

雪盖卫星遥感信息的提取方法探讨

冯学智

(南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

李文君

(中国科学院冰川冻土研究所, 兰州 730000)

柏延臣

(中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要 着重论述了从卫星遥感资料中提取雪盖信息的一些方法. 结果表明, 利用积雪阈值参数从 NOAA/AVHRR 图象中提取雪盖信息方法和利用积雪指数(NDSI)从陆地卫星 TM 图象中提取雪盖面积的技术, 以及利用 NOAA/AVHRR 和 TM 信息复合的技术, 可提高信息获取的精度, 具有实用价值.

关键词 卫星 雪盖 积雪指数 阈值选择 提取方法

中图分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)10-0836-04

Research on the Methods of Obtaining Satellite Snowcover Information

FENG Xue-zhi

(Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093)

LI Wen-jun

(Lanzhou Institute of Glaciology and geocryology, CAS, Lanzhou 730000)

BAI Yan-chen

(LREIS, Institute of Geography, CAS, Beijing 100101)

Abstract The methods of obtaining satellite snowcover information were described and discussed in this paper. The threshold value of snow was used for extracting snowcover information from NOAA/AVHRR images, and the Normalized Difference Snow Index (NDSI) was used for acquiring snowcover image from Landsat TM data. In order to derive more detail snowcover information, the matching technique of NOAA/AVHRR and TM images was also involved in the research. The results showed that the accuracy can be improved when the methods were used in the extraction of snowcover information from satellite images.

Keywords Satellite, Snowcover, NDSI, The threshold selection, Extracting methods

0 引言

积雪作为地表最为活跃,且具有多重属性的自然因素,早已引起众多地学科学家的关注与重视.在我国高寒山区及干旱、半干旱地区,积雪作为一笔可观的淡水资源储备,在国民经济建设与可持续发展中占有一定的重要地位,特别是季节性的冰雪融水作为春季河川径流的主要补给水源,已直接影响这

些地区的工农业生产与发展,也已引起一些专家的兴趣.近年来,随着遥感技术的不断普及,雪盖卫星遥感信息已广泛应用于我国西部的积雪研究,特别是随着牧区雪灾遥感监测及融雪径流模拟等一批研究成果的逐步实用化^[1,2],对雪盖卫星遥感信息的精度要求也愈来愈高,进一步探索其信息的提取方法也更具有实际意义.

雪盖卫星遥感信息的提取主要是根据积雪在可见光与近红外波段具有较高的反射特性,因而可通过

一定的数字图象处理技术,从卫星遥感图象数据中获得积雪信息.但由于大气传递函数所造成的信号衰减,云与雪信息在可见光与近红外波段的相互掺杂与干扰,加之不同卫星传感器空间分辨率的差异,提取方法也不尽相同.

1 雪盖遥感 NOAA/AVHRR 卫星信息的提取

对于 NOAA 卫星资料的去云处理已有大量的研究成果^[3],当去云之后,从 NOAA/AVHRR 卫星图象中提取雪盖信息的方法包括以下 3 个步骤:

1.1 图象的增强处理

由大气传递函数所造成的信号衰减,在 NOAA/AVHRR 积雪图象中主要表现为积雪与其它地物的界线模糊,在图象的直方图上主要反映为高亮区的反差减少,信息挤压,难以识别积雪信息,因此,在确定区分积雪区的阈值之前均需做图象的直方图增强处理.

1.2 积雪信息提取阈值的确定

在 NOAA/AVHRR 图象中,由于积雪的亮度级较高,且与其它地物有明显的区别,因此,在积雪较多的图象中其直方图常常会出现两个波峰.此时,判别积雪的阈值 T 取双峰之间的最低点.但当积雪与其它地物在图象上并不具明显的分界时,虽也会出现双峰,但无明显最低点,甚至只存在单峰.在这种情况下确定积雪判别的阈值 T 就比较复杂.

当其直方图存在双峰时,可以利用二次方程计算 T 值,其方程形式为

$$AT^2 + BT + C = 0$$

式中, $A = \delta_1^2 - \delta_2^2$, $B = 2(\mu_1\delta_2^2 - \mu_2\delta_1^2)$,

$$C = \mu_2^2\delta_1^2 - \mu_1^2\delta_2^2 + \delta_1^2\delta_2^2\ln(\delta_2P_1/\delta_1P_2)$$

其中, μ_1, μ_2 分别为直方图暗区和亮区象元亮度值的均值; δ_1, δ_2 分别为双峰的标准偏差; P_1, P_2 分别为双峰的先验概率.

