

地理信息系统在 NOAA 卫星遥感动态监测中的应用*

周红妹

(上海市气象科学研究所, 上海 200030)

提 要

该文阐述了地理信息系统(GIS)在空间分析和信息处理方面的优势,并有效地将地理信息系统与遥感结合起来,利用 NOAA 气象卫星对上海地区的洪涝灾害、水稻长势和面积进行动态监测,取得了良好的应用效果。

关键词:地理信息系统 NOAA 卫星 动态监测

1 GIS 支持下的 NOAA 卫星资料预处理

NOAA 卫星由于其周期短、时间分辨率高、覆盖范围广等优势已越来越受到人们的重视,并在农业估产、城市热岛、洪涝灾害、森林火灾、海洋渔业等领域发挥了不可估量的作用。而地理信息系统作为对空间信息进行综合处理和分析的有效手段,使人们在利用气象卫星对自然环境的动态监测中,更为便捷,效果更好。

由于 NOAA 卫星资料只是一种遥感信息源,要达到多种信息的综合分析,必须采用 GIS 技术对 NOAA 卫星资料进行相应的预处理^[1]。

(1)专题图件录入 为了便于 NOAA 图像和其它图件的复合分析,必须用地物目标对 NOAA 图像进行几何校正,然后再与有关专题图件进行叠合。利用 GIS 中的数字化功能输入相应比例的专题图件,例如行政边界、土地利用、高程图等,并进行拓扑关系生成,形成属性联系。

(2)NOAA 图像预处理和格式转换 将经过定标、定位、太阳高度角和临边变暗订正、投影变换、截取放大后的 NOAA 图像转换为相应的 GIS 栅格格式。例如,可用 arc/info 中的 imagegrid 命令将 NOAA 资料转换为波段行间隔(BIL)或波段象元间隔(BIP)的栅格格式。

(3)NOAA 图像与矢量专题图件的配准 由于 NOAA 卫星在不同时相中所处的轨道各异,导致图像会随时相的变化而产生不同程度的畸变。因此,必须对图像的扭曲、旋转等畸变加以纠正。

①地面控制点(Ground Control Point)的选取 由于图像配准精度除了选取较好的

* 本文由“上海市农业气象服务系统”项目资助。

1998-02-04 收到,1998-04-30 收到修改稿。

数学模型和重采样技术外,在很大程度上还取决于 GCP 的选取.为了克服 NOAA 卫星分辨率较低,地面控制点选取困难的问题,根据 NOAA 气象卫星频谱特性,即根据红外波段内城镇与农村的反射率有一定差异的特点,采用 2、3 通道反射率的乘积增强以及通道组合法来突出特性点信息,即:

$$R, G, B \in \begin{cases} (CH2 \times CH3)/K \\ CH1 \\ CH2 \end{cases} \quad (1)$$

式中 K 为缩小倍数.该法可以增强城镇和农村光谱差异,突出特征点信息.通过 GIS 可直接根据显著地物选取 NOAA 图像和专题图件的地面控制点,创建 LINK 地面控制点文件.

②NOAA 图像和区域专题图(coverage)配准 首选进行控制点检验,删除均方误差大的链接点,采用 3 次多项式进行 NOAA 图像与 coverage 的配准.并采用最近邻方法进行像素的重采样.

经以上方法配准的 NOAA 图像,其平均误差在 1 个象元之内.

2 GIS 在 NOAA 卫星遥感动态监测中的应用

2.1 GIS 在 NOAA 卫星洪涝灾害动态监测中的应用

(1)NOAA 卫星光谱分析和模式设定 由于引起洪涝灾害的主要成份是水,而受灾程度又和土壤、植被密切相关,故必须对洪水、土壤、植被光谱有所认识^[2].水的光谱在可见光波段具有较强的反射峰,其反射率随着杂质的增加而增大;而植被在可见光波段内具有吸收峰,在近红外波段具有强反射;土壤的光谱在可见光和近红外波段内随着波长的延伸反射率亦呈上升趋势(图 1).因此,根据 $0.58 \sim 1.10 \mu\text{m}$ 波长范围内的光谱曲线分析,发现在可见光波段内,植被反射率最低,水反射率次之,反射率最高的是土壤.当地面和植被遭受洪涝时,其反射率会发生变化.即植被反射率增高,土壤反射率降低.在近红外波段,水的反射率较低,土壤反射率次之,而植被却有高反射.当受淹时,土壤和植被的反射率会明显减弱.不同地物在可见光和近红外波段的反射率特征正是进行洪涝灾情监测的理论依据.根据 NOAA 卫星光谱特征分析,设定 $R = CH1/CH2$ 作为洪涝灾情光谱分析模式,其中 CH1、CH2 分别为可见光和近红外波段灰度值.

