

武艳, 银燕, 师春香, 等. 基于动态阈值法的 NOAA 系列卫星云检测结果检验[J]. 高原气象, 2012, 31(3): 745-751.

# 基于动态阈值法的 NOAA 系列卫星云 检测结果检验

武艳<sup>1</sup>, 银燕<sup>1</sup>, 师春香<sup>2</sup>, 何立<sup>3</sup>, 胡婷婷<sup>1</sup>, 孟俊耀<sup>4</sup>

(1. 南京信息工程大学 大气物理学院, 江苏 南京 210044; 2. 国家卫星气象中心, 北京 100081;  
3. 广西区气象减灾研究所, 广西 南宁 530022; 4. 东华软件股份公司, 北京 100081)

**摘要:** 采用我国地面报资料、国际船舶报资料和云卫星(CloudSat)产品, 分别对多通道动态阈值云检测方法的云检测结果进行了检验。结果表明, 动态阈值云检测方法可用于长时间序列卫星观测数据的云检测, 不仅运行速度较快, 可实现全自动, 且精度较高, 陆地上空云检测准确率为 82.8%(地面报资料), 海洋上空云检测准确率为 91.5%(船舶报资料)。此外, 还利用 CloudSat 资料检验不同观测时间差对 NOAA 系列卫星云检测结果检验的影响。

**关键词:** 云检测; NOAA/AVHRR; 动态阈值法

文章编号: 1000-0534(2012)03-0745-07 中图分类号: P414.4 文献标志码: A

## 1 引言

美国 NOAA 极轨气象卫星自 1970 年发射第一颗以来, 已连续发射了 19 颗, 是目前应用最成功、最广泛的气象卫星之一, 其卫星资料被广泛应用于卫星云图、植被指数和沙尘暴等方面的研究。国家卫星气象中心以历史存档数据为主要数据源, 国外获取资料为辅助数据来源, 收集整理了 1988 年 6 月—2008 年 12 月的 NOAA/AVHRR 资料, 对其进行重定标、重定位及不同探测仪器观测数据之间匹配处理等, 生成 21 年时间序列的 AVHRR 多通道观测数据库, 统一处理生成云检测、云量和云相态等云参数以及大气可降水等定量反演产品。

在气象卫星资料的应用研究中, 云检测是最基本的工作之一<sup>[1-2]</sup>, 只有识别出有云像元和无云像元, 才能进一步从卫星数据中提取云参数, 或者计算大气遥感产品和地表遥感产品。目前云检测的技术大致分为 3 类: 阈值法<sup>[3-6]</sup>、聚类分析法和神经网络法<sup>[7-9]</sup>, 其中阈值法是一种易于实现、相对成熟的方法, 主要依据是云雾的反照率要明显高于植被、土壤及水体等下垫面背景的反照率, 云顶亮温低于下垫面背景亮温。将分析像元不同通道观测到

的亮温、亮温差、反射率和反射率比值等与设定的阈值进行比较, 即可判断该像元是否有云, 因此阈值的确定是阈值法的关键。确定阈值有 2 种方法: 一种是以区域先验气候值、辐射统计值为依据确定阈值<sup>[10]</sup>, 该方法需要大量的历史数据, 在进行小范围云检测时可提供较好的云检测结果, 但当处理的范围很大或卫星的时间序列较长时, 不同地域、不同时间的阈值是不同的, 操作起来比较困难, 且易受人为因素的影响。在国家卫星气象中心 21 年 NOAA/AVHRR 卫星长时间序列数据中, 云检测方法采用了另一种阈值确定方法——多通道动态阈值法。因此, 本文采用地面报、船舶报和云卫星(CloudSat)资料对 NOAA/AVHRR 每轨卫星图像的云检测结果进行精度检验。

## 2 多通道动态阈值云检测方法介绍

2002 年 Vittorio et al<sup>[11]</sup> 提出了一种自动化的云检测方法——动态阈值法(DTCM 法)。该方法认为某一通道像元阵的直方图曲线中, 地表峰值往云一侧直方图曲线二阶差分的极大值点, 即直方图曲线斜率最大变率的所在位置, 作为云和晴空像元的阈值最为适合。对 3 种不同的数据组合分别进行了

收稿日期: 2011-01-17; 定稿日期: 2011-04-15

基金项目: 财政部/科技部公益类行业专项(GYHY200706005, GYHY200906036, GYHY200706036); 中国气象局新技术推广项目(CMATG2008Z04); 国家科技支撑计划课题(2006BAC12B07)共同资助

