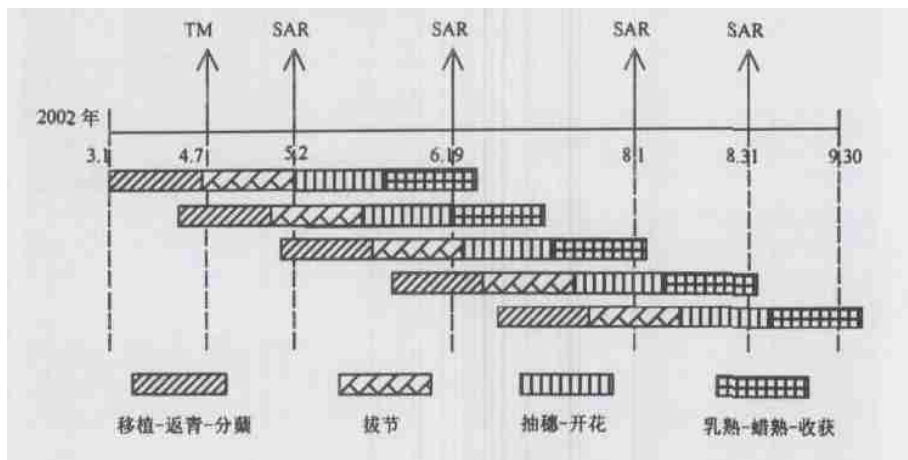


图 1 泰国 3 月至 9 月水稻种植物候图

Fig. 1 Thailand rice phenology from March to September

研究中共获取了 4 个时相的 Scan SAR 数据和 1 个时相的 TM 数据, 以及相应的地形图。TM 数据为 2002 年 4 月 7 日 LandSat-7 卫星 ETM+ 传感器的 128/49 轨道影像。图像中心经度为 N15.90°, E102.62°。影像的空间分辨率为 30m, 具有 8 个波段的光谱信息, 第 8 波段为分辨率为 15m, 通过数据的融合, 提高其他波段的分辨率, 影像分布见

图 2。

RADARSAT 数据为 SCN (ScanSAR Narrow) 窄波束扫描模式, 波束包括 W2 入射角 31°—46°; s5 入射角为 36°—42°; s6 入射角为 41°—46°。成幅幅宽为 300km, c 波段, HH 极化, 图像像元对应地面尺寸为 25m×25m。图像中心经纬度坐标为 15°54'N 和 102°41'E。这种模式的雷达数据扫描幅宽较大, 入射角

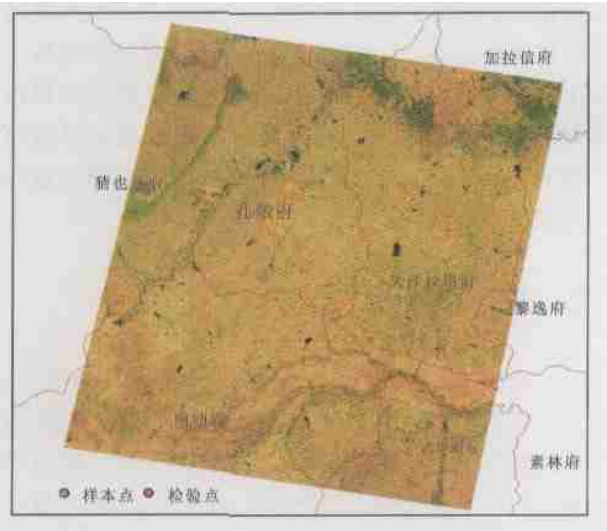


图 2 TM 影像范围和样本点、检验点分布图

Fig.2 TM imagine scope and distribution for sample and examination point

较高,适合于大面积的水稻种植面积监测^[11]。共有 4 个时相的数据,成像时间分别为 2002-05-02、2002-06-19、2002-08-01 和 2002-08-31。

2002 年 11 月,本文作者之一开展了研究区的野外实地调查,得到了中国驻泰大使馆的大力支持。野外实测数据包括采样点经纬度坐标和相应的图片信息(见图 3),可以作为分类的样本区和检验区。共取点 51 个,其中用于训练区样点的有 30 处,检验点 21 处。研究区内地势平坦,稻田占主导地位,田块边界比较齐整。渠道纵横,河流和沟渠较多,湖泊、坑塘零星分布,河流、道路、河湖岸线等线状地物镶嵌其中。水稻田分布在河渠和道路两旁,以及坑塘和村镇附近。稻田田块地块较大,呈长方形分布,且相互间比较紧凑,平行排列,以沟渠相隔。同时了解到在影像成像时间,田间作物以水稻为主,各生育期都有包括返青、抽穗、收获等各生长阶段。除水稻外,有的地方还种有甘蔗。