由不同地物的 NOAA 光谱特征得出,明水体的 R 值大于等于 1.但由于以洪水为主的混合象元存在,即随着下垫面植被、土壤等介质被洪水不同程度的浸润,其反射率会发生变化,即 R 值会有所减小.因此本文在光谱模式设定基础上同

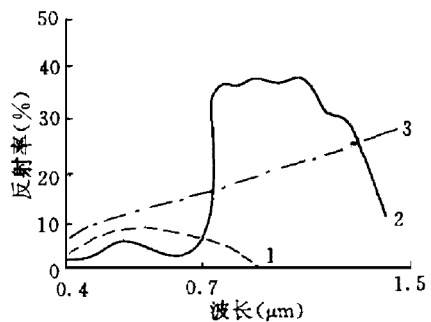


图 1 NOAA 卫星水、土壤、植被光谱反射曲线(1 清水,2 植被,3 土壤)

时还采用直方图分析法进行 R 值光谱范围的划分和设定。

直方图是用于表达图像灰度分布状况的统计图表,反映不同灰度值的像素数在整幅图像中所占的比例。鉴于 R 值对不同地物的光谱反映形式不同,其水体、植被和土壤、云区的 R 值在直方图表示形式上呈现规律性的三重概率分布峰体,而属于水体概率峰体(第二重峰)的区间即是水体光谱 R 值的下限和上限。

(2)地面受灾概率模式设定 洪涝灾害的形成,除了与天气、气候状况密切相关外,与下垫面状况也有很密切的关系。如地势低、河道、水系错综复杂、排灌能力差等地区则容易遭受洪涝灾害。GIS 专家打分模型是用于解决大量复杂因素的地理问题的综合评价系统分析模型,本文采用该模型进行地面受灾概率模式的设定,在实地踏查和充分调研的基础上对下垫面状况,即地面高程、土地利用、水系状况、易涝面积、历年受灾面积、受淹频数、伤亡人数、旱涝保收面积、排涝控制面积等因子进行综合评判,将相关联的影响因素按其相对重要性排队,给出各因子所占的权重值,并对每一要素内部进行进一步分析,按其要素内各类别的分类进行排队以及按各类对结果的影响给分,从而得到该要素内各类别对结果的影响量,最后进行加权复合。其数学模型为:

$$Y_p = \sum_{i=1}^m W_i T_{ip} \quad (2)$$

其中 Y_p 表示第 p 点的最终复合结果等级, W_i 表示第 i 个要素的权重, T_{ip} 表示第 i 个要素在 p 点类别的专家打分, m 表示影响因子的个数。

根据复合结果以及实况分析,最终归并、划分成 10 个等级的受灾概率分布图。其中 1~2 级为易灾区, 3~4 级为较易受灾区, 5~6 级为可能受灾区, 7~8 级为不易受灾区, 9~10 级为不可能受灾区。

(3)GIS 空间分析模式设定 为了动态监测受灾地区的洪水状况和涝灾程度,以 NOAA 卫星资料为主要信息,各种专题图件包括乡、县界图、耕地、水系、城镇、受灾概率分布图为辅信息,建立空间分析和逻辑判别模式,采用 arc/info 中 aml 语言在栅格处理(grid)平台上建立洪涝灾情动态监测系统。

逻辑判别和复合分析的主导思想是将 NOAA 卫星的 R 值图像、水系、城镇、耕地、概率分布等 5 个因子作为空间分析依据,并将 NOAA 卫星 R 值图像作为首要因子,结合直方图分析进行受涝程度光谱分类,然后对每一类水体的 R 值分别与其它 4 个因子一起逐象元进行逻辑判别和分析,满足以下条件为受灾,即:

- con1: R 值以及直方图计算、分析为水体
- con2: 不是水系和水网
- con3: 不是城镇
- con4: 属耕地
- con5: 概率分析结果为易受灾和较易受灾区

受灾象元为这 5 个条件的交集,即:

$$R_p = \{con1\} \cap \{con2\} \cap \{con3\} \cap \{con4\} \cap \{con5\} \quad (3)$$