作者简介: 武艳(1988—), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事卫星气象方面的研究. E-mail: wuyan88520@126.com

云检测,认为用通道 1, 3 和 4 的差值进行基于像元的云检测是最好的方法。刘希等<sup>[12]</sup>利用双通道动态阈值法对 GMS-5 卫星图像进行了自动云检测,发现在中低纬度地区,可见光和红外两个通道都有资料时,云判识精度较好;在高纬度地区,由于地表温度低,积雪覆盖多,太阳高度角低,云判识精度较差;还对直方图平滑间距大小和像元阵列大小的选取问题进行了讨论。刘健<sup>[13]</sup>在对单一区域提取动态云检测阈值的基础上,尝试采用滑动窗和嵌套窗方法改进云检测动态阈值提取方法,并利用多年平均气候数据对所提取的云检测阈值的合理性进行检验。

AVHRR 多通道动态阈值云检测算法中,对 AVHRR 的 5 个通道和 4 个通道组合(通道 2 和 1 的比值、通道 3 和 4 的差值、通道 3 和 5 的差值以及通道 4 和 5 的差值)分别选择  $450 \times 2048$  像元块,进行直方图统计和阈值选择<sup>[14]</sup>。将 AVHRR 通道或通道组合的像元值与阈值进行比较,就可判定该像元是否被云污染,得到该通道或通道组合的云检测结果。当太阳天顶角很大时,由于太阳反射光被大气介质强烈地散射和吸收,使得可见光通道对地物的代表性较差;在长时间 AVHRR 观测数据处理中,有可能会发生一些时次遥感产品的某通道数据无法使用的现象,在这些情况下,根据卫星天顶角和各通道的数据质量动态给每个通道或通道组合的云检测结果一个权重系数,从而分析得到最终的云检测结果。此外,由于遥感图像是连续的,而相邻 2 个像元块的动态阈值是不连续的,为了减少像元阵的边缘可能会出现判识结果的不连续现象,对阈值进行了平滑处理。

### 3 AVHRR 云检测产品

NOAA/AVHRR 数据的空间分辨率是不均匀的,星下点处空间分辨率最高,为 1.1 km,远离星下点处约为 4 km。由于 NOAA 气象卫星的轨道每天向东(或向西)漂移  $6^\circ$  左右,所以对同一地点不同日期 AVHRR 所获得的数据分辨率是不同的。

国家卫星气象中心收集整理了 NOAA/AVHRR 卫星 1988 年 6 月—2008 年 12 月的下午资料,对于地面同一地点每天有 1~2 次观测资料,每天接收 2~4 轨过境数据,空间上可以覆盖东亚的大部分区域。由于涉及多颗卫星(表 1),扫描辐射计有 AVHRR/2 和 AVHRR/3 之分,卫星的传

表 1 NOAA 系列卫星有效覆盖时间

Table 1 Effective cover time of each NOAA satellite

卫星	开始时间 /(年-月)	结束时间 /(年-月)
NOAA-09	1988-06	1988-11
NOAA-11	1988-11	1994-09
NOAA-14	1995-02	2001-02
NOAA-16	2001-03	2005-12
NOAA-18	2006-01	至今

感器在业务运行期间也会随着时间的推移发生衰减,因此分别针对各个传感器做归一化辐射定标,AVHRR 1~2 通道采用美国大气海洋局场地定标后的最终定标系数进行修正,3~5 红外通道有星上定标设备,对其进行在轨定标。

AVHRR 数据每条扫描线的长度为 2048 个像元,经纬度和角度信息有 51 个,采用线性插值获取每一像元的经纬度和角度进行等经纬度投影变换,纬向和经向的分辨率都为  $0.01^\circ$ 。利用经过精定位、分辨率为  $0.01^\circ$  的 EOS/MODIS 数据生成中国区域等经纬度投影底图,均匀提取控制点,对 AVHRR 投影数据进行定位精校正处理,精度在 1.2 像元以内。

在定标和定位基础上,再进行长时间序列资料滤波处理,从而生成质量较高、数据之间具有可比性的长时间序列 AVHRR 多通道观测资料。然后,采用多通道动态阈值云检测方法,对单轨 AVHRR 数据的每个像元进行云检测,从而得到国家卫星气象中心 21 年 AVHRR 云检测数据集(NSMC-AVHRR-CLM)。

