

文章编号: 1000-2022(2001) 01-0106-07

3S 技术在晚稻长势监测中的综合应用研究

李剑萍¹⁾ 郑有飞¹⁾ 殷剑敏²⁾ 魏 丽²⁾

(1) 南京气象学院环境科学系, 南京 210044; 2) 江西省气象科学研究所, 南昌 330046)

摘要:以江西省为试验区, 探讨用 RS-GIS-GPS 技术监测作物长势的方法和途径。针对丘陵山区地形复杂、地块不成规模的情况, 在 GIS 支持下, 将数字高程数据、土地利用分类数据与 GPS 定位观测数据相结合, 对 NOAA/AVHRR 进行判读, 提取反映双季晚稻长势的植被指数, 用该指数与 GPS 定位观测资料及地理信息数据进行监督分类监测苗情, 并用迭代自组织分析法进行无 GPS 定位观测资料时相应时相的 NOAA/AVHRR 的长势监测。研究结果表明, 选用的地理信息数据(数字高程数据、土地利用分类)与 GPS 定位观测资料相结合提高 NOAA/AVHRR 数据的利用效果是合适的和切实可行的。

关键词: 地理信息系统; 全球定位系统; 双季晚稻; 长势监测

中图分类号: TP79: S165.27 **文献标识码:** A

水稻是我国的主要粮食作物之一, 其收成丰歉关系到国计民生。从客观上掌握水稻的种植状况、长势, 对粮食储备、市场调节、粮食进出口和种植业的可持续发展以及制订粮食政策均有重要的意义, 也是各级政府经济决策中必不可少的依据。NOAA 卫星装载的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)具有进行植被遥感的光谱波段, 其时间分辨率高、成像面积大, 有利于获得宏观同步信息且成本低, 适合大范围作物动态监测。我国应用气象卫星监测作物长势的研究始于 80 年代中期, 经过多年研究实现了北方小麦的长势监测业务系统^[1]。但由于 NOAA 卫星空间分辨率低, 再加上我国南方耕作制度复杂, 地块分散、不成规模, 因此 NOAA/AVHRR 长势监测精度有待提高。地理信息系统(GIS)的发展, 为遥感数据和必要的非遥感数据有机结合, 提高作物长势监测精度提供了强有力的支持。GIS 能采集、存贮、管理、分析和描述整个或部分地球表面与地理分布有关的信息, 在 GIS 下可实现包括遥感数据在内的多种数据的复合, 提高对遥感信息解译的精度^[2]。GPS 主要用于实时快速地提供目标, 包括各类传感器的空间位置。GPS 引入遥感领域可以使遥感数据定位精度不足的问题得以解决, 为用户提供不同精度的空间定位数据。同时, GPS 也是一种重要的信息源, 可以直接用 GPS 方法对 GIS 做实时更新^[3]。目前国内外正在研究 3S 一体化技术, 对作物进行估产和长势监测^[4]。但总的来说, 这三方面的综合研究应用还不多见, 对辅助数据的选择及 GIS、GPS 功能的开发还需完善, 针对不同地区实际情况进行具体研究。本文探讨综合应用 3S 技术监测水稻长势的方法、途径, 以便快速、客

基金项目: 江西省科委星火计划资助项目

收稿日期: 2000-06-14; 修订日期: 2000-12-10

作者简介: 李剑萍, 女, 1971 年 2 月生, 硕士, 工程师, 现在宁夏气象科学研究所工作

观地获取水稻长势信息。

1 资料来源及处理

1.1 资料来源

(1) 遥感资料。NOAA/AVHRR 数据包括国家卫星气象中心及江西省气象科研所提供的双季晚稻生长季节 NOAA-12 降轨和 NOAA-14 升轨资料。为克服远离星下点 AVHRR 数据分辨率降低, 图像产生几何畸变的不足, 选取位于卫星扫描带中心三分之一以内的数据; 为相对消除大气的影 响, 尽量取晴空资料, 时间为 1997 年 8 月 28 日、9 月 7 日和 1999 年 9 月 2 日、9 月 10 日。所用资料均经过系统预处理, 即将实时接收的 HRPT 资料进行分类编辑、质量检验、定标系数确定、定位数据计算及格式变换等工作, 生成由美国地球卫星和信息服务局命名的 1B 格式的数据集, 然后对 1B 数据进行选区, 对所选区域的数据进行太阳高度角订正、临边变暗订正, 并按 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ 等经纬网格投影后生成局地数据集。