其中 p 为象元号。对整幅图像逐象元处理,将处理结果与耕地、行政边界图进行叠加,即可得到不同等级受灾分布图,并可计算相应面积。

(4)应用实例 1991年6月由于江淮地区普降大到暴雨,引起长江泛滥,洪涝灾情严重.受相应气候影响,此期间上海地区也普降大暴雨,部分地区遭受了较严重的洪涝灾害.为了分析上海地区洪涝灾情状况,本文取1991年6月19日NOAA 11卫星资料,经定标、定位、太阳高度角及临边变暗订正、投影变换、几何纠正等预处理后,进入业务运行系统进行涝情分析,得出6月19日上海市青浦县遭受了较严重的洪涝灾害.受灾地点为朱家角地区、淀山湖下侧的西岑地区.而淀山湖左侧的商塌地区以及小昆山附近的下字圩地区土壤湿度较高.其中受灾较严重的为朱家角、西岑的部分地区,面积为 319.3 hm^2 .土壤潮湿区面积为 1047.5 hm^2 .

为了对系统进行实况验证,取青浦县气象站的实况资料进行分析.自6月3日入梅至20日出梅期间,青浦县普降大到暴雨(339.2 mm).此次梅雨过程中,青浦县农作物受灾面积总计为 317.5 hm^2 .将系统作出的结果与青浦县防汛指挥部统计资料进行比较,受灾面积精度达90%以上.

2.2 GIS在NOAA卫星水稻长势和面积监测中的应用

由于使用NOAA/AVHRR资料对于空间区域较小、地面结构复杂的地表监测有一定难度^[3],为了达到提高空间分析精度的目的,本文采用GIS技术,以气象卫星遥感资料为主,以气象、地面农情监测网资料为辅,综合分析上海水稻分布,进而求出水稻种植面积.

(1)GIS支持下的上海水稻遥感估产分层 由于上海各区县的区域特征并不完全一致,区域特征的差异会造成土地利用类型的同物异谱、同谱异物的现象.为了保证对上海水稻面积的训练分类,在选择样本象元前,首先对区域进行分层^[4].根据上海市农业局提供的1988~1991年分乡地面统计资料,进行了如下处理:

①根据不同地理生态环境、不同生产能力选取水稻占耕地面积比、土壤类型、土地利用类型、地形地貌、人均社会产值等5个因子对上海水稻生产水平进行综合评价.

②按各因子之间的隶属关系分成从高到低若干层次,然后建立不同层次元素之间相互关系.在同一层次中比较各元素的相对重要性,并根据它们在目标中所占的比重确定它们的权值.

③在分别确定了因子权重系数后,即可应用GIS工具进行专家打分,并对综合权值进行叠加分类和逻辑提取.

利用上述方法对上海10个县水稻分布情况进行综合分层,根据不同地理、环境和水稻分布等特征应分成三部分,即西部的松江、金山和青浦为一类,东部的宝山、上海、嘉定、川沙、南汇为一类,长江中的崇明岛为一类.

GIS支持的上海水稻估产分层流程图见图2.

(2)GIS支持下的水稻长势监测 根据NOAA卫星下垫面光谱特征,市中心和滩地在可见光和近红外波段的反射率相等,即 $\text{CH}_2 - \text{CH}_1 = 0$.而植被在 CH_2 内有较高的反射峰,在 CH_1 内有吸收峰,这种叠加效应形成 $\text{CH}_2 - \text{CH}_1 > 0$,本文采用差值植被指数模式 $\text{DVI} = \text{CH}_2 - \text{CH}_1$ 进行水稻信息的提取.鉴于水稻的种植分布状况和产量水平的差异,需分区建立遥感解译模式.在水稻遥感估产分层的基础上,通过GIS进行逻辑提取和分析,得出上海水稻产区的水稻长势.值得注意的是必须选取水稻生长期内与其它作物光谱差异较大的NOAA卫星资料进行分析处理.根据1995年8月12日(水稻分蘖期)NOAA 12图像进行