### 4 AVHRR 云检测结果检验

云观测精度最高的是地面观测,地面观测的总云量是指观测时天空被所有的云遮蔽的总成数。由于观测方式不同,地面的观测范围远大于卫星一个像元的覆盖范围<sup>[15]</sup>,取地面观测站所在像元的 AVHRR 云检测结果与地面观测的结果作比较。当地面观测结果为 1~9 时,则无法确定与卫星观测像元匹配的天空(地面观测站正上方)是否有云,因此需要对地面观测数据进行控制:仅当地面观测的总云量为完全晴空(云量为 0)或完全云覆盖(云量为 10),能够严格保证地面观测点所在的 AVHRR 像元为晴空或有云时,才对 AVHRR 云检测结果进行检验(表 2)。

表 2 检验 AVHRR 云检测结果的 4 种情况  
Table 2 Four situations in comparing AVHRR cloud detection output with ground observation

地面观测	NOAA 云检测	
	晴空	云
云	Nb	Na
晴空	Nd	Nc

以地面观测的云检测结果为标准, 则 NOAA/AVHRR 云检测结果的准确率、漏判率和误判率定义如下:

云检测准确率表达式为

$$\frac{Na + Nd}{Na + Nb + Nc + Nd} \times 100\% . \quad (1)$$

云检测漏判率表达式为

$$\frac{Nb}{Na + Nb + Nc + Nd} \times 100\% . \quad (2)$$

云检测误判率表达式为

$$\frac{Nc}{Na + Nb + Nc + Nd} \times 100\% . \quad (3)$$

#### 4.1 利用地面报资料检验 AVHRR 云检测精度

从国家级气象资料存储检索系统网站 (<http://mdss.cma.gov.cn:8080/>) 下载中国地面气候资料定时值数据集, 是由各省上报的全国地面月报信息化文件根据“全国地面气候资料(1961—1990年)统计方法”和“地面气象观测规范”有关规定进行整编统计而得。数据集为中国 1951 年以来定时值数据集, 包括气压、气温、水汽压、相对湿度、总云量、低云量、风速、地温和降水量等要素的定时观测值资料。国家气象信息中心气象资料室对原始信息化资料进行了严格的质量控制和检查。

由于地面报的云量是每天定时观测的, 而 AVHRR 卫星的探测时间不定, 考虑到云的移动速度和地面报的观测范围, 以 AVHRR 探测时间前后 15 min 内的地面报资料来检验 NSMC—AVHRR—CLM, 共有 750 000 多个时空匹配的样本, 结果表明, NSMC—AVHRR—CLM 总的准确率为 82.8%。

从准确率、漏判率和误判率逐月变化曲线图(图 1)中可看出, NSMC—AVHRR—CLM 每月的准确率都在 80% 左右, 且存在明显的年际变化, 夏季较高, 冬季较低。由于 NOAA11 和 NOAA14 卫星使用的年限较长, 在卫星运行末期, 卫星传感器的衰减严重, 数据质量下降, 丢轨坏轨、可见光波段的数据无法使用等现象逐渐增多, 导致卫星云检测精度下降。2 种错误情况中, 漏判率变化不大, 误判率波动较大, 对 NSMC—AVHRR—CLM 的准确率造成较大影响, 且漏判率与误判率之间存在反相位关系。

下面分别给出各季节全国 756 个观测站的 NSMC—AVHRR—CLM 的准确率、漏判率和误判率, 讨论我国不同区域不同季节的云检测精度变化。图 2 为 AVHRR 四季云检测精度在全国各测站的分布图。从图 2 中可看出, 在中国大陆地区 NSMC—AVHRR—CLM 的准确率分布为南高北低, 夏季的云检测准确率最高, 冬季最低, 春、秋两季居中。西南地区 and 长江流域 AVHRR 的云检测在各季节的准确率都较高, 每个季节的漏判率和误判率都较低, 且基本持平; 华南地区四季的准确率都较高, 漏判率和误判率都较低, 但每个季节的漏判率都大于误判率; 东北地区、黄河流域和内蒙古中部, 漏判率在四季都很低, 误判率在冬季变得较高。分析认为冬季北方地区有大量的冰雪, 由于