(2) 地理信息资料。由国家基础地理信息中心和江西省测绘局提供, 包括: (1) 江西省行政边界数字化图件(1:250 000); (2) 江西省水系分布数字化图件(1:250 000); (3) 江西省等高线数字地形图(1:250 000); (4) 《江西省国土资源综合调查》项目中由 1996 年 TM 资料经监督分类形成的江西省 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 带有地理经纬度信息的土地利用分布栅格图。

(3) GPS 定位资料。用 GPS/45C 便携式全球卫星导航定位仪确定一百多个 $1 \sim 3\text{ km}$ 左右的水稻长势观测面, 于 1997 及 1999 年分别目测得晚稻苗情长势及定位区各地物比例等观测资料。

1.2 资料处理

(1) NOAA/AVHRR 影像与 GIS 专题图的配准及几何纠正。由于卫星轨道预报偏差等影响, 经系统定标处理后的 AVHRR 数据在实际应用时仍需根据地物实际地理位置再次进行地理定位处理。具体方法是将 NOAA 原始影像第一、二、三(或四)通道进行假彩色合成, 分别赋予蓝、绿、红色, 在 Erdas Imagine 中用 NOAA 影像与水系、行政边界、城镇等 GIS 专题图件进行地理配准, 在图像上找出研究区具有明显特征且位置稳定的目标, 选取 $30 \sim 40$ 个控制点, 采用二元二次多项式进行准确的地理配准, 精度均控制在 $0.4 \sim 0.5$ 像元以内。灰度值的确定采用最近邻域法对 NOAA 图像进行重采样, 生成 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ 分辨率图。

(2) 研究区提取。为了将 NOAA 影像中江西省的数据提取出来, 需在 Erdas Imagine 中将行政边界矢量文件转换为与 AVHRR 数据分辨率和经纬度范围相匹配的 0、1 型布尔栅格文件。该文件中省外的像元值为 0, 省内的像元值为 1。将配准好的 NOAA 影像数据与边界布尔影像数据相乘, 得到研究区 NOAA 影像资料。

(3) GPS 定位点资料的处理。将野外 GPS 定点资料通过 PCX5 软件读入计算机, 并保存为文本文件, 然后制作为 Mapinfo 格式的矢量表, 通过

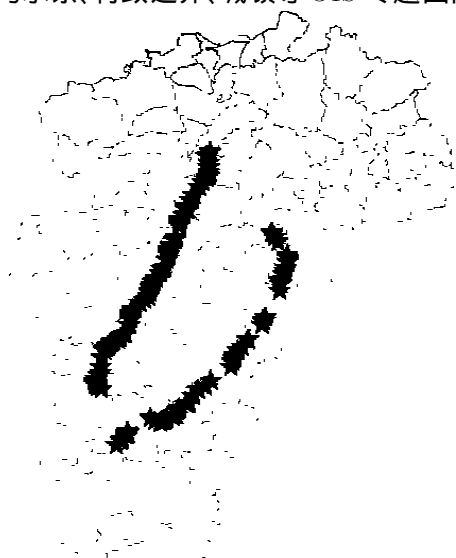


图 1 长势定位观测点矢量图

Fig. 1 Position vectogram of observation sites

其 Mapbasic 功能中的 Arclink 将 GPS 定点资料转为 Arc/Info 通用格式的矢量数据(图 1), 然后对其属性数据库进行编辑, 输入各地物所占比例及苗情等级。

(4) 地理信息数据处理。地理信息各图件均在 Arc/Info 下进行编辑整理形成矢量文件, 并转换成统一的地理经纬度坐标。1:250 000 的等高线数字地形图在 Arc/Info 下进行三角网(TIN)内插成网格大小为 1.1 km 的数据集(DEM)(图 2)。考虑到计算机的运行速度及空间限制, 我们将 TM 资料重采样成 0.005°×0.005°的栅格图, 这样每一个 NOAA/AVHRR 像元对应 4 个 TM 像元。

