SPOT VEGETATION S10 影像云和雪盖的检测与处理

刘咏梅, 王 超, 于 冬
(西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘 要: 以整个中国区域为例, 采用 3 种检测方法对 Spot vegetation S10 影像上存在的云和雪盖的检测结果进行了对比分析。结果表明, BISE 检测器得到的云层和实际最为接近, 用 Spot vegetation 状态地图得到的云层过少, 而用 Spot vegetation 检测器 V2. 0 得到的云和雪盖像素有部分重叠。最后利用云、雪盖像素在时间序列上的相邻像素进行平滑处理方法达到去云和雪盖的目的, 研究结果对于 Spot vegetation S10 影像的噪音消除和应用精度的提高具有借鉴意义。

关键词: SPOT VEGETATION; 云; 雪盖; 检测; 去除
文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(2010)02-0236-03 中图分类号: F301, P289

Cloud and Snow Detecting and Removing in SPOT VEGETATION Images

LIU Yong-mei, WANG Chao, YU Dong
(College of Urban and Resource Science, Northwest University, Xi' an, Shaanxi 710127, China)

Abstract: Taking China as the test area, the three kinds of methods for detecting the cloud and snow on Spot Vegetation S10 images are compared. According to the comparison, BISE is the best for detecting cloud among the three; the cloud extracted by the status map (SM) is too little; cloud and the ice and snow extracted by the detector V2. 0 overlap each other. The averaging of timely neighboring (before and after the cloud pixels) cloudy (or ice and snow)-free pixels is adopted to remove cloud, ice, and snow. The result is valuable for noise reduction and application accuracy improvement of Spot Vegetation S10.

Keywords: SPOT VEGETATION; cloud; ice and snow; detect; remove

SPOT VEGETATION 计划由法国、欧盟、比利时、意大利和瑞典联合开发, 该计划的组件装载在 1998 年 3 月发射的 SPOT-4 和 2002 年 5 月发射的 SPOT-5 卫星上, 观测宽度 2250 km, 空间分辨率为 1 km, 每天一次提供全球表面的影像覆盖。SPOT VEGETATION 传感器以植被和地表为观测目标, 为长期的区域/全球科学研究, 以及重要植被资源的监测系统提供基础数据。SPOT VEGETATION 在具有覆盖面广、时间分辨率高, 数据具有可比性等优点的同时, 云层和雪盖的干扰在很大程度上限制了其使用效率。由 MVC(maximun value composite) 方法合成的 S10 影像, 虽然降低了云层干扰和大气光学厚度变化的影响, 但仍然残存着云污染(cloud contamination), 从而影响分析精度。研究有效的预处理方法, 减少或去除云雾和雪盖的影响, 对提高 SPOT VEGETATION 数据的利用精度具有十分重要的意义。

本研究针对 SPOT VEGETATION S10 影像中残存的云和雪盖, 对 3 种云层和雪盖检测器的检测结果进行对比分析, 并采用时间序列相邻像元均值平滑的方法, 较彻底地去除影像中的云和雪盖, 为 SPOT VEGETATION 影像的噪声去除提供了较好的解决方案。

1 SPOT VEGETATION S10 数据简介

1.1 MVC 合成处理

SPOT VEGETATION (VGT) 数据的合成处理采用最大值合成法 MVC[1]。S10 是指 10 d 的合成产品, 根据每个像素 10 d 内的观测值进行计算, 即选取 10 d 中具有最大 NDVI 值的观测值作为该像素的地表反射值。S10 数据集包含了 NDVI, SM(状态地图) 和 B0, B2, B3, MIR, SAA, SZA, TG, VAA, VZA 等数据层[2]。

收稿日期: 2009-10-21 修回日期: 2009-10-26
资助项目: 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-201); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目"中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究"(2007CB407203); 国家文物局文物保护科学和技术研究课题"基于多源遥感的古墓葬遗址信息提取研究: 以汉五陵原遗址为例"(20070107)
作者简介: 刘咏梅(1970—), 女(汉族), 陕西省西安市人, 博士, 副教授, 主要从事区域水土流失遥监测方面的研究工作。E-mail: liuym@nwu.edu.cn。

1.2 状态地图 Status Map(SM)

状态地图是与影像数据对应的栅格文件, 文件的数据类型为无符号 8 位, 取值范围为 0~ 255。该栅格文件中每个像素值的二进制数值实际上是位数指示器(bit indicators Bit NR), 表示了影像数据中该像素在获取时的辐射质量及地表覆盖类型。

如: Bit NR 2 指示该像素是否冰雪, 若值为 1, 指示是; 若值为 0, 指示不是; Bit NR 1 和 0, 指示该像素是否云层(表 1)。

表 **1** **Bit NR** 的取值意义

Bit NR1	0	0	1	1
Bit NR0	0	1	0	1
指示意义	晴空	阴影	不确定	云

例如: 在状态地图中若某像素的值为

251= $(11111011)_2$, 该像素为云;

