

基于 AVHRR、MODIS 和 MVRIS 数据的 辐射雾变化检测与分析

马慧云¹ 李德仁² 刘良明¹ 梁益同³

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(3 武汉中心气象台,武汉市东湖东路,430074)

摘 要:以过境时间不同的 NOAA-16/AVHRR、NOAA-17/AVHRR、FY1-D/MVRIS、TERRA/MODIS 和 AQUA/MODIS 五种遥感影像数据组成一组序列影像,对发生在湖北省 2005 年 2 月 4 日的辐射雾进行了一次变化检测与分析。经地面验证,序列影像数据在雾变化检测的研究方面具有很大的潜力,检测结果动态地显示了该次大雾的形成、发展、稳定、消散的过程。将检测结果与该区域的 DEM 和水系矢量图结合分析发现,二者在辐射雾的变化发展过程中起着非常重要的作用。

关键词:AVHRR; MODIS; MVRIS; 动态变化; 检测

中图法分类号:TP751

从 20 世纪 70 年代开始,国内外研究者利用雾在近红外和中红外波段的亮度温度差异基于 NOAA/AVHRR 数据进行了大量的云雾分离检测研究^[1-6]。近几年来,国内也有研究者基于 MODIS 数据和 GMS 数据进行了一定程度的雾检测研究^[7-12]。因辐射雾具有较强的时间特性,且持续时间不长,对雾进行变化检测研究需要较高时间分辨率的遥感影像,所以大多数雾检测研究仅限于单幅影像单次检测,雾变化检测研究甚少。目前,我国大部分省气象局可以接收到的卫星影像数据有 NOAA-16/AVHRR、NOAA-17/AVHRR、FY1-D/MVRIS、TERRA/MODIS 和 AQUA/MODIS^[13],同一地区一天可接收 10 余次遥感卫星数据,平均每 2.4 h 一幅,其组成的序列影像数据具有较高的时间分辨率、空间分辨率和光谱分辨率。本文对该序列影像数据进行了雾变化检测能力的研究。

1 基于不同传感器卫星数据的雾检测算法

以发生在湖北省 2005 年 2 月 4 日的辐射雾

为例,共收集到 TERRA 2005-02-03 22:31、AQUA 2005-02-04 02:55、NOAA-16 2005-02-04 04:21、FY1-D 2005-02-04 09:14、TERRA 2005-02-04 10:35、NOAA-17 2005-02-04 11:31、AQUA 2005-02-04 13:50 七幅遥感影像,历时 15 h,遥感影像数据均经反射定标和辐射定标。其中,TERRA 2005-02-03 22:31 和 AQUA 2005-02-04 13:50 的遥感影像区域上的雾未出现或已消散,因此未对其进行检测;NOAA-17 2005-02-04 11:31 影像中的雾已初步抬升为低云,与周围云分离极为困难,为了变化检测研究的连续性,对其进行了人工手动提取。

该序列影像数据中主要存在云、地物(包括水)和雾三种典型类别,所以主要进行了云、地物(包括水)与雾的分离检测算法研究。由于该三种典型类别具有不同的纹理特征和辐射特征,因此可以通过目视判别对其作出定性的判断。本文采用目视判别对影像中的三种典型类别选取特征点,将各个波段的反射率和辐射率映射到同一坐标系中,恢复其光谱曲线,在根据光谱曲线研究雾与云及地物(包括水)分离算法时发现,序列影像数据的雾检测算法具有如下共性:① 白天和夜

间,10.5~11.3 μm 光谱通道反演的亮度温度有助于云雾分离,阈值均在 273 K 附近,说明雾区上空的逆温层较为稳定。② 白天,0.60~0.68 μm 光谱通道反演的反射率有利于地物与雾分离,阈值在 0.17 附近。③ 夜间,雾在 10.5~11.3 μm 光谱通道反演的亮度温度比 3.60~3.90 μm 光谱通道反演的亮度温度高,地物则相反,因此,亮度温度差异可将二者分离。

根据各序列遥感影像的光谱曲线,对各个遥

感影像进行基于阈值分割的分类算法(单幅影像的算法流程见图 1),序列遥感影像数据的雾检测算法见表 1。由于 TERRA/MODIS 和 AQUA/MODIS 影像数据具有较高的光谱分辨率,其适用于雾检测的波段数目增多,所以本文在利用该影像数据进行雾检测时采取了不同的算法。