求解上式后,可得到最佳阈值的解,可用于准确划分积雪与非积雪地物信息.

在直方图(图 1)上只有一个峰值时,说明积雪与其它地物的边界较为模糊.重叠信息较多,难以从直方图上直接求得阈值.此时可根据经验,通过从图象上直接判读积雪的最低亮度值来获得 T 值.但由于太阳高度角在冬至时最低、夏至时最高,地面的太

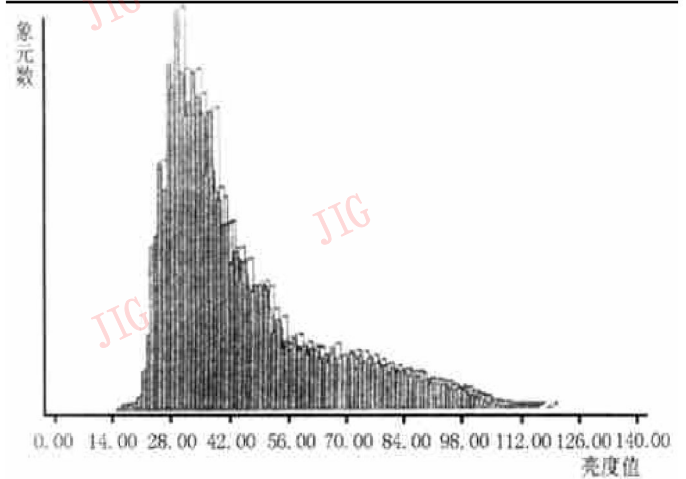


图 1 积雪 NOAA/AVHRR 第 2 波段图象直方图

阳照射度也随之由低而高、由高而低地渐变,因此地面反射率也按正相关变化,在选取积雪阈值 T 时必须考虑这一因素.

一旦得出积雪判别的阈值 T 后,可用下式提取出积雪信息

$$f(x, y) = \begin{cases} f(x, y), & \text{当 } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{当 } f(x, y) < T \end{cases}$$

由此方法获得的积雪图象如图 2 所示.

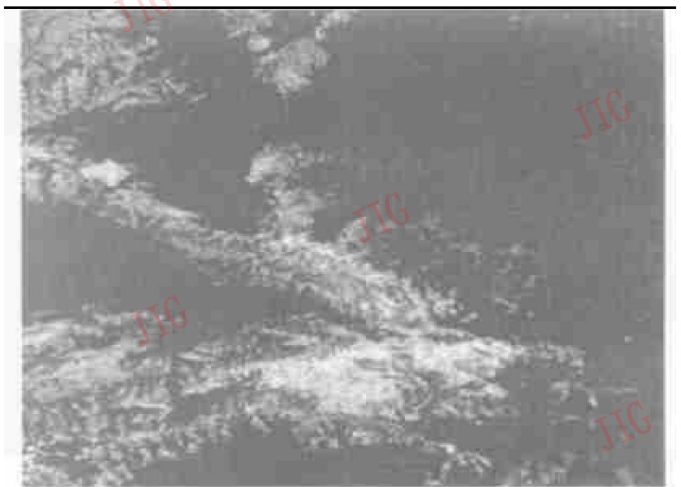


图 2 NOAA/AVHRR 积雪图象

1.3 积雪图象的分类

积雪图象的分类是指在从 NOAA/AVHRR 图象中提取雪盖信息之后,再对积雪类型作进一步的划分.由于对经过积雪信息提取后的积雪图象进行再分类时,往往难以给出其训练样本,因而分类过程只能根据图象数据本身的统计特性,采用非监督分类的方法来实现,即对积雪信息按其相似性进行自动识别,可将积雪进一步划分为新雪、粒雪、陈雪等不同的类别(图 3),但分类的精度需进一步验证.