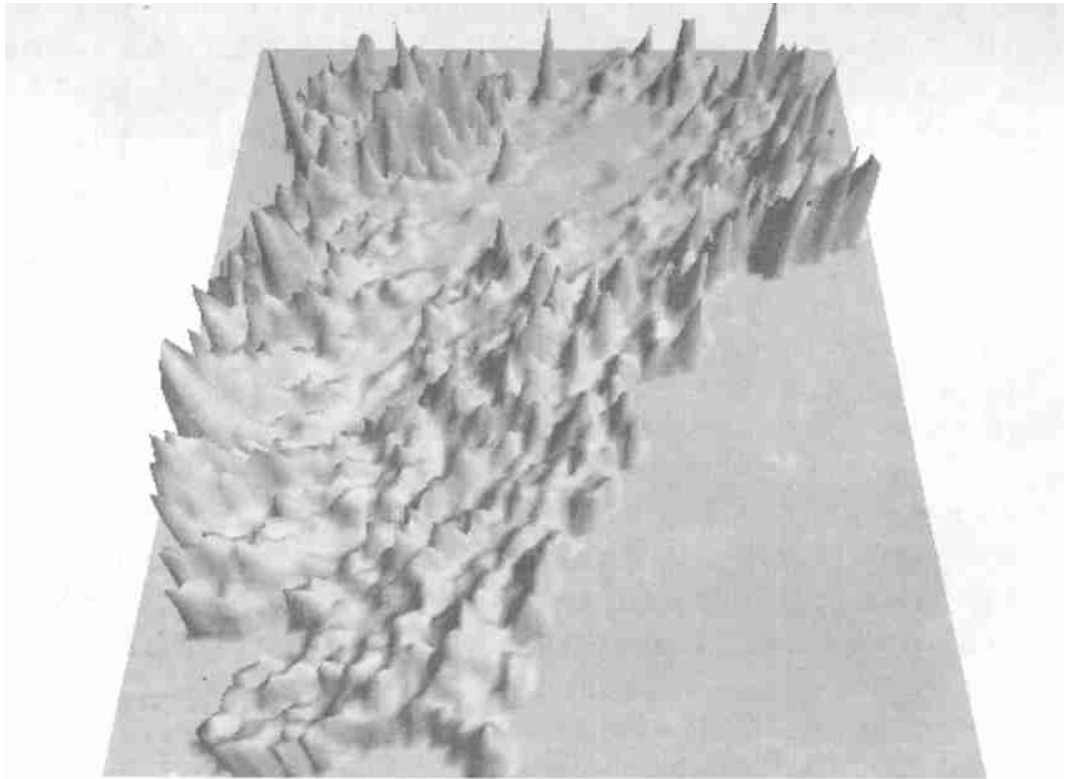


图 2 江西省数字高程三维立体图

Fig. 2 Three-dimension map of digital elevation in Jiangxi Province

2 长势监测方法

采用农学上常用的苗情分类等级来表征, 利用 GPS 定位观测资料及农业气象观测站资料进行监督分类。监督分类采用最大似然法。它是建立在 Bayes 决策规则和 '0、1' 损失函数上的模式识别规则^[5]。

设 $P(Z|S_k)$ 为 Z 的概率密度, 而已知 Z 属于 S_k 类; 并且 $P(S_k)$ 为 S_k 类出现的先验概率。又令 $\lambda(S_i|S_k)$ 为把属于 S_k 类的样本归入 S_i 类时所蒙受的损失。条件平均损失 $L(Z, S_k)$ 由下式给出,

$$L(Z, S_k) = \sum_{i=1}^k \lambda(S_i|S_k) P(S_i|Z)。$$

(1)