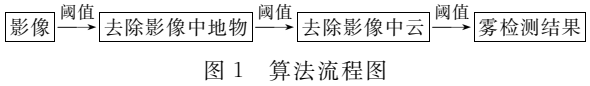


Fig. 1 Flowchart of Data Processing

表 1 雾检测算法

Tab. 1 Algorithm of Fog Detection

	AQUA	NOAA-16	FY1-D	TERRA	NOAA-17
雾与地物进行分离	$T_{23}-T_{22} \geq 0$ K	$T_4-T_3 \geq 0$ K	$R_1 \geq 0.18$	$R_1 \geq 0.16$	$R_1 \geq 0.17$
雾与云进行分离	$T_{27} \geq 247$ K	$T_4 \leq 274$ K	$T_1 \leq 274$ K	$R_{19} \leq 0.20$	无

2 检测结果验证及动态变化分析

2.1 检测结果验证

根据气象方面的有关资料,目前雾检测结果只能靠常规地面观测站的实测数据进行检验,虽然观测站点的设置密度难以满足检测结果的精度,但由于雾具有面状特性,若实测有雾的站点相

邻,则可将其所包含的区域认为是雾区。地面实测数据由武汉中心气象台提供,检测结果见图 2。遥感影像的雾检测结果与地面实测天气状况的对比结果见表 2。

由表 2 可得:① 地面观测值为雾和其余天气的站点均得到正确检测;② 少量轻雾未被检测,这与轻雾自身的特性有很大关系,因为轻雾的雾粒子浓度较低,很难完全阻挡传感器对地表面的

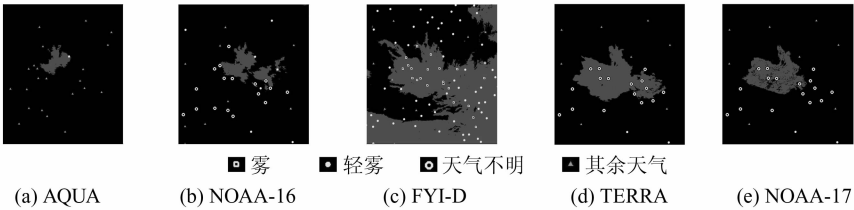


图 2 检测结果

Fig. 2 Results of Fog Detection

表 2 检测验证结果

Tab. 2 Validated Result of Fog Detection

	北京时间	雾		轻雾		天气不明		其余天气	
地面观测	2005-02-04 02:00	0		1		0		25	
AQUA	2005-02-04 02:55	0	0	1	0	0	0	0	25
		雾	其他	雾	其他	雾	其他	雾	其他
地面观测	2005-02-04 05:00	0		7		17		8	
NOAA-16	2005-02-04 04:21	0	0	2	5	7	10	0	8
		雾	其他	雾	其他	雾	其他	雾	其他
地面观测	2005-02-04 08:00	22		56		0		7	
FY1-D	2005-02-04 09:14	22	0	34	22	0	0	0	7
		雾	其他	雾	其他	雾	其他	雾	其他
地面观测	2005-02-04 11:00	0		2		16		8	
TERRA	2005-02-04 10:35	0	0	0	2	12	4	0	8
		雾	其他	雾	其他	雾	其他	雾	其他
地面观测	2005-02-04 11:00	0		2		16		8	
NOAA-17	2005-02-04 11:31	0	0	0	2	6	10	0	8
		雾	其他	雾	其他	雾	其他	雾	其他

探测,利用光谱差异的特性难以将地面与其分离;轻雾稳定性差,易形成或消散,若遥感影像数据与地面实测数据的时间不一致(提前或滞后),则易产生错判现象;③夜间和白天,某些地面观测站点对观测值的精度要求不高,存在天气状况缺省的现象,此时难以通过地面实测资料对遥感影像的检测结果进行验证。因此,序列遥感影像数据在雾检测研究方面具有很大的潜力,轻雾检测算法则需进一步改进。

2.2 动态变化分析

大气层稳定是辐射雾产生和稳定发展的重要条件。由地面实测数据知,区域风速一直在 2 级(2 m/s)以下,为雾的稳定发展奠定了一定的基础。

本文在雾区与同研究范围的水系矢量图和 DEM 具有相同地理坐标特性的基础上进行层叠加分析。雾变化检测结果与水系矢量图和 DEM 相结合进行雾发展趋势分析的结果见图 3。