252= $(11111100)_2$, 该像素为冰雪。

2 云层和雪盖检测

2.1 常用的检测方法

很多新的云和雪盖检测方法都处于初期的验证阶段[3], 国际上主要采用以下 5 种方法: (1) 阈值法。在各光谱波段确定若干阈值, 超过阈值范围的像素被标识为"云"。(2) 分区法。整个世界被分成若干区域, 在每个区域内, 根据不同的情况采用不同的算法。(3) 变量法。与阈值法相同, 但输入变量可以采用波段之间的各种组合。(4) 神经网络法。采用各种神经网络模型进行云的检测。(5) 模糊检测法。不能明确确定某像素是或者不是云, 而是确定该像素是云或非云的可能性。

目前, 阈值法是云层检测的主要方法, 变量法是雪盖检测的主要方法。

2.2 SPOT VEGETATION S10 影像云和雪盖的检测

2.2.1 *云层和雪盖检测器* V1.0 (1) 云层检测器 V1.0。该方法将 SM 图中各像素的属性值转化为二进制值, 用 Bit NR1 和 0 来标识。根据 SM 图可知, 值为 27, 75, 91, 107, 123, 235, 251 的像素为云像素。以 1999 年 4 月 11 日至 20 日的全国影像为例, 得到云检测图。(2) 雪盖检测器 V1.0。检测方法和云层检测器 V1.0 相同, 将 SM 图各像素的属性值转化为二进制值, 用 Bit NR2 来标识。由 SM 图可知, 值为 28, 92, 124, 236, 252 的像素为冰雪像素; 同样, 生成雪盖检测图。

2.2.2 *云层和雪盖检测器* V2.0 (1) 云层检测器 V2.0。该方法根据 VGT 传感器的 B0, MIR 波段的 TOA 反射值来确定像素的属性。一个像素的辐射质量由以下条件来判定: ①如果 B0< 493 或 MIR< 180, 晴朗; ②如果 B0 ≥720 或 MIR ≥320, 云; ③其它情况, 不确定。以上阈值有 10% 的误差。以 1999 年 4 月 11 日至 20 日全国影像为例, 生成云检测图。(2) 雪盖检测器 V2.0。下列条件全满足的像素, 被定义为冰雪: ① B2 ≥615; ② MIR< 481; ③ (B0- B3)/(B0+ B3) × 1 000 ≥- 773; ④(B0- MIR)/(B0 + MIR) × 1 000 ≥87; ⑤(B0+ B2)/2- MIR ≥77; 以 1999 年 4 月 11 日至 20 日全国遥感影像为例, 生成雪盖检测图。

2.3 最佳指数斜率提取法〔**BISE**〕[4-5]

SPOT VEGETATION S10 时间序列影像中不协调的突增和突降可能是有云与无云状况的转变表征。BISE 方法通过滑动合成时段来防止选择虚假的最大值, 可以较好的识别 S10 影像的云层噪音干扰。

BISE 算法主要包含两个假定: (1) 云和大气的影响会使 NDVI 值降低; (2) NDVI 值迅速而不连续的升高或降低与植被的自然生长规律不相符。通过检测 3 个时刻: $t-1$, t, $t+1$ 的 NDVI 值, 来判断在 t 时各个像素是否为云层。分别计算 NDVI 在 $t-1$ 和 t 时刻的差值以及 NDVI 在 $t+1$ 和 t 时刻的差值, 见公式(1—2)。

$$dNDVI_{t-1,t} = dNDVI_{t-1} - dNDVI_t \quad (1)$$

$$dNDVI_{t+1,t} = dNDVI_{t+1} - dNDVI_t \quad (2)$$

采用在 t 时刻 NDVI 值降低 20% 作为阈值来判定云像素的存在[6]。如果 $dNDVI_{t-1,t}$ 和 $dNDVI_{t+1,t}$ 各有 20% 的降低, 则认为该像素受到云的影响。

以 1999 年 4 月 11 日至 20 日全国遥感影像为例, 生成云检测图。

2.4 云和雪盖检测器 V1.0, V2.0 和 BISE 之间的比较

以 1999 年 4 月 11 至 20 日的影像为例, 利用 3 种方法对云和冰雪像素的检测结果见表 2。

表 **2** **3** 种方法检测结果的比较

检测方法	云像素	冰雪像素	重叠率
云层和雪盖检测器 V1.0	91 250	148 050	
云层和雪盖检测器 V2.0	103 300	236 850	18%
BISE 检测器	230 900		