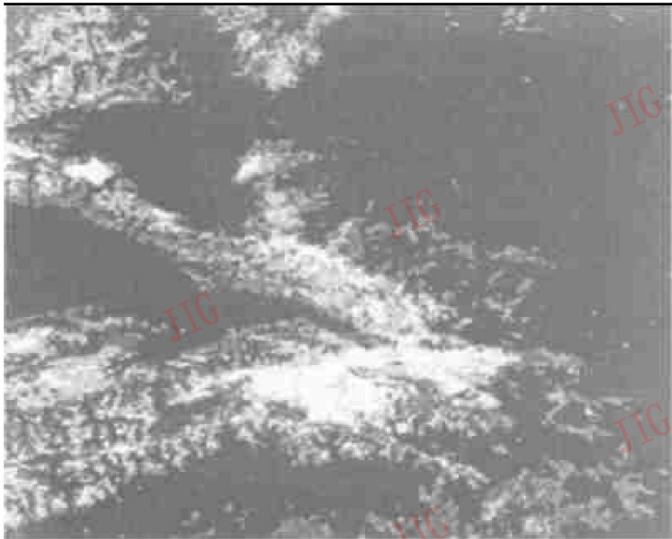


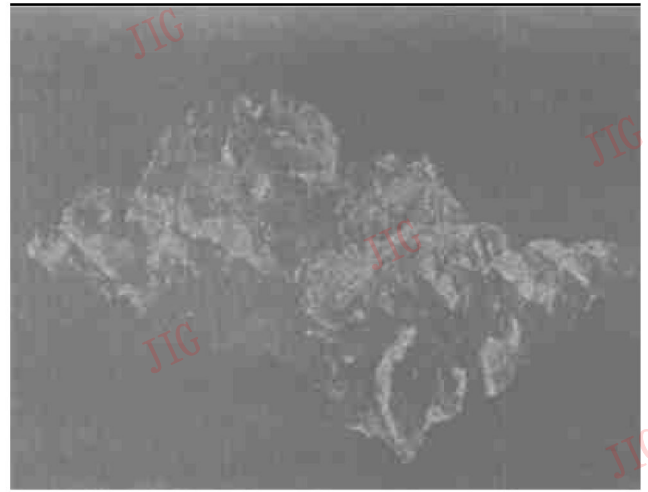
图3 NOAA/AVHRR 图象的积雪分类图

2 陆地卫星 TM 图象的雪盖信息提取

用 TM 资料提取雪盖信息, 一般来说, 比用 NOAA 资料略为方便. 这是因为 TM5 波段数据具有区别积雪与云的功能. 在这个波段, 由于云仍保持较高的反射率, 而积雪的反射率则骤降(图4), 因



(a) TM2 波段积雪图



(b) TM5 波段积雪图

图4 天山地区 TM 图象积雪分布图

3 TM 与 NOAA 资料的复合

理论上讲, TM 和 NOAA 资料的空间分辨率是完全不同的, 因此对其在空间域强制配准没有实际意义. 为此, 应寻找一个新的空间, 一方面能保留图象的全部信息, 另一方面在新的变换域内使两者有相互可比共同标准.

从空间频谱的角度分析, 遥感影象亮度值的空间变化都可以分解为由具有不同空间频率的波所组

成, 可通过一个阈值就能从 TM5 波段图象上区分积雪与云. 但是由于积雪主要分布在山区, 而积雪覆盖较多的季节, 也是太阳高度角相对较低的季节, 当从 TM 图象上提取雪盖信息时, 地形的阴影将对其准确性产生严重影响. 为此, 可利用其 TM2 波段和 TM5 波段的光谱特性, 采用比值法来消除其阴影的影响^[4,5]. 同时, 类似于植被指数, 还可引入积雪指数 *NDSI* 来提取雪盖信息

$$NDSI = \frac{DN_{TM2} - DN_{TM5}}{DN_{TM2} + DN_{TM5}}$$

即根据给定的阈值, 利用 *NDSI* 就可以自动提取雪盖信息.

从 *NDSI* 图象上提取雪盖面积, 其阈值是根据经验而确定的. 据 Dorothy 等人对美国蒙大拿州的研究结果表明, 当阈值选在 0.10~ 0.50 之间时, 雪盖面积的变化在 10% 以内. 通过对天山地区的研究结果表明, 当阈值选取从 0.10 到 0.50 时, 所得雪盖面积百分比从 59.48% 到 47.89% 之间变化, 相差不到 12%, 由此可见, 即使阈值的选取范围比较宽, 面积误差也不大, 若取平均值, 则 *NDSI* 阈值可选为 0.30.

成的谱. 对同一地区不同空间分辨率的遥感影象来说, 其差别只在于高频部分, 因为传感器的空间分辨率在采样过程中所起的作用, 无非是平滑掉所有尺度小于它的那些高频波. 所以只要对 TM 影象进行适当的低通滤波, 就可使两者的频谱具有最大的相似性^[6].