这是与样本特征矢量 Z 和把它归入类别 S_i 相连带的损失, 每一项由该特定分类带来的损失所加权。Bayes 判决必须使 (1) 式给出的条件平均损失为最小, 即

$$L(Z, S_k) < L(Z, S_i), \quad i = 1, \dots, m \text{ 为类别数。} \quad (2)$$

后验概率 $P(S_i|Z)$ 可用 Bayes 法从 $P(Z|S_i)$ 算得,

$$P(S_i|Z) = \frac{P(Z|S_i)P(S_i)}{\sum_{k=1}^m P(Z|S_k)P(S_k)} \quad (3)$$

考虑对称损失函数

$$\lambda(S_i|S_k) = \begin{cases} 0 & i = k \\ 1 & i \neq k \end{cases} \quad i, k = 1, \dots, m, \quad (4)$$

此式对于正确的判决无损失, 而对于任何错误判决的损失为 1 单位。因此对所有错误判决代价相等, 相应的条件平均损失是

$$L(Z, S_k) = \sum_i P(S_i|Z) = 1 - P(S_k|Z) \quad (5)$$

$P(S_k|Z)$ 是被定为正确类别 S_k 类的条件概率。因此, 为了使条件平均损失最小, 应当选择后验概率 $P(S_k|Z)$ 为最大的 S_k 类。分类表可用一个判别式函数 $g_i(Z)$ 集来表示: 如果对于所有 $i \neq k, g_k(Z) > g_i(Z)$, 则把特征矢量 Z 归入 S_k 类, 分类表计算 m 个判别式函数并选择对应于判别式最大的类别。

$$g_k(Z) = P(Z|S_k)P(S_k) \quad (6)$$

至此, 判决法则为: 给定特征矢量 Z , 若对于所有 $i \neq k$,

$$P(Z|S_k)P(S_k) > P(Z|S_i)P(S_i), \quad (7)$$

则判定 $Z \in S_k$ 。对于遥感图像常可证明下述假设属实: $P(Z|S_k)$ 是一个多维正态概率密度分布, 均值为 $M_i = E\{Z_k\}$, 而协方差矩阵为 $\Sigma = E\{(Z - M_i)(Z - M_i)^T\}$, 则

$$P(Z|S_k) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} \Sigma^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(Z - M_i)^T \Sigma^{-1} (Z - M_i)} \quad (8)$$

因此最大似然法建立的判别函数集为,

$$D_i(Z) = \frac{P(S_i)}{(2\pi)^{N/2} \Sigma^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(Z - M_i)^T \Sigma^{-1} (Z - M_i)\right] \quad (9)$$

若第 i 类别中的点对于第 i 类别的判别函数的值大于它对于任何其他类别判别函数在该点的值, 则 $Z \in S_k$ 。

在业务运行中, 由于人力、物力、财力的限制, 不可能每年都进行 GPS 定位观测。对于无 GPS 定位资料的年份, 无法进行监督分类, 我们采用了迭代自组织分析法进行长势监测。迭代自组织分析法 (ISODATA, Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) 是一种非监督分类方法, 其计算步骤如下^[4]。

(1) 选择聚值集数 k ;

(2) 选择一种把 M 个特征矢量 Z 划分为 K 个聚值集的初始划分, 计算聚值集的均值 m_k , 在这里我们利用有 GPS 定位资料年份监督分类产生的各类的聚类中心作为初始聚类中心;

(3) 计算特征矢量 Z 到每个聚值集均值的距离;

(4) 把 Z 划入最近的聚值集;

(5) 计算新的聚值集的平均值, 并转回第 (3) 步, 计算特征矢量 Z 的类别的变化, 若 95 % 的特征矢量所划类别不再变化或达到最大的迭代次数, 就停止计算;

(6) 否则计算新的聚值集的平均值, 并重复步骤 (3) ~ (5)。

3 结果分析

3.1 长势监测植被指数选择

作物长势监测是建立在光谱理论基础上的。根据绿色植物对光谱的反射特性,在可见光部分有强的吸收带,近红外部分有强的反射峰,可以反映出作物生长信息。而由近红外(NIR)和可见光(VIS)组成的各种植被指数可以增强近红外波段反射光谱信息,因而可以间接反映作物生物量。常用的植被指数中,比值植被指数(I_{RV})对土壤背景变化的敏感度较 I_{NDV} 、 I_{DV} 均小,当植被覆盖度较小时, I_{RV} 不能很好地识别植被密度差异,但在高覆盖度下, I_{RV} 对植被十分敏感,与生物量的相关性最好,因而适合高覆盖度的植被监测。差值植被指数(I_{DV})对土壤背景的变化较 I_{RV} 敏感,植被覆盖度高时,对植被的灵敏度有所下降。归一化植被指数(I_{NDV})对土壤背景的变化较为敏感,随绿色植被覆盖度的增加而迅速增大,当覆盖度增加到一定程度时,绿度值增加缓慢,适用于农作物早、中期的监测,是植被空间分布的最佳指示因子。垂直植被指数(I_{PV})受土壤背景的影响较小,对植被具有适中的灵敏度,有利于提取植被在各种土壤背景下生长发育的信息。