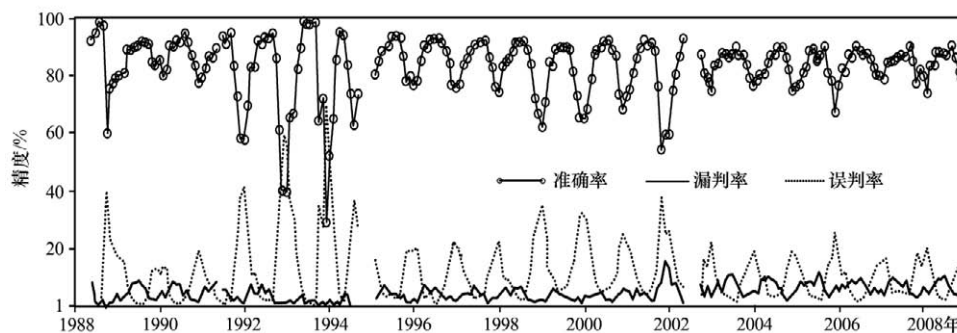


图 1 1988 年 6 月—2008 年 12 月地面报资料检验 AVHRR 云检测结果精度的月变化

Fig. 1 Monthly variations of the accuracy of AVHRR cloud detection result compared with ground observation from June 1988 to December 2008