具体实现过程如下:

- (1) 取 TM 影象的截止空间频率为

$$f_c = \frac{1}{2t}$$

其中,

t 为 NOAA 影象纠正后的空间分辨率, 单位为 m;

(2) 根据目视判读, 分别在 TM 和 NOAA 影象上找出大致相同的区域, 然后将两幅影象重叠, 选取共同的中心位置, 再按象元尺度粗略划出共同的区域;

(3) 分别对两幅影象的一个方向进行傅立叶变换, 并沿其垂直方向取其平均值, 这样把二维谱简化为一维谱, 分别以 $X(n)$ 和 $Y(n)$ 代表 TM 和 NOAA 影象的空间频谱, 其中 n 代表空间频率;

(4) 错动两影象的共同中心位置, 用 i 表示其偏移值, 再重新计算频率谱, 并按下式求取相关系数

$$R_{xy}(\bar{i}) = \sum_{n=0}^{N-1} X_i(n) Y(n)$$

显然 $R_{xy}(\bar{i})$ 是 \bar{i} 的函数, 当 $R_{xy}(\bar{i})$ 取极大值时, 则 \bar{i} 为最优匹配位置. 一旦确定 $R_{xy}(\bar{i})$ 对某个 \bar{i} 取极大值时, 即可选定 TM 与 NOAA 影象上与之相对应的匹配区域.

根据研究结果, 对 TM 和 NOAA 这样两幅空间分辨率差别很大的影象进行配准, 其中最佳的一种研究方法是, 先分别对两种资料进行傅立叶变换, 即将其变换到频率域, 并对 TM 图象以 1 100m 的抽样间隔进行低通滤波, 然后将两者的频谱进行相关运算, 即 TM 影象每移动一个象元的位置即可得到一个相关值, 这一系列相关系数就构成一条与 TM 影象位置有关的曲线, 并取其极大值处为最佳对应位置, 再进行傅立叶反变换到空间域, 从而即可确定 TM 和 NOAA 影象空间位置的配准关系.

由于 TM 与 NOAA 资料的复合既可反映积雪的细部信息, 又可反映与其它地物的变化差异, 同时, 还可用高分辨率 TM 图象信息对 NOAA 资料的分类结果进行检验, 因此, 在雪盖遥感信息提取中已成为一种较为有效的方法.

参 考 文 献

- 1 冯学智, 鲁安新, 曾群柱. 中国主要牧区雪灾遥感监测、评估模型研究. 遥感学报, 1997, 1(2): 129~ 134.
- 2 曾群柱, 冯学智, 陈贤章. Studies on satellite snowcover monitoring and snowmelt runoff forecasting in upper reaches of the yellow river. In: Proceedings of Asian Symposium on Remote Sensing, Hongkong, 1991, B51~ B58.
- 3 陈贤章, 兰永超, 曾群柱等. NOAA 气象卫星资料在黄河上游流域雪盖监测中的应用. 见: 黄河流域典型地区遥感动态研究, 北京: 科学出版社, 1990, 30~ 36.
- 4 Hallikainen T, Hallikainen M T., Jolma D A. Comparison of algorithms for retrieval of snow water equivalent from nimbus-7 SMMR data in Finland. IEEE Transaction on Geoscience and Remote sensing, 1992, 30(1): 124~ 131.
- 5 Lucas R M, Harrison R. Snow observation by satellite: A review. Remote Sensing Reviews, 1990, 4(2): 286~ 340.
- 6 冯钟葵, 刘建波. TM 图象镶嵌的几何精度分析及镶嵌方法探讨. 环境遥感, 1990, 11(4): 295~ 301.



冯学智 1953 年生, 1979 年毕业于南京大学地理系, 现为南京大学城市与资源学系教授、博士生导师. 主要从事遥感、数字图象处理及地理信息系统的应用研究.

李文君 1968 年生, 1990 年毕业于北京邮电学院, 1994 年获中国科学院兰州冰川冻土研究所硕士学位. 主要从事图象处理与地理信息系统的应用研究.

柏延臣 1972 年生, 1991 年毕业于兰州大学地理系, 1994 年获中国科学院兰州冰川冻土研究所硕士学位. 现在中国科学院地理所资源与环境信息系统国家重点实验室攻读博士学位. 主要从事 GIS 与遥感的应用研究.