图 3 野外实地采集照片

Fig.3 Photos of ground observation

3 图像处理

3.1 TM 影像的耕地信息提取^[18]

TM 影像分析过程中,采用面向对象的分类方法,生成耕地的影像对象多边形。提取过程中主要

考虑 TM 影像的多光谱特征、紧密度和光滑度等几何特征,通过区域合并方法进行影像的多尺度分割,生成了同质的影像对象多边形。选取影像上实测样地的光谱标准差、形状指数、紧凑度、对称度和密度作为耕地类别的识别标志,用模糊函数对各特征进行定义和标准化。利用最相近匹配方法,对每个对象多边形进行类别判别。最后得到了研究区的耕地

层信息。

3.2 雷达遥感影像处理

多时相雷达图像数据处理可以分为5个步骤:几何校正,图像配准,消除斑点噪声以及图像的分类和分类后处理等。本研究在提取水稻信息的过程中,对四景雷达影像和TM影像之间进行了几何纠正和配准,误差小于一个像元。对RADARSAT数据进行入射角纠正、后向散射系数计算。继而,对SAR数据进行滤波,以消除斑点噪声的影响。雷达影像因地形起伏以及地物类型的差异,主要依据滤波效果和信息量的损失大小来选用滤波算子。本研究主要采用Lee滤波算法,窗口大小为 3×3 。为了突出信息和减小后继处理的数据量,用线性拉伸的方法将32位的后向散射系数拉伸为8位灰度图^[12]。结合土地利用图,统计四景8位雷达影像灰度图,水体的后向散射系数大约在20左右,城镇中房屋的后向散射系数大于180,植被的后射系数大约在140左右,稻田上的后向散射系数则随着水稻物候的不同发生变化。

4 面积提取

4.1 面积提取模型

水稻的含水量和几何结构特性是决定其后向散射系数的两个关键的影响因素。在实际情况中,随着水稻的生长,植株高度和叶子长度将逐渐增长,直至成熟期为止^[7],因此水稻在不同的生长季节里,具有不同的后向散射特性。水田刚插秧不久,处在返青阶段,水稻苗和水的面积比例,水的面积占优势,这一时段水田和水面很相近,后向散射系数很小,影像特征与水面接近;随着水稻的生长,后向散射系数也逐渐增大,直到最后的成熟期,后向散射系数相对下降。水稻不同生长季节里的后向散射特性是提取水稻信息的主要依据^[7]。

雨季,泰国的水稻种植比较灵活,种植时间没有统一规定,由农户自己来决定,因此稻田区内水稻种植情况每月都会发生变化,相邻的地块由于主人不同,种植情况也不尽相同。研究区内水稻的生长期为120至130天。四景雷达影像获取的时间间隔分别为48、48、24天。依据水稻生长期的时序雷达后向散射系数特征,水稻在插秧后大约60天左右,其后向散射系数达到最大值,随后大约至收割前60天

时间内向散射系数有变小的趋势,但变化范围不大。如果遥感图像成像时间分布在水稻后向散射系数达到最大值前和最大值后,依据四景图像的后向散射系数特征,完全可以在时序图像上识别水稻的种植面积变化。因此,可以通过水稻后向散射系数变化特征,进行水稻种植面积月变化的分类识别。

为了总结出水稻种植面积月变化监测模型,需要分析不同时期雷达影像水稻后向散射系数分布特征。由于研究区内无法获得雷达影像覆盖区土地利用情况,而TM影像只是位于雷达影像的中心区,所以需要通过微波影像和多光谱影像重叠区的分析,获取分类的特征知识,然后用外延的方法,进行整景雷达影像的分类。首先去除雷达影像的TM覆盖区的非耕地,采用非监督分类的方法对4景雷达数据进行分类,统计分析雷达后向散射系数变化特征,建立不同特征的分类模型。经分析建立起4种水稻分类模型,分别描述监测时间内水稻后向散射系数随时间变化的规律:

(1) 3月份移植,4、5月份生长,6月份收割、7、8月份耕地闲置或继续种植水稻(如图4中模型1)