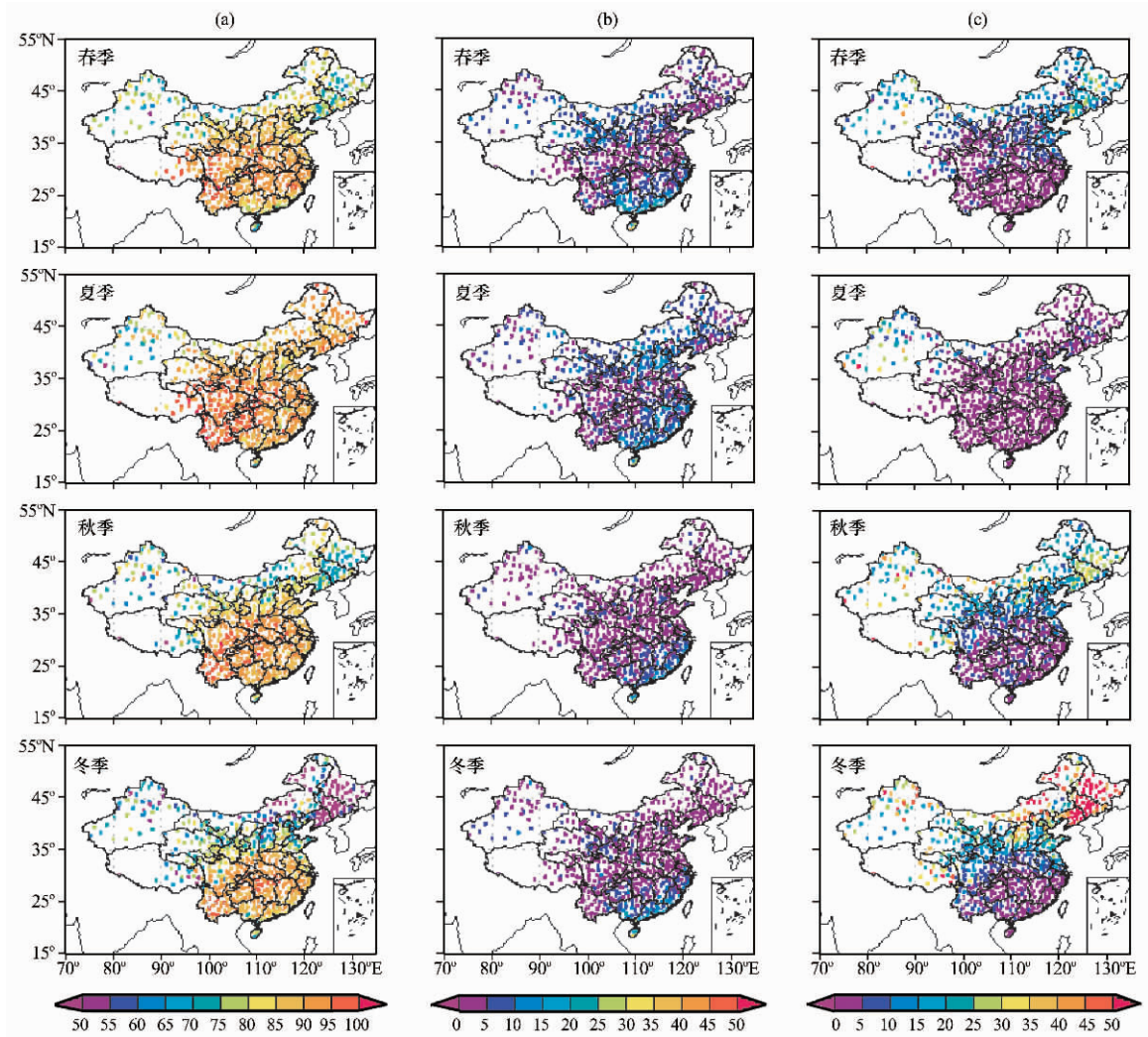


图 2 AVHRR 四季云检测精度在全国各测站的分布

(a) 准确率, (b) 漏判率, (c) 误判率

Fig. 2 Distributions of seasonal accuracy of AVHRR cloud detection result compared with ground observation. (a) accuracy, (b) miss detected rate, (c) false detected rate

冰雪具有较高的反射率和较低的温度<sup>[15-16]</sup>, 仅利用 AVHRR 各通道及四种通道组合的直方图很难将冰雪与云区分开, 结果导致将冰雪判为云, 从而影响 AVHRR 云检测的精度, 而且东北地区冬季持续时间较长(11 月底一次年 3 月底), 因此也会对春、秋季的云检测精度造成影响; 西北地区的云检测准确率全年都较低, 误判率高于漏判率, 且相邻站点的准确率相差较大。分析认为, 由于西北地区多为沙漠、盐碱地等反射率较大的地表类型, 地表类型稍有变化, 在卫星图像上就会很明显, 导致云检测误判; 西藏地区的云检测准确率在春、夏季较高, 而秋、冬季较低, 全年漏判率都较低, 秋、冬季的云检测误判率较高。

从以上分析可以看出, 除了冬季东北地区的云

检测准确率在 50% 左右, 其余我国大陆地区不同季节的云检测准确率都在 70% 以上。可见, 长江流域和西南区域的云检测准确率最高, 华南地区的云检测偏于少判, 其他区域的云检测偏于多判。在使用这套数据集时, 应注意不同季节不同区域由于云检测精度的不同所带来的影响。

#### 4.2 利用船舶报资料检验 AVHRR 云检测精度

为了检验海洋上空的云检测精度, 从国家级气象资料存储检索系统网站下载全球船舶站天气资料定时值数据集, 该数据集的每个记录都包括云量等 44 项要素定时值数据。为了使要素项的单位和取值范围与实时库一致, 该数据集对要素项的单位和取值范围进行了调整, 但没有对其质量进行控制。由于在海洋上观测云量时的范围非常大, 适当

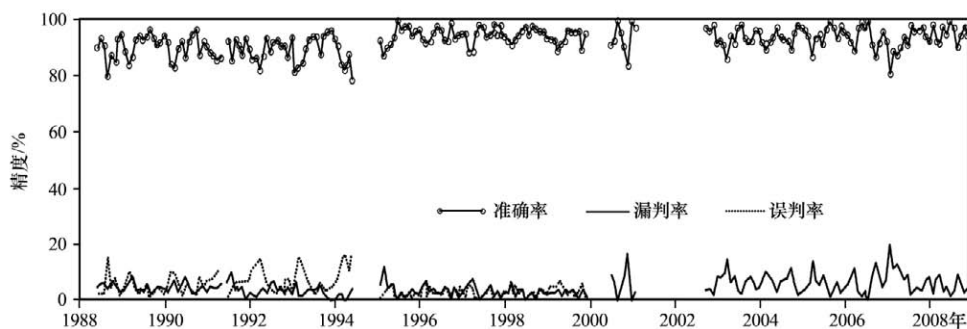


图 3 同图 1，但为船舶报资料

Fig. 3 The same as Fig. 1, but for ship's report

扩大时间窗区，以 AVHRR 探测时间前后 30 min 内的船舶报资料来检验 NSMC-AVHRR-CLM。但由于船舶报数据集中存在大量的缺测，使得 21 年云检测结果中只有 35 000 多个样本能够与船舶报资料的时空匹配。检验结果表明，海洋上空的云检测精度要好于陆地上空，总的准确率为 91.5%。

