

NDVI 对 NDSI 积雪信息提取阈值的影响研究

张尧¹, 冯学智²

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 雪盖面积是水文、气候模型的重要输入参数之一。通过遥感可以实时获取大尺度范围内的积雪覆盖信息, 弥补地面观测在空间范围上的不足。中等分辨率光谱成像仪 (MODIS) 数据因其具有高光谱、高时间分辨率的特点, 越来越多的应用在积雪信息提取上。本文在总结现有方法的基础上, 分析了现有方法的优劣, 建立了一个新的积雪信息、归一化植被指数 (NDVI)、归一化雪盖指数 (NDSI) 的线性关系模型。对该模型进行了精度验证。结果表明: 在植被覆盖率较高的地区, 该方法减少了 8.7% 的误分类像元。

关键词: 雪盖信息提取; 关系模型; 阈值影响; 精度分析

中图分类号: P407 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2012)04-0176-03

Research on effect of NDVI to the snow information extraction threshold from NDSI

ZHANG Yao¹, FENG Xuezhi²

(1. Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. School of Geographic and Oceanographic Science, Nanjing University, Nanjing 210089, China)

Abstract: Snow cover area is one of the important input parameters in hydrology and meteorology models. Getting real-time information of large-scale snow cover through remote sensing can make up the lack of scope in space by ground-based observations. As medium-resolution imager (MODIS) data has multi-spectral as well as high time resolution, more and more applications were introduced to the snow. Based on summation of the existing methods, the paper analyzed the advantage and disadvantage of the present methods and established a new snow cover information, linear relation model by NDVI (normalized difference vegetation index) and NDSI (normalized difference snow index). The accuracy of the model has been verified. The results showed that in areas with high vegetation coverage, the method can reduce the misclassification of 8.7% of the pixel.

Key words: snow information extraction; relation model; threshold influence; accuracy analysis

0 前言

雪盖作为冰冻圈的一个重要组成部分, 在气候和水文的研究中具有重要的意义^[1-2]。积雪表面的高反射特性及大范围的分布使其在地球辐射收支平衡中扮演重要角色^[3]。同时, 积雪也是一种重要的淡水资源, 在我国的新疆等地, 积雪融水作为一项重要的灌溉水源被人们利用。因此, 通过雪盖面积监测以及对雪水当量 (snow water equivalent, SWE) 的预估对人们的生活有着极其重要的意义^[4]。目前国内对雪融模型做了较深入的研究^[5]。而在积雪信息提取的方法上, 还存在很大的研究空间。

积雪在波长为 0.5 μm 左右有较高的反射率, 而在 1.6 μm 处的反射率较低, 通常在可见光范围

内纯净的新雪表面反射率在 0.8 以上。遥感雪盖信息的提取主要根据积雪的这种反射特性, 通过一定的数字图像处理技术获得积雪覆盖信息^[6]。对于 MODIS 数据的雪盖信息提取, 可以借鉴 JEFF 等使用的 Landsat TM 数据制作美国加州内华达山脉积雪的经验^[7], 使用计算归一化雪盖指数 (NDSI) 的方法进行积雪划分:

$$NDSI = \frac{R_{\text{band4}} - R_{\text{band6}}}{R_{\text{band4}} + R_{\text{band6}}} \quad (1)$$

由于积雪的 NDSI 值高于其他地物, 把当 NDSI > 0.4 时, 即可判断为积雪, 但是, 这种方法很容易使清澈的水体、浓密的植被、阴影和低光照区域误判为积雪。经过研究, 可以将其他参数引入降低这种错分, 当 NDSI > 0.4 & $R_{\text{band2}} > 0.1$ & $R_{\text{band4}} > 0.1$ 时, 即可判定

收稿日期: 2012-03-16; 修回日期: 2012-04-22

作者简介: 张尧 (1989-), 男, 陕西蒲城人, 硕士研究生, 主要从事遥感数字图像处理研究。

通讯作者: 冯学智 (1953-), 男, 甘肃定西人, 教授, 博士生导师, 从事遥感、数字图像处理及地理信息系统的应用研究。

为积雪,这样就消除了一些低反射率地物的影响。

由于 NDSI 指数在积雪信息提取中的广泛应用。一些学者指出了在植被覆盖区域使用阈值分类的不足。由于树冠阴影的作用,林区的 NDSI 值普遍偏小,如果继续使用标准积雪阈值,将低估积雪面积。Klein 等采用 GeoSAIL 冠层反射模型模拟云杉、松树和白杨在有雪和无雪情况下的反射率。在充分考虑林冠透射与阴影的情况下,根据模拟和实测的 NDVI、NDSI 值确定积雪判定条件,认为在 NDVI 值较高的区域进行积雪像元的判定时应该降低 NDSI 的阈值^[8]。