(2) 4月份移植,5、6月份生长,7月份收割、8月份耕地闲置(如图4中模型2)

(3) 5月份稻田闲置,6月份移植,7、8月份生长(如图4模型3)

(4) 5、6、7月份闲置,8月份移植,9、10月份生长(如图4中模型4)。

各个类型中,即使相同的月份进行移植,但由于具体种植日期的差异,获取的雷达影像的后向反射系数略有不同。其中模型1、2、3、4依据非监督分类统计结果,依据耕地上水稻的具体情况又可以细分为几种,出现这种情况,主要是由于水稻种植期不同,因此雷达影像的后向散射系数值略有变化,但时序的趋势是一样的,只是变化的幅度不同而已。如图5中模型1(图中(a))反映了影像获取时间的水稻生长的物候差异。对于类型1,判断的主要依据是5月份稻田后向反射系数表现为高值,因此推断它应是3月份种植,但由于水稻插秧的具体时间差异,5月初获取的雷达数据表现高值也不尽相同,只能从趋势上进行分析,将相似的时序后向散射系数变化特征定义为同一类型。图5(b)中的模型2的四模式的主要共同点在于同在8月初之前收获,具体区别在于对于模式1在5月初后向散射系数值较高,至6月中旬有减低的过程,表明移植期要比其他3个模式要早,应在3月末就已经移植。其他在6月