I_{PV} 由于考虑了土壤线,对低植被覆盖有更好的指示作用,但地区不同、土壤类型不同,土壤线也不同,而且土壤线不是严格的直线,是有适当宽度的带^[6],求算复杂且存在一定误差;而比值植被指数 I_{RV} 受土壤背景的影响较小,再加上我们已进行了分区,土壤背景较为一致,且是在拔节以后植被覆盖度较高的情况下进行长势监测和估产,因此选用 I_{RV} 作为作物长势监测的植被指数。

3.2 提取双季晚稻长势的混合像元分解技术

江西省自然条件多样,地形复杂,地块小而分散,种植结构多样,使水稻种植空间的分布多呈离散状态,NOAA/AVHRR像元多为混合像元,直接提取反映水稻的植被指数颇为困难,必须对混合像元进行分解。目前,NOAA/AVHRR的混合像元分解技术多用于如何提取作物的面积,而我们试用混合像元分解技术监测作物长势。

从理论上讲,NOAA/AVHRR各波段的像元亮度值具有线性可加性^[7]。然而,某一地区同一地物的光谱反射率存在一定差异,如植物长势不一致,各类地物所占百分比不十分精确,而NOAA/AVHRR本身也存在某些误差,因此混合像元的线性关系亦存在一定误差。本试验忽略这些误差,用植被指数的线性可加性进行混合像元分解。

结合江西省土地利用特点及NOAA/AVHRR数据的光谱特征,一般350 m以上山区水稻种植面积很小,因此根据高程数据首先除去350 m以上山区,然后将地类分为水田、林地、旱地、水域、居民地等5类。

利用GPS定点资料中各地物所占百分比及1996年TM遥感资料解译的全省土地利用现状图,求得NOAA/AVHRR中每一像元内各地物的百分比,除去像元中水田比重小于30%的像元,并对水田比重在30%以上的像元认为其 I_{RV} 具有线性可加性,由此组成线性方程组并求得反映双季晚稻长势的植被指数。

3.3 长势监测结果

由于NOAA/AVHRR资料分辨率较低,在一个像元中不但地物存在混合性,而且水稻长势同样存在混合性,同一像元中同时存在几类苗情。用GPS定位资料选取1~3 km范围内比例较大的苗情类别作为该定位点苗情。根据实际情况将苗情分为5类: :一类苗; :一类苗与二类苗; :二类苗; :二类苗与三类苗; :三类苗。

从1995~1997年的统计资料看出,各县市的双季晚稻播种面积年际变化很小,而GPS定位观测区均在1996年TM资料获得的土地利用图的水田区域内。因此根据土地利用图及

1996 年 TM 资料获得的土地利用图、1: 250 000 高程数据、GPS 定位苗情观测数据和 14 个农试站的苗情观测资料对 NOAA 资料获得的植被指数数据进行分区监督分类, 确定初始聚类中心, 进行非监督分类得到 1999 年 9 月 10 日苗情分类图(图略)。

从图中可看出, 鄱阳湖平原区一类苗较多, 而吉泰盆地区三类苗较多, 与两区的农业生产实际非常相符, 鄱阳湖平原区是江西省最主要的水稻高产稳产区, 吉泰盆地区内中低产田面积较大。此外, 赣东北区三类苗也较多, 一方面该区内中低产田有一定面积, 另一方面云的影响也较大, 产生一定误差。