本文通过定量研究 NDVI 对使用 NDSI 进行积雪信息提取时的影响,提出一种关系模型,改进传统的通过 NDSI 单一阈值的积雪信息提取的方法,提高在非单一地物区域(特别是植被覆盖地区)的积雪信息提取精度。

1 研究区选择

研究区域选择在新疆天山典型区(41°35'N 到 45°46'N,79°57'到 85°15'),该地区位于天山中部,海拔约 2 500 m,四周为雪山环抱,是新疆最重要的畜牧业基地之一。水源补给以冰雪溶水和降雨混合为主,部分地区有地下水补给,形成了大量的沼泽草地和湖泊。该研究区主要植被以牧草为主,没有森林等其他覆盖类型。

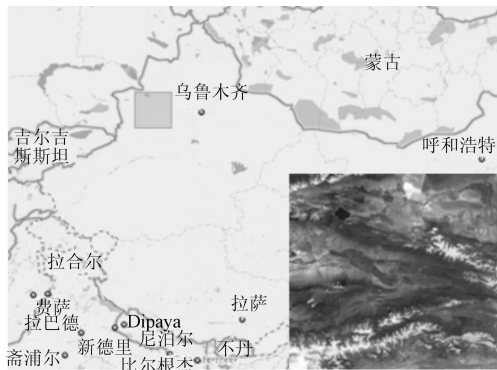


图1 研究区地图

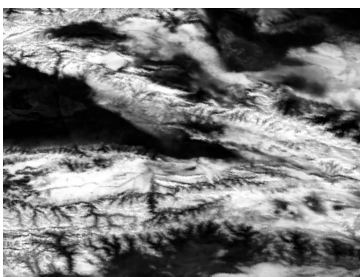


图2 3月29日真彩色合成图像

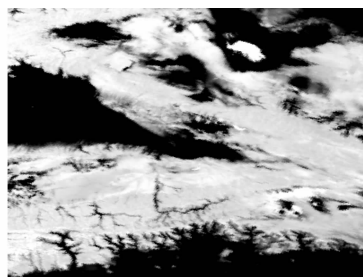


图3 3月29日NDSI指数图



图4 4月27日NDVI指数图

为了得到并验证实验结果,选取 2010 年 3 月 29 日,2010 年 3 月 31 日,以及 2010 年 4 月 27 日 3 天的试验区 MODIS 数据。其中,第一组和第二组数据都有较大的积雪覆盖,而最后一组数据是在积雪融化后获得的。通过第一组数据得到的 NDSI 和最后一组数据得到的 NDVI 研究其对阈值判别的影响。然后通过第二组数据验证试验结果。

2 数据处理

原始数据是 MODIS_L1B 数据的 MOD021KM,同时还有用来配准的 MOD03。由于 MODIS 数据图幅较大,且采用 Sinusoidal 投影,所以,必须进行投影转化之后才能正常使用。使用 MODIS SWATH tool 进行投影转化,选择目标投影为阿尔博斯等面积投影,两个纬度圈分别为 25°N 和 47°N,中央经线为 90°E。考虑到短时间内植被指数的变化偏小,可以采用当年 4 月的遥感图像得到 NDVI 指数,然后用经过剔除云影响的图像计算 NDSI 积雪指数,结合当地的实测数据,定量分析 NDVI 对植被区域 NDSI 阈值的影响。

图 2 是经过投影转换并剪裁的研究区 2010 年 3 月 29 日数据。通过波段计算得到 NDSI 数据如图 3。同时,对 4 月 27 日的数据进行投影转换,切割,得到对应的 NDVI 数据如图 4。

3 研究方法

在植被指数较高的地区,即使是比较低的 NDSI 指数,也会因为具有较高的可见光波段反射率,而被识别为积雪;但是在植被指数较低的地区,即使具有较高的 NDSI 值,在可见光波段的反射率也比较低,从而不能被判别为积雪。其中的原因可以解释为:当积雪落在裸露的土地上时,只要较少的积雪,就能表现出积雪应该具有的反射特征。但是,在植被覆盖较高的区域,比如草原上,因为草的空间立体分布,当积雪较少时,不能将草的上层整体覆盖,积雪的反射光谱特征就不能很好的在遥感影像上表现出

