

文章编号: 1000-2022(2000)-01-0024-05

中红外和热红外在测算水稻种植面积上的应用*

邱新法, 曾 燕

(南京气象学院环境科学系, 南京 210044)

摘要: 在利用 AVHRR 数据测算水稻种植面积中, 对 AVHRR 各通道数据进行统计特征分析和影象线性拉伸处理, 发现其中红外(CH3)和热红外(CH4)通道信息量丰富, 且在中红外和热红外拉伸影象上存在稻田的亮温较早地低——“稻区低温”现象。因此, 在测算水稻种植面积时, 增加了第 3、4 两通道——中红外和热红外通道。实际应用证明: 增加两红外通道非常有助于水稻鉴别。

关键词: NOAA/AVHRR; 水稻; 面积; 热红外

中图分类号: S165+.2 **文献标识码:** A

长期以来, 由于我国水稻具有种植田块小, 同期生长的绿色植被多, 农田作物布局复杂等特点, 卫星遥感测算水稻种植面积一直以难度大而著称。利用高分辨率陆地卫星(Landsat)的专题制图仪(TM)资料求算水稻种植面积, 虽能满足精度要求, 但由于存在数据费用昂贵、资料量大、数据源得不到保证等问题而不便推广。美国第三代业务极轨气象卫星(TIROS-N/NOAA 系列)装载的改进的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)数据具有易于获取、数据量小、处理费用低等优点, 比较符合我国国情和应用的需要, 但由于受空间分辨率低的限制, 应用 AVHRR 数据进行水稻遥感估产, 尤其是测算水稻种植面积, AVHRR 象元尺度远大于水稻种植田块尺度, 同一 AVHRR 象元包含多种地物, 混合象元问题突出, 增加了问题难度。其中, 如何将水稻与同期生长的其他旱地作物有效区分开来更是解决这一问题的关键。本文在利用 AVHRR 数据测算水稻种植面积中, 通过对 AVHRR 各通道数据统计特征分析和影象分析, 得出其中红外(CH3)和热红外(CH4)通道信息量丰富, 有助于水稻鉴别, 在水稻遥感信息提取上做出了有益尝试。

1 资料及处理

本研究区域是位于天津市东南的水稻主产区。总辖区面积为 $38\,926.03\text{ hm}^2$, 主要种植作物有水稻、高粱、玉米等。研究中应用的遥感资料有: 彩色红外航片、Landsat/TM 数据、NOAA/AVHRR 数据 3 种。

彩色红外航片拍摄时间为 1995 年 1 月 10~13 日, 比例尺为 1:35 000。本文中用来提供样本象元内部的各种地物类别信息。

* 收稿日期: 1999-05-26; 改回日期: 1999-10-08

作者简介: 邱新法, 男, 浙江湖州人, 1966 年 6 月生, 硕士, 讲师。主要研究方向: 资源遥感与地理信息系统

TM 数据取自 Landsat-5, 接收时间分别为 1995 年 1 月 12 日和 8 月 8 日, 均为晴空资料。TM 数据空间分辨率为 30 m, 经过初步的几何和辐射校正等预处理, 共有 5 个波段(TM 2 ~ TM 6)。以土地利用现状图为基准, 选取控制点进行二次多项式拟合校正, 处理后的 TM 图象与数字化边界匹配吻合好, 误差控制在 2 个象元以内。研究中, TM 数据主要用于求算研究区水稻种植面积本底准真值。

AVHRR 数据由天津市气象科学研究所接收并提供, 分别取自 NOAA-12 降轨和 NOAA-14 升轨的资料。经系统预处理, 共有 4 个通道(CH1 ~ CH4), 空间分辨率为 1.1 km。为相对消除大气的影响, 仅选取晴空的资料。为克服远离星下点 AVHRR 数据分辨率降低、图象产生几何畸变的不足, 取研究区位于卫星扫描带中心三分之一以内位置的资料。经上述条件筛选之后, 满足条件的 AVHRR 资料时相为: 1995 年 6 月 19 日和 27 日, 7 月 20 日, 9 月 11 日, 1996 年 6 月 11 日和 14 日, 7 月 4 日, 9 月 20 日。经系统定位处理后的 AVHRR 数据在实际应用时根据地物实际地理位置再次进行地理定位处理, 定位误差在一个象元以内。

研究中的遥感图象处理和行政边界数字化等基本工作是在地理信息系统软件 IDRISI 支持下完成。数字化误差控制在 30 m 以内。

2 AVHRR 数据信息特征分析

长期以来, 根据植物在可见光波段表现为低值, 在近红外波段表现为高值的反射光谱特征, AVHRR 数据用于作物估产一般仅用第 1 通道(相当于可见光波段)和第 2 通道(相当于近红外波段)^[1, 2], 对于中红外及热红外通道 CH3 ~ CH5, 应用极少。Kerber 等^[3]在 1986 年应用 AVHRR 数据(CH1 ~ CH4)进行森林、植被、城市的分类研究中得出如下结论: 地物分辨能力以发射辐射波段为最高, 其中, CH3 又优于 CH4。为探讨 AVHRR 数据 CH3 和 CH4 对水稻鉴别的可能作用, 本文对所具有的 AVHRR 数据做了统计特征分析和单通道图象分析等工作。