图 1 为 1999 年 4 月的 3 期 NDVI 合成影像。对 3 种方法的检测结果和 NDVI 彩色影像进行对比可知, 用 V1.0 得出的云检测图比实际云层覆盖要少的多; 用 V2.0 得出的云和雪盖检测图有一定的重叠度, 因而不能准确地判断重叠像素的属性是云还是冰

雪; BISE 得出的云检测图和实际云层的吻合度很好, 使用该方法能够较好地识别云像素。

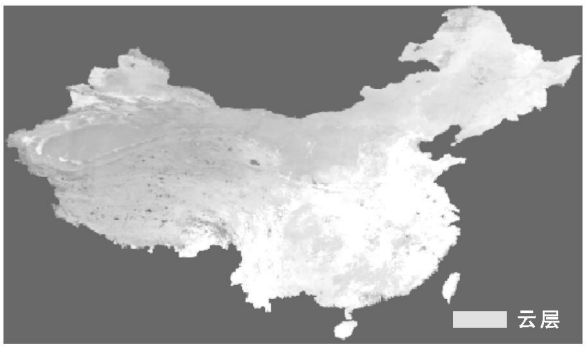


图 1 199904NDVI 合成图

3 去云去雪盖处理

有多种方法可以进一步消除影像上残存的云污染[6-8]。选取一个月内具有最大 NDVI 值的像素合成月影像产品是常用的方法之一, 但是这种方法不能很好地反映出植被绿度演变中较大或快速的变化。本研究利用云像素在时间序列上的相邻像素进行平滑处理[4], 以达到去除云和雪盖的目的。

对于在时间 t 获取的像素 i, 根据上述检测方法, 如果该像素被标识为云像素, 用时间 t 之前的某时间(绝大多数情况为 $t-1$) 该像素的无云 NDVI 值和时间 t 之后的某时间(绝大多数为 $t+1$) 该像素的无云 NDVI 值, 计算两者的平均值来代替像素 i 在时间 t 的 NDVI 值。即:

$$dNDVI_t = (dNDVI_{t-1} + dNDVI_{t+1})/2 \quad (3)$$

式中: $dNDVI_t$ ——像素 i 在时间 t 的 NDVI 值; $dNDVI_{t-1}$ ——像素 i 在时间 $t-1$ 的灰度值; $dNDVI_{t+1}$ ——像素 i 在时间 $t+1$ 的灰度值。

对 V1.0, V2.0, BISE 检测到的云图, 用公式(3) 进行处理, 可得到去云后的旬 NDVI 时间序列影像。去雪盖方法和去云方法一样, 对 V1.0, V2.0 得到的雪盖图采用上述公式, 可去除冰雪覆盖的影响。

4 结 论

(1) 对 SPOT VEGETATION S10 影像中云层和雪盖的 3 种检测方法的比较表明, V1.0 检测器得到的云最少, 但比较准确; V2.0 得到的云图有部分像素和雪盖图的像素重叠, 因而不能准确判断出这些重叠像素的属性; 而用 BISE 检测器得到的云图和实际相符程度最高。

(2) 综合 3 种方法的优点, SPOT VEGETATION 影像云和雪盖检测的最佳方法为: 先用 V1.0, 再用 BISE 检测器, 能够较彻底地检测影像上的云像素; V1.0 和 V2.0 的综合运用, 可获得比较合理的雪盖图。

(3) SPOT VEGETATION S10 时间序列影像为云和雪盖的去除提供了数据基础, 时间序列相邻像素平滑处理方法的应用, 使旬影像数据中云和雪盖等噪音的去除效果达到最佳。

[参 考 文 献]

[1] Holben B N. Characteristic of maximum value composite images for temporal AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7(11): 1417-1434.

[2] 刘咏梅. 基于高时间分辨率遥感数据的区域水土保持植被综合分类研究: 以黄土高原为例[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2006: 76-77.

[3] Gil Lissens, Pieter Kempeneers, Freddy Fierens. Development of a cloud, snow and shadow mask for VEGETATION imagery[C]// The Proceeding of VEGETATION. Isprs, Italy: Joint Research Center, 2000.

[4] Viovy N, Arino O, Belward A S. The best index slope extraction (BISE): A method for reducing noise in NDVI time-series[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 8: 1585-1590

[5] 顾娟, 李新, 黄春林. NDVI 时间序列数据集重建方法述评[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(4): 392-395.

[6] Xiangming Xiao, Stephen Boles, Jiyuan Liu. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4VEGETATION sensor data[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 11(5): 335-348.

[7] White M, Thornton P, Running S. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1997 11, (2): 217-234.

[8] Reed B, Brown J, VanderZee D, et al. Measured phonological variability from satellite imagery[J]. Journal of Vegetation Science, 1994, 5: 703-714.