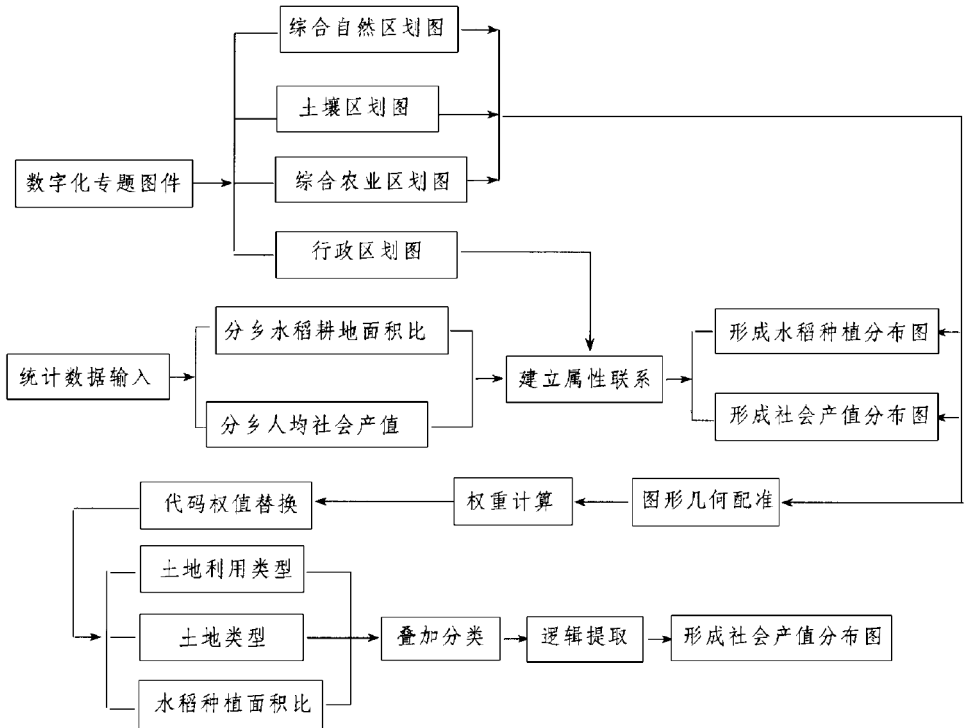


图2 GIS支持下的水稻估产分层流程

GIS 逻辑分析,上海 1995 年水稻长势情况分四类. 第一类为水稻长势最好区域,其特征为水稻种植比例高,土壤、地形对水稻生长最有利. 第二类为水稻长势处于较好水平,其特征为水稻种植比例高,土壤、地形对水稻生长较有利. 第三类为水稻和其它作物混种区,水稻种植比例较小,土壤、地形对水稻生长不是很有利,水稻单产较低,其长势属中等水平. 第四类为零星水稻种植区,其土壤、地形对水稻生长不太有利且混种作物较多,故长势较差.

通过对上海郊县的水稻长势情况进行实地踏查,发现松江、金山县以及奉贤县部分地区水稻长势较其它地区普遍较好. 川沙、嘉定、宝山县以及青浦、崇明县部分地区水稻长势一般化. 南汇县和奉贤县东部部分地区属零星水稻种植区,长势较差. 与 GIS 实现的水稻长势监测进行比较,结果是满意的.

(3)水稻种植面积的估算 由于 NOAA 卫星分辨率较低,而上海地块又较复杂和破碎,为了克服以上缺陷,本文在用 GIS 进行区域分层的基础上,采用模糊监督分类方法对 NOAA/AVHRR 数据进行象元分解^[5],进而估算水稻种植面积.

①模糊监督分类模式的建立 模糊监督分类法主要是根据样本象元的地面实际情况,确定每一象元对各种地类的隶属度. 根据样本象元计算各类型的模糊均值矢量和模糊方差矩阵.

每一类的模糊均值矢量 V_j^* 为:

$$V_j^* = \sum_{i=1}^n u_{ij} X_i / \sum_{i=1}^n u_{ij} \quad (4)$$

式中, n 为样本象元数, u_{ij} 是第 i 个象元属于第 j 类的隶属度, X_i 为第 i 个样本象元的象元值矢量, $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$, m 是象元光谱值矢量的维数。

模糊协方差矩阵 \sum_j^* 为:

$$\sum_j^* = \sum_{i=1}^n u_{ij} (X_i - V_j^*) (X_i - V_j^*)^T / \sum_{i=1}^n u_{ij} \quad (5)$$

确定分类参数 V_j^* 和 \sum_j^* 后, 对每一象元进行模糊监督分类, 即确定象元对各类地物的隶属度. 象元属于某一类 j 的隶属度 u_{ij} 为:

$$u_{ij} = P_j^*(X_i) / \sum_{k=1}^c P_k^*(X_i) \quad (6)$$

这里 $\sum_{k=1}^c P_k^*(X_i)$ 为归一化系数, 其中

$$P_k^*(X_i) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} |\sum_k^*|^{1/2}} \cdot \exp[-1/2(X_i - V_k^*)^T \sum_k^*^{-1} (X_i - V_k^*)] \quad (7)$$

式中, c 是预先定义的分人类, $1 \ll j \ll c$, k 表示第 k 类, $1 \ll k \ll c$.