来。为了能更好的提取植被覆盖区域的积雪信息,就应该适当减少 NDSI 的提取阈值。因此,通过单因子对雪盖信息提取还存在一定局限,可以在植被覆盖区综合 NDVI 来进行积雪信息提取。再考虑地表覆盖的影响后,使用下面的方法提取积雪信息。

$$\text{Snow} = a + b \cdot \text{NDVI} + c \cdot \text{NDSI} \quad (2)$$

通过统计分析的方法得出上式中三个未知数之间的统计关系。通过将 NDVI 和 NDSI 数据进行叠

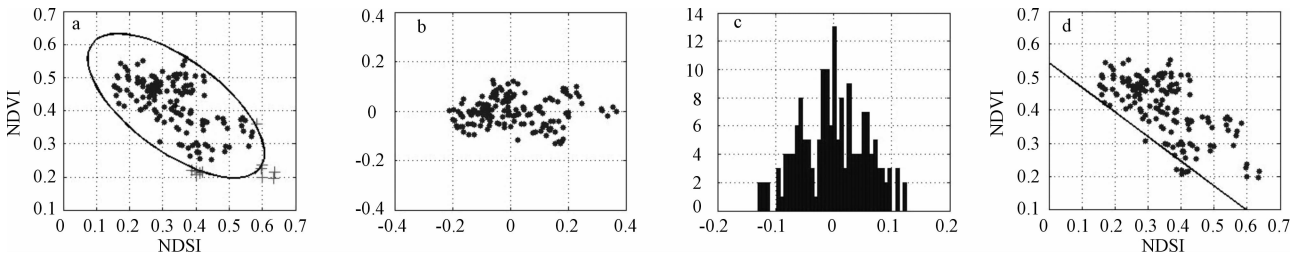


图5 数据处理及模型建立

图5中,灰色的点代表有积雪的区域,横坐标和纵坐标分别代表 NDSI 和 NDVI 值,在图5a的散点图基础上,做出了置信椭圆,以椭圆的长轴和短轴分别作为新坐标系的横轴和纵轴,得到图5b。将所有的坐标点投影在纵轴上,并计算其统计频率,得到图5c。取2.5%的置信区间,做出判别直线,并旋转坐标系得到原始的判别直线见图5d。

$$\text{Snow} = 0.9621 \cdot \text{NDVI} + 0.7172 \cdot \text{NDSI} - 0.5254 \quad (3)$$

其中,当 Snow 大于 0 时,即可判断为积雪。

4 结果验证

在3月29日的数据得到结果的基础上,对3月31日的数据进行验证,看其是否具有代表性(图6)。在研究区内选择平原区及山麓南区,用之前的方法和改进后的方法在 NDSI 积雪阈值的基础上进行积雪提取,对比有区别的像元,选取 20 组数据进行验证(图7),在目视解读实验数据的基础上,分析是否能够降低错误分类的概率,结果见表1。

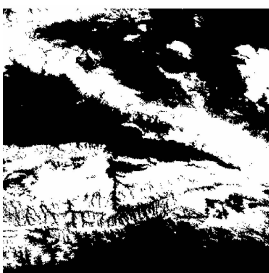


图6 3月31日改进算法得到的积雪覆盖图



图7 3月31日原始算法得到的覆盖图

加,然后随机选取 170 个点,因为在 4 月 27 日得到的遥感图像中,沿山脊线还有较多积雪覆盖。所以,试验点尽量选择在山脚下的平原地区,可以减少积雪覆盖对 NDSI 指数的影响。分别记录这 170 个点的 NDVI 值和 NDSI 的值,并且通过目视解读识别这个点是否有积雪。将记录得到的数据导入 MATLAB,制作成散点图,如图5。

通过验证发现,在 NDVI 指数较高的平原地区,以前方法误分的无积雪区域已经能够大量被识别出来。而在山麓南侧的 NDVI 指数较小的区域,则会将有积雪区域误认为没有积雪。结果说明,线性模型能较好的适应在 NDVI 指数较高区域的分类。

表1 线性模型采样数据

X 坐标	Y 坐标	原始方法 分类结果	改进方法 分类结果	人工判 读结果
187	250	无积雪	有积雪	有积雪
173	230	无积雪	有积雪	有积雪
243	232	无积雪	有积雪	有积雪
220	191	无积雪	有积雪	有积雪
181	174	无积雪	有积雪	有积雪
294	211	无积雪	有积雪	有积雪
211	240	无积雪	有积雪	无积雪
165	224	无积雪	有积雪	有积雪
186	222	无积雪	有积雪	有积雪
193	276	无积雪	有积雪	有积雪
246	191	无积雪	有积雪	有积雪
313	230	无积雪	有积雪	有积雪
245	233	无积雪	有积雪	有积雪
221	316	有积雪	无积雪	有积雪
182	335	有积雪	无积雪	有积雪
149	327	有积雪	无积雪	有积雪
355	349	有积雪	无积雪	有积雪
185	326	有积雪	无积雪	有积雪
137	346	有积雪	无积雪	有积雪
259	337	有积雪	无积雪	有积雪