首先, 对研究区 1995 和 1996 年共 8 个时相的 AVHRR 资料进行统计特征分析, 得如下结论: (1) 以 CH3 数据等级最多, 方差最大, 其次为 CH2 和 CH4, 以 CH1 最小(表 1)。由文献[4]可知, 以 CH3 数据信息量最多, 其次为 CH2 和 CH4, 最后为 CH1; (2) CH3 和 CH4 数据相关性较高, 两者间有一定的信息重复(表 2); (3) AVHRR 数据以 CH3 和 CH2 两通道对其信息量概括最多。

表 1 1996 年 7 月 4 日天津市南郊区 AVHRR 数据统计特征

Table 1 Statistical characteristics of AVHRR data for south suburb of Tianjin on July 4, 1996

	通道			
	CH1	CH2	CH3	CH4
数据最小值	85	66	3 055	2 988
数据最大值	142	152	3 233	3 090
数据等级数	58	87	179	103
方差	10. 24	16. 02	35. 79	17. 93

将 6 ~ 9 月研究区各时相 AVHRR 数据的 CH3 和 CH4 分别进行线性拉伸后成图, 均可看出水稻种植区比非水稻种植区亮温值偏低——‘稻区低温’现象(图象略)。由 CH3 和 CH4 单通道图象上‘稻区低温’所体现的水稻种植区与研究区土地利用现状图上的水稻种植区极为一致, 很好地反映了水稻种植区域。

表 2 1996 年 7 月 4 日天津市南郊区 AVHRR 各通道数据统计相关系数

Table 2 Correlation coefficients of AVHRR channels for south suburb of Tianjin on July 4, 1996

	CH 1	CH2	CH3	CH4
CH1	1. 00	0. 54	0. 77	0. 64
CH2		1. 00	0. 62	0. 58
CH3			1. 00	0. 95
CH4				1. 00

上述分析充分证明, CH3 和 CH4 有助于水稻鉴别。为此, 在本项研究中增加中红外和热红外通道, 采用 CH1、CH2、CH3、CH4 4 个通道的数据进行分类, 用 CH1、CH2 来体现水稻植被信息特点, CH3、CH4 体现稻田温度特点。

3 水稻种植面积测算方法

水稻种植面积测算采用了模糊监督分类-迭代法^[5]。模糊监督分类先选择样本象元, 根据样本象元计算各种地物类别的模糊均值矢量和模糊协方差矩阵。每一种地物类别的模糊均值矢量称 μ_c 为

$$\mu_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(\mathbf{x}_i) \mathbf{x}_i}{\sum_{i=1}^n f_c(\mathbf{x}_i)}。$$

(1)

式中 n 为样本象元数, $f_c(\mathbf{x}_i)$ 为第 i 个样本象元属于第 c 类别的隶属度, $\mathbf{x}_i$ 为样本象元值矢量。模糊协方差矩阵 Σ_c 为

$$\Sigma_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(\mathbf{x}_i) (\mathbf{x}_i - \mu_c) (\mathbf{x}_i - \mu_c)^T}{\sum_{i=1}^n f_c(\mathbf{x}_i)}。$$

(2)

μ_c 和 Σ_c 确定之后, 对每一象元确定其对各种类别的隶属度, 也即对每一象元进行模糊监督分类, 求算各种类别在其内所占面积百分比, 象元属于 c 类别的隶属度 $f_c(\mathbf{x})$ 定义为

$$f_c(\mathbf{x}) = \frac{p_c^*(\mathbf{x})}{\sum_{i=1}^m p_i^*(\mathbf{x})}。$$

(3)

其中

$$p_i^*(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp[-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mu)^T \Sigma^{-1}(\mathbf{x} - \mu)]。$$

(4)

式中, N 是象元光谱值矢量的维数, m 是预先定义类别数, $1 \leq c \leq m$ 。

在由样本象元求出研究区各象元对各种类别的隶属度之后, 进行迭代运算, 过程见图 1。根据同一种类别具有基本一致或相近的光谱特征, 不同类别间光谱特征差异大的原则, 结合天津南郊区实际土地利用特点, 将地物划分为 5 种类别: 旱地, 稻田, 菜地, 居民地, 水域。样本象元中各种地物类别所占面积百分比是利用航片求得的。结合研究区水稻和其他作物生育期, 及对 AVHRR 单通道图象分析, 确定水稻种植面积

测算的最佳时期为 7 月中旬至 8 月上旬。此时 AVHRR 的 CH1 和 CH2 图象上, 植被、水体、城市反差大, 水稻与旱地作物长势旺, 但两者植被信息强度又略有差别; 在 CH3 和 CH4 图象上有 ‘稻区低温’ 现象。这样, 4 个通道信息结合将有利于水稻鉴别。