在海洋上空，大部分月份 NSMC-AVHRR-CLM 的准确率都在 90% 以上(图 3)，年际变化比陆地(见图 1)小，冬、夏季的云检测精度没有明显的差异。与陆面上空云检测结果相反，海洋上空的云检测漏判率较高，而误判率很低，甚至没有。不同卫星的云检测准确率是不同的，NOAA11 卫星整体的云检测准确率较低，漏判率与误判率变化幅度较大，在卫星使用前期漏判率和误判率基本持平，后期误判率则明显高于漏判率；NOAA14 的云检测准确率较高，漏判率与误判率变化尺度都很小；NOAA16 和 NOAA18 卫星的误判率基本为零，但

漏判率较高，变化剧烈，导致 NOAA16 和 NOAA18 的云检测云量偏少。

图 4 为不同季节不同纬度的船舶报检验 AVHRR 云检测精度变化。从图 4 中可以看到，海洋上空的云检测准确率在夏、秋季较高，春、冬季较低，但差异并不明显。这是因为海洋表面特性比较均一，冰雪及下垫面类型对云检测的影响较小。在低纬度地区 NSMC-AVHRR-CLM 的准确率较高，随着纬度增大，卫星天顶角增大，太阳高度角降低，准确率下降。

#### 4.3 利用云卫星资料检验 AVHRR 云检测精度

作为第一颗载有毫米波雷达的气象卫星，云卫星(CloudSat)的 3 mm 波长云廓线雷达 CPR(Cloud Profile Radar)可以“切开”云层，对云层特性进行全球测量，改进对云层结构和成分的研究。自 2006 年 4 月 CloudSat 卫星发射升空以来已有 4 年多的探测资料，我国已有学者开展了相关研究<sup>[17-19]</sup>。

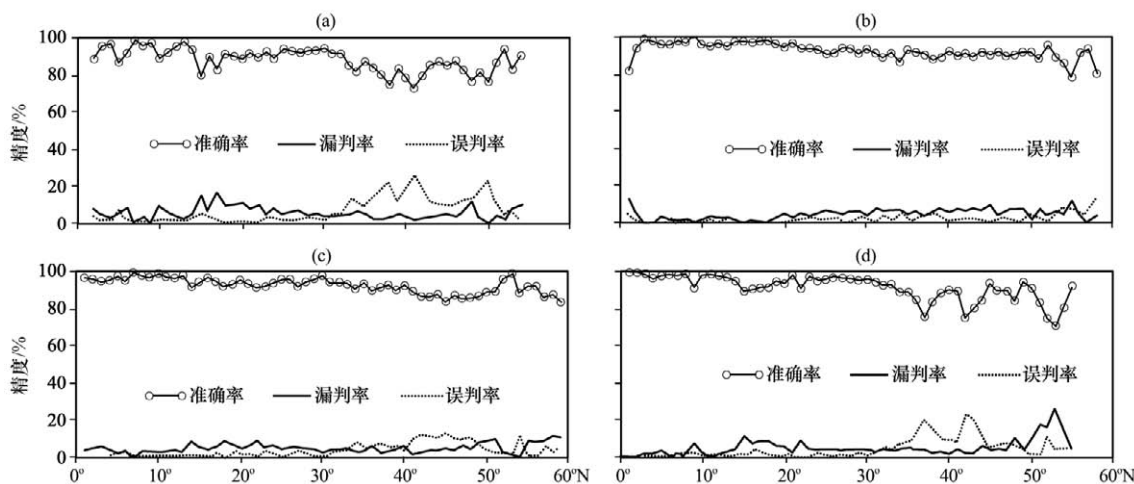


图 4 不同季节不同纬度的船舶报检验 AVHRR 云检测精度变化

(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

Fig. 4 The accuracy change of AVHRR cloud detection result compared with ship's report in different seasons and latitudes. (a) spring, (b) summer, (c) autumn, (d) winter

目前 CloudSat 卫星产品数据处理中心(Data Processing Center, DPC)在线提供 8 种标准数据产品<sup>[20-21]</sup>, 其中 2B-GEOPROF 产品中“CPR Cloud Mask”科学数据集是每个像元的云检测结果, 其数值范围为 0~40, 每个数值代表不同的含义, 只有数值 $\geq 30$ 时, 该像元云检测结果才被认为是云。

CloudSat 卫星沿轨分辨率为 2.5 km, 横轨分辨率为 1.4 km, 垂直分辨率为 500 m。由于分辨率不同, 本文以 CloudSat 卫星每个扫描点中心经纬度所在 AVHRR 图像上的像元为中心, 提取  $3 \times 3$  矩阵中的 AVHRR 云检测结果与 CloudSat 卫星云检测结果作对比。如果  $3 \times 3$  矩阵中有一个像元的云检测结果与 CloudSat 卫星云检测结果相同, AVHRR 云检测结果正确; 如果  $3 \times 3$  矩阵中所有像元的云检测结果与 CloudSat 卫星云检测结果都不相同, 则认为 AVHRR 云检测结果错误。