在该区域植被指数较高的地区(大于 0.2)总计 17172 个像元点中,共纠正了 1494 个像元点,分类精度提高了 8.7%。在植被指数较低的区域估值偏

(下转第 184 页)

洪水设计中,增加了洪水系列,加入了历史调查洪水,注意了上下游洪水设计值的合理性对照,湟水乐都站、民和站采用的设计值见表2。本次计算结果与青海省水厅2002-2005年批复的设计洪水比较,民和站百年一遇设计洪水相差9%,结果相差不大。

(2)与黄河勘测设计有限公司成果对比分析。黄河勘测设计有限公司2006年12月编制的《青海

省湟水流域综合治理规划——防洪规划》中民和站1%频率设计洪水 $1\ 680\ m^3/s^{[4]}$,本次计算结果

表1 湟水民和水文站设计洪水成果表 $m^3/s, \%$

断面名称	平均年最大流量	C_V	$\frac{C_S}{C_V}$	线型	设计频率 P				
					1	2	3.33	5	10
民和	528	0.65	3.0	皮尔逊 III型	1760	1520	1360	1210	980
水文站									

表2 2002-2005年乐都、民和站设计洪峰流量表 m^3/s

河段	设计断面	统计参数			各频率设计值				
		均值	C_V	C_S/C_V	$P=1\%$	$P=2\%$	$P=3.33\%$	$P=5\%$	$P=10\%$
乐都段	乐都站	412	0.6	3	1280	1120	997	902	738
民和段	民和站	545	0.559	3	1590	1400	1260	1150	949

$1\ 760\ m^3/s$,相差仅4.5%。

(3)分析结果不同的原因。①本次对历史调查洪水的考虑与该《防洪规划》有所不同:本次考虑了1949年下游高庙镇渡口更大的调查洪水;②未将1943年洪水($855\ m^3/s$)作为实测系列处理;③调查期采用100年;④实测资料系列延续到2006年。

4 结 语

本文对青海省湟水流域民和段设计洪水的分析

(上接第178页)

低,造成这种结果的主要原因可能是:在植被覆盖率较低的区域,NDVI与积雪信息之间的相关关系减弱,导致雪盖率估计误差增大。

5 结 语

通过对天山典型区的数据进行分析,验证了NDVI会对NDSI积雪判别阈值产生影响。进行定量统计分析后,提出了一个新的积雪信息,植被指数,雪盖指数的线性关系模型。并且对结果进行了精度分析评价。相对于以前的研究方法,精度提高了8.7%。但是,从精度分析的结果上可以看出,在植被指数较低的区域估值偏低,因此,在植被指数较低的区域,使用原有的判别方法,就可以达到不错的分类效果。

参考文献:

[1] Dressler K A, Leavesley G H, Bales R C, et al. Evaluation of gridded snow water equivalent and satellite snow cover products for mountain basins in a hydrologic model [J]. Hydrological Processes, 2006,20:673-688.
 [2] Pulliainen J. Mapping of snow water equivalent and snow depth in boreal and sub-arctic zones by assimilating spaceborne microwave radiometer data and ground-based obser-

计算,方法合理、成果可靠,可以为该地区及下游地区制定防洪规划、城镇发展布局及水资源开发利用等方面提供科学依据。

参考文献:

[1] 青海省水利志编委会. 青海河流[M]. 西宁:青海人民出版社. 1995.
 [2] 青海省水文水资源勘测局. 湟水水资源评价[R]. 2004.
 [3] 水文水利计算[M]. 南京:河海大学出版社,1994.
 [4] 黄河勘测设计有限公司. 青海省湟水流域综合治理规划——防洪规划[R]. 2006.
 [5] ... vations [J]. Remote Sensing of Environment, 2006,101: 257-269.
 [3] Wulder M A, Nelson T A, Derksen C, et al. Snow cover variability across central Canada (1978-2002) derived from satellite passive microwave data [J]. Climatic Change, 2007,82(1):113-130.
 [4] Liang T G, Gao X H, Liu X Y. Snow disaster remote sensing monitoring model and evaluation method in Aletai region [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sin, 2004, 15(12):2272-2276.
 [5] 赵求东, 刘志辉, 房世峰, 等. 基于EOS/MODIS遥感数据改进式融雪模型[J]. 干旱区地理, 2007, 30(6): 915-920.
 [6] 冯学智, 李文君, 柏延臣. 雪盖卫星遥感信息的提取方法探讨[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(10):836-839.
 [7] Jeff D. Spectral signature of alpine snow cover from the landsat thematic mapper [J]. Remote Sensing of Environment, 1989,28:9-22.
 [8] Klein A G, Hall D K, Riggs G A. Improving snow-cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model [J]. Hydrological Processes, 1998,12(10-11): 1723-1744.