4 水稻种植面积测算及效果检验

为得到一相对准确的研究区水稻种植面积值, 以此来检验 AVHRR 数据面积测算结果, 采用高空间分辨率的陆地卫星 TM 数据获取水稻种植面积准真值(详细内容见文献[5]), 求出研究区水稻种植面积为 7 595. 17 hm²。

将 AVHRR 数据进行模糊监督分类-迭代运算, 即可求出研究区各象元中水稻种植面积百分比。经模糊监督分类-迭代运算之后, 以水稻种植面积百分含量作为象元亮度值, 输出研究区象元水稻种植面积百分含量图。为了比较不同的 AVHRR 通道选择对水稻种植面积测算的作用, 我们将 1995 年 7 月 20 日(水稻种植面积测算的最佳时期) AVHRR 资料以单通道, 2 个通道和 3 个通道组合, 4 个通道分别代入算法, 输出研究区象元水稻种植面积百分含量图(图略), 并进行比较, 结果表明: 所有情况中, 增加了 CH3 和 CH4 的 4 通道输出图效果最好, 其效果明显优于仅用 CH1 和 CH2 的输出图, 进一步证实了 CH3 和 CH4 对水稻鉴别的作用。从前面通道选择分析可知, CH2 和 CH3 概括了 AVHRR 资料(CH1, 2, 3, 4) 的大部分信息, 用此 2 通道的输出图虽不及 4 通道的输出图效果好, 但也能反映研究区实际情况, 当 4 个通道数据收集不全时, 可考虑用此 2 通道代替。

用 1995 年 7 月 20 日 AVHRR 数据采用 4 个通道, 求出的研究区各象元中水稻种植面积百分比来求算研究区水稻种植面积, 求得研究区水稻种植面积为 7 552. 85 hm²。若以 1995 年 TM 资料求算的研究区水稻种植面积为准真值, 则用 AVHRR 数据求算的水稻种植面积相对误差为- 0. 6 %。

5 结 论

- (1) 中红外(CH3)和热红外(CH4)通道信息量丰富。
 - (2) CH3 和 CH4 单通道图象上存在 ‘稻区低温’ 现象, 增加 CH3 和 CH4 两中、热红外通道, 可增强水稻识别能力, 提高水稻种植面积提取精度。
 - (3) 利用 CH3 和 CH4 单通道图象上的 ‘稻区低温’ 现象, 将水稻与同期生长的其他旱地作物有效区分开来, 在水稻遥感信息提取上做出了有益尝试。
- 本文研究区域较小, 但此研究结论理论上亦适用于大范围面积区域。

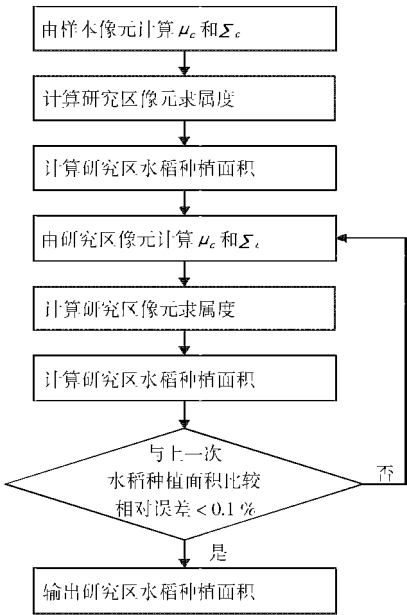


图 1 模糊监督分类-迭代法测算水稻种植面积框图
Fig. 1 Flow chart for rice planting area estimation using the Fuzzy supervised classification iteration method

参考文献:

- [1] QUARMBY N A, TOWNSHEND J R G, SETTLE J J, et al. Linear mixture modeling applied to AVHRR data for crop area estimation[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13(3): 415 ~ 425
- [2] 吴健平, 杨星卫. 用 NOAA/AVHRR 数据估算上海地区水稻种植面积[J]. 应用气象学报, 1996, 7(2): 190 ~ 194
- [3] KERBER A G, SCHUTT J B. Land-cover mapping[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1986, 52(12): 1877 ~ 1883
- [4] 邓广林, 邵美珍. 遥感图象分析中的主成分分析[J]. 遥感信息, 1989, 9(5): 13 ~ 16
- [5] 李郁竹, 曾 燕. 应用 NOAA/AVHRR 数据测算局地水稻种植面积方法研究[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 125 ~ 131

Estimation of rice planting area by virtue of NOAA/AVHRR thermal infrared data

QIU Xin-fa, ZENG Yan

(Department of Environmental Sciences, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: Statistical analysis and image linear stretching have been performed for each AVHRR channel for rice planting area estimation. Besides two traditional crops monitoring channels 1 and 2, Channels 3 and 4 (thermal infrared) are employed in the study for the latter ones are also rich in information and their stretched images present lower brightness temperatures for rice than for rain-fed fields. Results show that the additional channels are helpful to rice identification in combination of the traditional visible and near-infrared channels.

Key words: NOAA/AVHRR, rice, area, thermal infrared