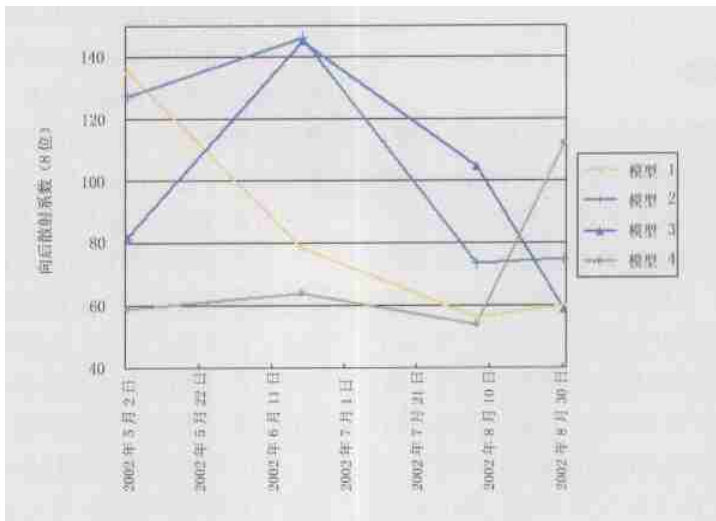


图 4 水稻后向散射系数分类模型

Fig.4 Classification of rice backscatter

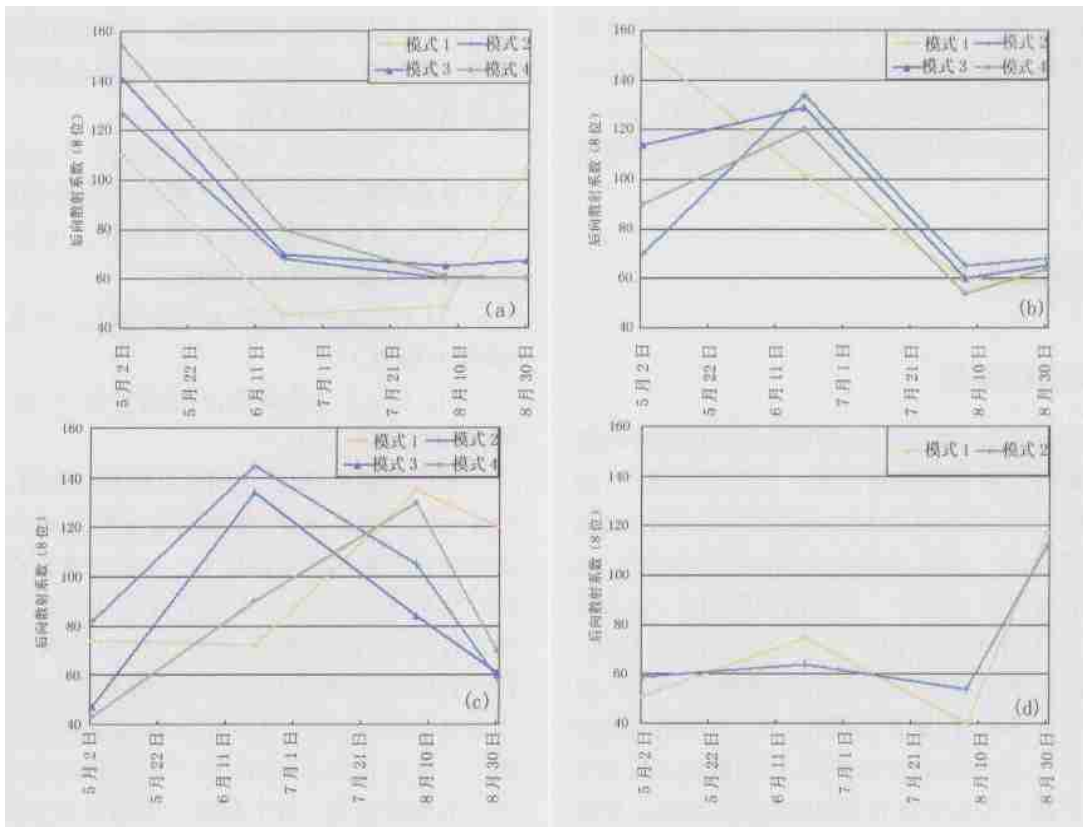


图 5 各分类模型的后向散射数特征(2002 年)

Fig.5 Backscatter characteristic of rice (2002)

值要比 5 月值高,表明处于开花期以前,后向散射系数有增加的过程。模型 3 图 5(c)的 4 个模式中各模式都在 8 月 30 日以前收获。其中模式 2 和 3,5 月份至 6 月中旬,后向散射系数有增加的过程,6 月下旬至 7 月 8 月份值减低,模式 1 和 4 的在 5、6、7 月份

后向散射系数有增加的过程,8 月份后向散射系数减速低。模型 4 图 5(d)中的 2 个模式在 5、6、7 月内均为低值,即耕地上为闲置,8 月份值有所增加,同时 6 月下旬至 7 月末值低,有水淹耕地过程。因此定义为 8 月份移植,9、10 月份生长。

在各个模型间和模型内部各个模式间的相关性也存在着差异(见表 1),其中各模型间的相关系数低于 0.60,大部分在 0.3 左右,而模型内部的各模式间的相关系数大于 90%,部分可以达到 99%。通过相关性分析,各模式间的相关系数较小,而模型内部的各个模式间的相关系数很大,说明依据模型的定义类别重叠部分较小,可以进行下一步的分类。

表 1 模型相关性分析
Table 1 Correlation analyze of model

	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型内部
类型 1	1.00				0.99
类型 2	0.37	1.00			0.96
类型 3	0.43	0.60	1.00		0.91
类型 4	0.32	0.26	0.27	1.00	0.96

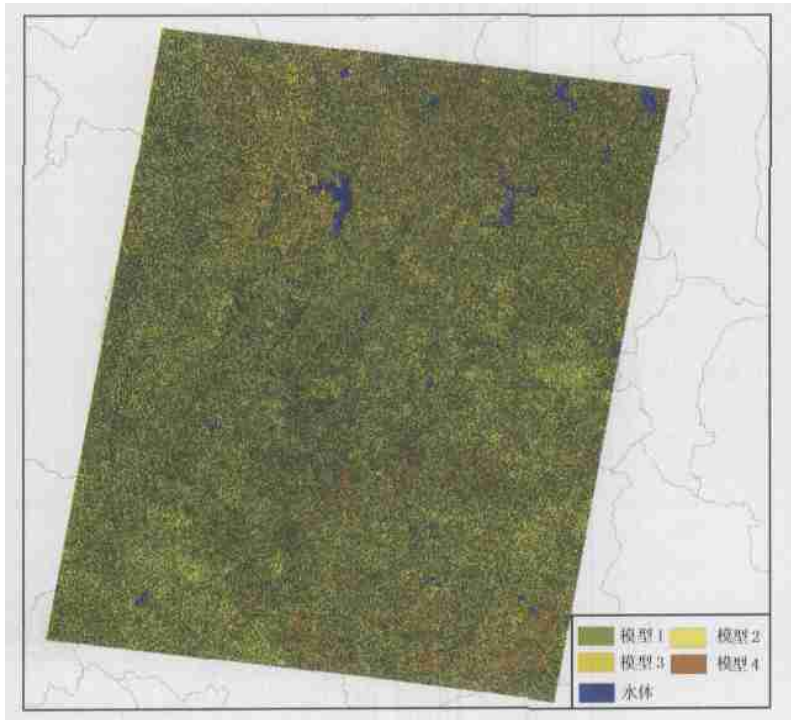


图 6 泰国中部—东北部水稻分布图

Fig. 6 Rice distribution map of middle-northeastern in Thailand

4.2 信息统计

依据各模型的特征,在 ERDARS 中采用监督分

类的方法,分类的结果见图 6,统计每种类别面积,结果见表 2。反映出监测地区的水稻种植的动态变化过程。

表 2 2002 年度泰国水稻种植面积监测/ 10^3hm^2
Table 2 Rice plant area monitor of Thailand in 2002