本文以 2007 年全年 CloudSat 卫星云检测结果为对比值, 检验了 NSMC-AVHRR-CLM 中 2007 年 AVHRR 云检测结果的精度(图 5)。结果表明, 检验结果与地面观测资料检验结果基本一致, 在陆地上空的 AVHRR 云检测精度高于 80%, 海洋上空的云检测精度要高于陆地上空的云检测精度, 在 85% 左右。在利用 CloudSat 卫星资料检验 AVHRR 云检测结果同时, 还考察了设置不同观测时间差对检验结果的影响: 观测时间差越小, 检验的结果则越好; 当观测时间差在 1 h 以内时, 随着观测时间差增大, 得到的检验精度缓慢降低, 而观测时间差超过 1 h 时, 检验精度要比时间差在 1 h 内的检验精度低很多。但是, 随着减小观测时间

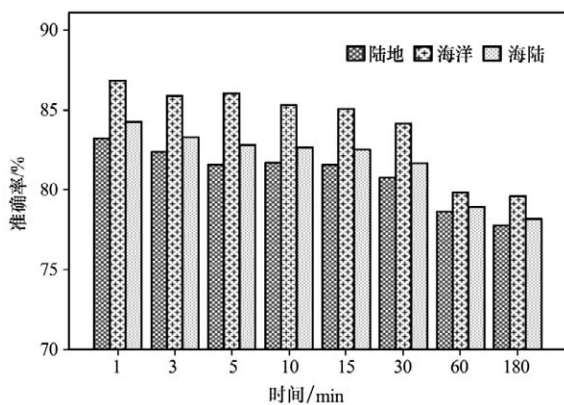


图 5 利用 CloudSat 卫星资料检验不同时间差的 AVHRR 云检测精度

Fig. 5 Variations of accuracy of AVHRR cloud detection result compared with CloudSat data at the different observed time differences

差, 得到的时空匹配上的样本量也急剧减少。因此, 在利用卫星资料与其他资料对比时, 应充分考虑不同资料的观测时间差, 这样既得到好的比较结果, 又能使样本具有一定的代表性。

上述检验结果表明, 海洋上空的云检测精度要好于陆地上空; 夏季的云检测精度较好, 冬季较差; 在南方的检测效果要好于北方。在我国大陆地区, 长江流域云检测精度最好, 在华南地区云检测偏于少判, 在东北地区冬季云检测多判现象严重, 在西北和西藏地区, 整体趋于多判。在海洋地区, 低纬度的云检测精度要好于高纬度。

通过以上分析及一些人工检验, 我们认为积雪、太阳耀斑、地表类型差异以及相邻矩阵间阈值的不连续性都会影响云检测的精度, 其中冰雪的影响最大, 在陆地和海洋上空都有体现。

## 5 结论

通过地面报资料、船舶报资料和 CloudSat 卫星资料对 NSMC-AVHRR-CLM 进行了精度检验, 结果表明, 利用动态阈值法(DTCM)在没有历史资料、不知道区域先验气候值和辐射统计值的情况下, 仍能获得合理的长时间序列 NOAA-AVHRR 数据云检测结果, 陆地上空的云检测准确率为 82.8%, 海洋上空的云检测准确率为 91.5%, 且运行速度较快, 是一个相对简单、完全自动化的云检测方法。

针对以上检验结果, 我们还需要对该数据进行再分析处理, 如冰雪判识、下垫面订正等, 以提高 NSMC-AVHRR-CLM 的质量。

## 参考文献

- [1] Pavolonis M J, Key J R. Antarctic cloud radiative forcing at the surface estimated from the AVHRR Polar Pathfinder and ISCCP D1 datasets, 1985-93[J]. Journal of Applied Meteorology, 2003, 42(7): 827-840.
- [2] 师春香, 谢正辉. 卫星多通道红外信息反演大气可将水业务方法[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(4): 304-308.
- [3] Heidinger A K, Anne V R, Dean C. Using MODIS to estimate cloud contamination of the AVHRR data record[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2002, 19(5): 586-601.
- [4] Stowe L L, Davis P A, McClain P E. Scientific basis and initial evaluation of the CLAVR-1 global clear/cloud classification algorithm for advanced very high resolution radiometer[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 1999, 16(6): 656-681.