② 样本象元的选择和隶属度的确定 为了克服区域特征的差异, 提高分类精度, 我们采用 GIS 支持下的上海水稻遥感估产分层法对区域分层后, 对每一部分分别选择样本象元. 并通过对照航空像片和根据航空像片解译的分县土地利用图来确定样本象元的隶属度. 对某些象元, 需要在航片或地图的相应位置上, 确定一个一定大小的区域(约 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$), 计算各个土地利用类型图斑面积, 得出它们的比例。

利用选择的样本象元及 AVHRR 通道 1 和通道 2 数据, 对每个县内各个象元进行模糊分类, 计算出各类土地利用类型的象元数和百分比, 进而求出水稻面积。

③ 精度分析 水稻种植面积精度采用面积比方法, 即:

$$T = 1 - \frac{|S - \bar{S}|}{\bar{S}} \quad (8)$$

式中, T 为估算精度, S 为 AVHRR 资料计算面积, \bar{S} 为实际统计面积. 本文选用 1992 年 6 月 19 日(水稻移栽期)以及 1993 年 9 月 9 日(水稻抽穗期)NOAA 资料进行训练分类和水稻面积估算. 面积计算结果见表 1. 从表 1 可看到, 用估算的水稻种植面积与统计局调查结果比较, 总体精度达 90% 以上. 自 1992 年起已向上海市各级政府和农业部门公开发

表 1 上海郊县水稻面积(hm^2)估算精度

	宝山	上海	嘉定	川沙	南汇	奉贤	松江	金山	青浦	崇明	合计
1992 年											
计算面积	14980	14340	16830	17510	21990	19550	29070	28720	28370	32200	223560
上报面积	12990	14070	15880	14880	20670	20490	26080	26010	25150	28110	207020
精度(%)	84.7	98.1	90.6	82.3	93.6	95.4	88.5	89.6	87.2	85.5	92.0
1993 年											
计算面积	10340	10140	18580	13810	20030	18050	28120	22530	18550	22570	182720
上报面积	11090	11020	16460	12960	19820	19700	24990	25170	22960	27350	191520
精度(%)	93.2	92.0	87.1	93.4	98.9	89.1	87.5	89.5	80.8	82.5	95.4

布,收到了较好的应用效果.

3 结 论

实践证明,将地理信息系统作为采集、管理和分析空间数据的主要手段,对气象卫星遥感图像进行实时处理和动态分析,不仅有助于提高遥感数据自动分类以及空间定位的精度,并能使卫星遥感信息的应用水平大大提高.随着现代科学的不断发展,GIS在气象卫星遥感动态监测应用中将发挥更大潜力和作用.

参 考 文 献

- 1 周红妹,杨星卫,楼萌,等.地理信息系统在气象卫星遥感资料处理中的应用.大气科学与应用,1993,89~94.
- 2 周红妹,朱永祺,杨星卫,等.应用 NOAA/AVHRR 资料动态监测洪涝灾害的研究.遥感技术和应用,1996,11(2):26~31.
- 3 赵锐,王延颐,戴锦芳,等.中国水稻遥感动态监测与估产.北京:中国科学技术出版社,1996.
- 4 杨星卫,王红,周红妹,等.GIS支持下的上海水稻遥感估产分层研究.遥感技术和应用,1993,8(2):78~83.
- 5 吴健平,杨星卫.用 NOAA/AVHRR 数据估算上海地区水稻种植面积.应用气象学报,1996,7(2):190~193.

THE APPLICATION OF GIS IN REMOTE SENSING DYNAMIC SURVEY WITH NOAA SATELLITE

Zhou Hongmei

(Shanghai Research Institute of Meteorological Science, Shanghai 200030)

Abstract

The dynamic survey of flood disaster, rice growth and rice planting area are studied by integrating NOAA/AVHRR data with Geographic Information System (GIS) in Shanghai area, and the satisfied results are obtained.

Key words: Geographic Information System (GIS) NOAA satellite Dynamic survey