府名	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
武里南府(Buriram)	72.65	40.48	135.12	86.086235
猜也蓬府(Chaiyaphum)	120.67	56.59	98.64	88.194838
加拉信府(Kalasin)	54.53	27.51	67.02	54.694459
孔敬府(Khon Kaen)	77.15	47.98	92.68	78.948286
大沙拉堪府(Maha Sarakham)	62.89	23.88	48.23	63.906494
呵叻府(Nakhon Ratchasima)	310.04	111.19	78.40	119.3837
黎逸府(Roi Et)	112.64	23.73	67.83	35.609427
沙功府(Sakon Nakhon)	52.04	40.20	81.53	53.552718
素林府(Surin)	55.03	40.25	86.27	77.594488
乌隆府(Udon Thani)	43.84	62.07	182.80	145.19618

5 精度评价

水稻种植面积监测精度评价共分为两部分,一是分类精度评价,二是面积量算精度评价。分类精度评价主要利用 ERDARS 中 interpreter 模块中的精度评价功能,对各类别随机选取点以及结合野外观测实值进行检验,检验结果见表 3,综合评价本次分类结果,分类的精度约为 91%。水稻面积测算精度的验证采用多信源比较和随机抽样检查的验证方法,即 TM 影像上水田分布与 SAR 影像上识别出的信息进行对比分析,以水稻信息落入水田的百分比来确定;最终经过对比分析和量算,随机取样部分水稻信息落入水田的百分比为 90%。但需要指出的是,雷达影像区域内西北部地区主要为山地地区,分类结果受到地形的影响,误差较大。

表 3 水稻种植面积监测精度评价

Table 3 Accuracy assessment for rice plant area monitor

类别	随机检验点(相同点)	野外实测点(相同点)	精度
类型 1	50(47)	9(8)	0.93
类型 2	50(45)	12(10)	0.88
类型 3	50(46)	8(7)	0.91
类型 4	50(48)	13(11)	0.93

6 结 论

本文主要是针对泰国水稻种植的特点,对雨季水稻种植面积的月变化进行遥感监测。采用非监督分类与监督分类相结合的方法,在 TM 覆盖区域,进行非耕地去除,对四景雷达影像数据进行非监督分类,统计分析耕地上每景影像水稻后向散射系数值分布特征,建立时序月水稻种植面积监测分类模型,在此基础上,对全景雷达数据进行监督分类,提取出不同模式的水稻种植面积,最后利用随机样点和野外采样数据进行精度评价与检验。水稻类型分类及面积量算精度达 91%,充分说明多时相雷达卫星数据具有进行水稻长势监测及估产的可行性和潜力,体现了 Radarsat SNB-SAR 数据用于大范围的水稻种植面积调查具有快速、实用的特点。

参 考 文 献 (References)

[1] SHAO Y, LIU H, FAN X T, et al. Radarsat Data for Operational Rice Monitoring and Its Potential for Yield Estimation. *International*

Symposium on Digital Earth. Beijing: 1999.