- [5] 殷青军, 杨英莲, 徐维新. NOAA 卫星资料云雪识别方法的研究[J]. 高原气象, 2002, 21(5): 526—528.
- [6] 汤琦, 毛节泰, 李成才. 利用 MODIS 资料对中国西部地区的云检测[J]. 高原气象, 2006, 25(6): 990—1000.
- [7] Walder P, Maclaren I. Neural network based methods for cloud classification on AVHRR images[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(8): 1693—1708.
- [8] 周红妹, 杨星卫, 陆贤. NOAA 卫星云检测方法的研究[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 137—142.
- [9] 师春香, 瞿建华. 用神经网络方法对 NOAA—AVHRR 资料进行云客观分类[J]. 气象学报, 2002, 60(2): 250—256.
- [10] Rossow W B, Garder L C. Validation of ISCCP cloud detections[J]. Journal of Climate, 1993, 6(12): 2370—2393.
- [11] Vittorio A V D, Emery W J. An automated dynamic threshold cloud-masking algorithm for daytime AVHRR images over land [J]. IEEE Trans Geosci Remote Sensing, 2002, 40(8): 1682—1694.
- [12] 刘希, 许健民, 杜秉玉. 双通道动态阈值法对 GMS—5 图像进行自动云检测[J]. 应用气象学报, 2005, 16(4): 434—444.
- [13] 刘健. FY—2 云检测中动态阈值提取技术改进方法研究[J]. 红外与毫米微波学报, 2010, 29(4): 288—292.
- [14] 杨军, 董超华, 等编著. 新一代风云极轨卫星气象卫星[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 166—167.
- [15] Rossow W B, Walker A W, Garder L C. Comparison of ISCCP and other cloud amounts[J]. Journal of Climate, 1993, 6: 2394—2418.
- [16] 魏丽, 钟强. 中国西部云和积雪的多通道特征和识别[J]. 高原气象, 1991, 10(4): 371—380.
- [17] 王胜杰, 何文英, 陈洪滨, 等. 利用 CloudSat 资料分析青藏高原、高原南坡及南亚季风区云高度的统计特征量[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 1—9.
- [18] 王帅辉, 韩志刚, 姚志刚. 基于 CloudSat 和 ISCCP 资料的中国及周边地区云量分布的对比分析[J]. 大气科学, 2010, 34(4): 767—779.
- [19] 王帅辉, 韩志刚, 姚志刚, 等. 基于 CloudSat 资料的中国及周边地区云量分布的对比分析[J]. 高原气象, 2011, 30(1): 38—52.
- [20] 马占山, 刘奇俊, 秦琰琰, 等. 云探测卫星 CloudSat[J]. 气象, 2008, 34(8): 104—115.
- [21] 周毓荃, 赵妹慧. CloudSat 卫星及其在天气和云观测分析中的应用[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(5): 603—614.

## Validation of NOAA/AVHRR Cloud Detections by an Automated Dynamic Threshold Cloud-Masking Algorithm

WU Yan<sup>1</sup>, YIN Yan<sup>1</sup>, SHI Chun-xiang<sup>2</sup>, HE Li<sup>3</sup>, HU Ting-ting<sup>1</sup>, MENG Jun-yao<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory for Atmospheric Physics and Environment, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China;

3. Guangxi Institute of Meteorology, Nanning 530022, China;

4. Donghua Software Company, Beijing 100081, China)

**Abstract:** As one of the most successful and extensive polar-orbiting meteorological satellites, NOAA data are widely used in the studies of weather, vegetation index, duststorms and so on. Detection of the cloud presence is the first step of these studies, and its accuracy will directly affect the accuracy of quantitative analyses. Almost twenty years from 1988 to 2008, the advanced high resolution radiometer (AVHRR) raw data were collected by China National Satellite Meteorological Center, and their cloud detection output by an automated dynamic threshold cloud-masking algorithm have been compared with coincident surface weather observations, ship's report. The results show that NOAA/AVHRR cloud detection samples are about 82.8% according with surface weather observation, and approximately 91.5% with ship's report. In addition, CloudSat data are also used to investigate the influence of difference in observation time on the accuracy of NOAA/AVHRR cloud detection.

**Key words:** Cloud detection; NOAA/AVHRR; Automated dynamic threshold cloud-masking algorithm