将此分类结果与 GPS 定位观测苗情进行比较可见(表 1), 在定位的 100 多点资料中, 除去云影响的资料后所剩 88 点苗情观测资料中, 分类完全正确的有 28 个, 占 31.8%。考虑到 NOAA/AVHRR 资料的地物混合、苗情混合问题以及人为观测误差, 可认为与实际观测苗类相差一个级别的分类值为正确, 总共有 73 个, 占 83%。考虑到 NOAA/AVHRR 资料中云的影响, 这一监测结果效果较好。

表 1 苗情分类精度

Table 1 Accuracy analysis on classification of seedling status

实测苗情	分类结果	实测苗情	分类结果	实测苗情	分类结果	实测苗情	分类结果	实测苗情	分类结果
2	5	5	2	5	4	5	5	5	5
2	3	5	3	5	4	1	1	1	5
2	2	4	5	4	4	4	5	4	4
2	2	4	3	4	5	4	2	4	2
2	2	4	2	4	2	4	4	4	4
2	3	4	2	4	3	4	1	3	5
2	3	3	2	3	2	3	2	3	4
1	1	3	2	3	2	3	3	3	2
2	2	3	3	3	5	3	2	3	3
2	2	3	3	3	4	3	4	3	4
2	4	3	4	3	4	3	4	3	2
1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
2	4	2	3	2	2	2	1	2	3
2	3	2	2	2	2	2	3	2	1
2	2	2	5	2	2	2	3	2	1
1	2	2	2	2	1	2	3	2	3
2	3	2	2	2	1	2	3	2	3
2	2	2	1	2	1				

4 结 语

针对丘陵山区作物种植的实际情况, 引入地理信息数据数字高程、土地利用分类数据及 GPS 定位观测数据参与遥感影像分类, 充分发挥 GIS 的空间分析优势, 使 RS 影像识别精度在 GIS 支持下利用 GPS 定位观测资料和地理信息资料作为重要的信息源得到改善。

在晚稻长势监测中首次使用了监督分类及迭代自组织分析分类方法, 可节约人力、物力的投入, 且监测结果准确、直观, 非常适用于实际业务。

在长势监测中使用了混合像元分解技术。由于线性方程要求植被指数具有良好的线性可加性,而比值植被指数的线性可加性存在一定误差,在一定程度上影响了监测效果。

参考文献:

- [1] 李郁竹主编. 冬小麦气象卫星遥感动态监测与估产论文集[M]. 北京: 气象出版社, 1993
- [2] Raafat H M, Xiao Qinghan, Gauthier D A. An extended relational database for remotely sensed image data management within GIS[R]. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 1991, 29(4): 651 ~ 665
- [3] 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64 ~ 68
- [4] 李建龙, 蒋 平, 戴若兰. RS、GPS 和 GIS 集成系统在新疆北部天然草地估产技术中的应用进展[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 504 ~ 510
- [5] 郭德方. 遥感图像的计算机处理和模式识别[M]. 北京: 电子工业出版社, 1987
- [6] 徐彬彬, 周 斌, 李德成. 土壤光谱对植被覆盖度判读的影响及波段评价[M]. 遥感基础试验与应用. 北京: 中国科技出版社, 1991. 129 ~ 136
- [7] 赵 锐, 王延颐, 戴锦芳主编. 中国水稻遥感动态监测与估产[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996

Application of 3S to Growth Vigour Monitoring for Late Rice of Double Harvest

LI Jian-ping, ZHENG You-fei

(Department of Envelopment Science, NIM, Nanjing 210044)

YING Jian-ming, WEI Li

(Jiangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanchang 330046)

Abstract: This study, taking Jiangxi Province as a test area, was to investigate how to comprehensively use RS, GIS and GPS (3S) technique in monitoring crop growth. Due to the complex hilly terrain in southern China, land use/cover information and GPS measurements were both applied for interpretation of NOAA/AVHRR, extraction of vegetation index and then observation of seedling's growing status for late rice of double harvest. Finally in terms of iterative auto-organized analysis, monitoring of rice growth vigour could be realized from corresponding phase-specific NOAA/AVHRR when there are no GPS measurements. Results show that combination of the data on geographical information including digital elevation and land use type with GPS measurements may be appropriate and feasible to better utilization of NOAA/AVHRR data.

Keywords: GIS, GPS, late rice of double harvest, monitoring of growing vigour