- [2] P. P. Nageswara Rao. Rice Crop Identification and Area Estimate Using Remotely-Sensed Data from Indian Cropping Patterns[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1987, 8(4): 639-650.
- [3] Thuy Le Toan. Florence Rice Crop Mapping and Monitoring Using ERS-1 Data Based on Experiment and Modeling Results[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1997, 35(1): 41-56.
- [4] Kurosu T, Fujita M, Chiba K. The Identification of Rice Field Using Multi-temporal ERS-1C band SAR data[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1997, 18(14): 2953-2965.
- [5] Ake Rosenqvist. Temporal and Spatial Characteristics of Irrigated Rice in JERS-1 L-band SAR data[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1999, 20(8): 1567-1587.
- [6] Kuplich, T M, Freitas C C. The study of ERS-1 SAR and Landsat TM Synergism for Land Use Classification[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(10): 2101-2111.
- [7] SHAO Y, GUO H D, Fan Xiangtuo. Study on Rice Backscatter Signature in Time Domain and Its Applications[J]. *Journal of Remote Sensing*. 2001, 5(5): 340-343. [邵芸, 郭华东, 范湘涛等, 水稻时域散射特征分析及其应用研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(5): 340-343.]
- [8] Cloutis E A, Connery D R, Dover F J. Agriculture Crop Monitoring Using Multi-spectral Imagery and C-band Synthetic Aperture Radar [J], 1999, 20(4): 767-787.
- [9] McNAIRN H, ELLIS J, VAN DER SANDEN J, et al. Providing Crop Information Using RADARSAT-1 and Satellite Optical Imagery Remote Sensing[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 2002, 23(5): 851-870.
- [10] Ake Rosenqvist. Temporal and Spatial Characteristics of Irrigated Rice in JERS-1 L-band SAR Data [J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1999, 20(8): 1567-1587.
- [11] Ribbes F, Le Toan T. Rice Field Mapping and Monitoring with RADARSAT Data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(4): 745-765.
- [12] Chakraborty M, Panigrahy S. A Processing and Software System for Rice Crop Inventory Using Multi-date RADARSAT ScanSAR Data [J]. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2000, 55: 119-128.
- [13] Okamoto K, Kawashima H. Estimation of Rice-land Planted Area in the Tropical Zone using a Combination of Optical and Microwave Satellite Sensor Data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(5): 1045-1048.
- [14] Kurosu T, Fujita M and Chiba K. The Identification of Rice Fields Using Multi-temporal ERS-1 C Band SAR Data[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1997, 18(14): 2953-2965.
- [15] Le Toan T, Ribbes F, Wang L F, et al. Rice Crop Mapping and Monitoring Using ERS-1 Data Based on Experiment and Modeling Results [J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*, 1997, 35(1): 41-56.
- [16] Ribbes Floreoce, Tle Tom. Rice Field Cropping and Monitoring with Radarsat Data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(4): 745-765.

- [17] Kurosu T, Fujita M, and Chiba K. Monitoring of Rice Crop Growth from Space Using the ERS-1 C-band SAR[J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. 1995, **33**(4): 1092-1096.
- [18] ZHANG F, WU B F. Study of Extraction of Agriculture Field Information at Rice Area in Thailand [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, **18**(6): 766-771. [张峰, 吴炳方. 泰国水稻种植区耕地信息提取研究[J]. 自然资源学报, 2003, **18**(6): 766-771.]

Estimation of Monthly Rice-Planted Area in Thailand Using Remote Sensing Data

ZHANG Feng, WU Bing-fang

(*Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101 China*)

Abstract: Thailand is the largest exporter of rice in the world grain market with a reputation of high grain quality. One-half of the rice land was located in the Northeast region. Planted area changes monthly in tropical agriculture, unlike that of agriculture in temperate zones. This paper estimated the area planted with rice using remote sensing data in center-northeast of Thailand. We propose a method which can be used to estimate the rice planted area in tropical regions by RADAR data. The arable land area was measured using Landsat Thematic Mapper (TM) data acquired in the dry season and identified monthly rice planted fields using Synthetic Aperture Radar (SAR) data acquired in the rainy season (planting season). Landsat TM data (path-row: 128-49) acquired on 7 April 2002 was used to identify the agricultural area. To detect the planted fields, RADARSAT SCN (ScanSAR Narrow) data were employed. The parameters of SHR are as follows: C-band, HH (horizontal transmit and horizontal receive) polarization, beam mode: W2, s5, s6, orbit: 35606 descending, scene center: 15°54'N and 102°41'E. Four images were acquired on 02-05-2002, 9-06-2002, 01-08-2002 and 31-08-2002. Arable land area was labeled using unsupervised classification of the TM data. According to statistic result about time series of backscatter coefficients of rice, four type of models were built to estimate the monthly change in planted area. Since rice-planting is not carried out simultaneously and the planted area change monthly, some assumptions were necessary for estimating the planted area. Assuming that the intensity of planting exhibits a normal distribution, there are five peaks due to the monthly planting. The monthly rice-planted area was estimated based on supervised classification using the defined model during the rice-planting season. The overall classification accuracy was 91%, and the rice information including arable land is 90%.

Key words: rice Radar; remote sensing; Thailand