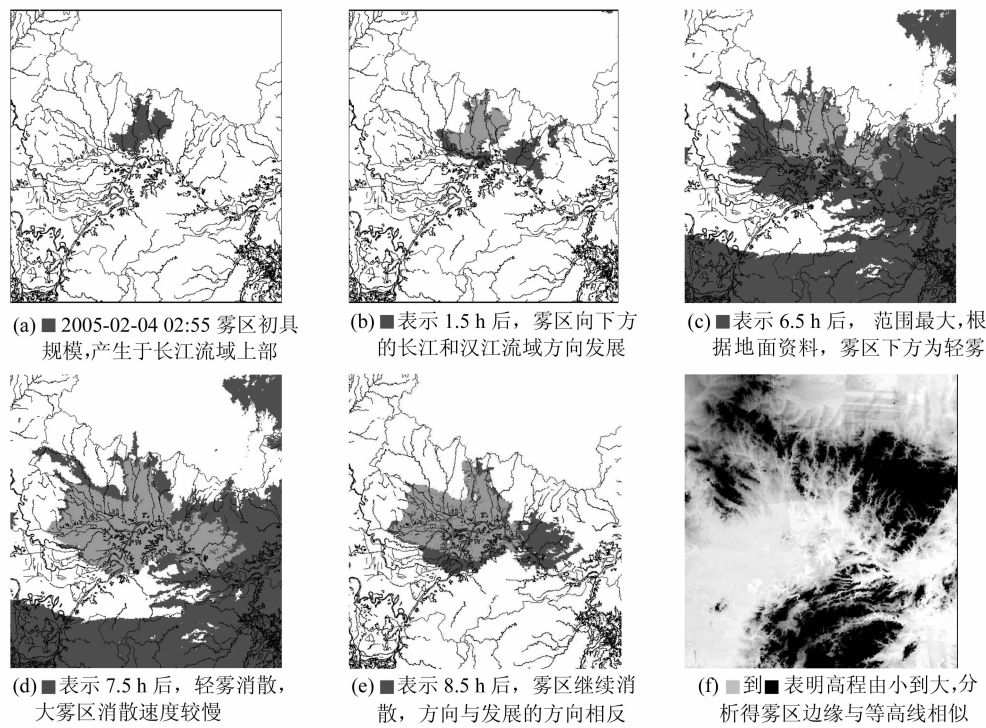


图 3 雾变化检测结果与水系矢量图及 DEM 结合分析

Fig. 3 Analysis Among Result of Fog Detection, DEM and Vector Graph of Water System

由图 3 可得:①雾生成和发展的方向与大气中的水汽含量有很大关系,区域下方的长江流域与汉江流域充足的水汽为此次雾的稳定发展提供了一定的帮助。②与 DEM 结合分析发现,其对雾的发展方向具有一定影响。辐射雾一般及地而生,高度较低,由低处向上逐步发展,容易向高程相近的区域扩散。③雾消散的趋势与其上空逆温层的稳定程度有较大关系。由此次雾的动态变化过程知,先生成区的消散较慢,说明先生成区的逆温层较为稳定。

3 结 语

- 1) 地面验证结果表明,序列遥感影像数据在雾变化检测研究方面具有很大的潜力。
- 2) 三种传感器不同时次的雾检测研究算法

具有共性,但由于 MODIS 数据具有较高的光谱分辨率,因此其有利于雾检测波段数目的增加。

3) 雾检测结果与 DEM 和水系矢量图结合进行雾发展趋势的分析发现,二者在雾生成的发展趋势方面具有一定的影响。

致谢:感谢武汉大学 MODIS 卫星数据地面接收站提供的 MODIS 影像数据以及武汉中心气象台提供的 AVHRR、MVRIS 影像数据及地面实测资料。

参 考 文 献

[1] 李亚春,孙涵,徐萌. 气象卫星在雾的遥感监测中的应用与存在的问题[J]. 遥感技术与应用,2000(4): 223-227

[2] Jun-ichi K, Shoichi N. Identification of Fog with NOAA AVHRR Images[J]. IEEE Transactions on

Geoscience and Remote Sensing, 1991, 29(5): 704-709

[3] Jorg B, Frank B, Christoph R. NOAA-AVHRR and 4D GIS: Towards a More Realistic View of Fog Clearance[C]. IGASS'99, Hamburg, 1999

[4] Bachmann M, Jorg B. Fog Detection in the Alpine Region with NOAA/AVHRR [C]. IGASS' 91, Helsinki, 1991

[5] Jorg B. Detection of Fog Horizontal Visibility by Means of NOAA-AVHRR[C]. IGASS'95, Firenze, 1995

[6] 纪瑞鹏, 代付, 班显秀. NOAA/ AVHRR 图像资料在大雾灾害监测中的应用[J]. 防灾减灾工程学报, 2004(2): 149-152

[7] 李亚春, 孙涵, 徐萌, 等. 计盒维数法在云雾遥感监测中的应用研究[J]. 科技通报, 2003(1): 29-31

[8] 王淑华, 赵宇明, 周小四, 等. 基于灰度连通域加权分数维的云雾自动分离算法[J]. 红外与激光工程, 2002(1): 18-22

[9] 陈伟, 周红妹, 袁志康, 等. 基于气象卫星分形纹理的云雾分离研究[J]. 自然灾害学报, 2003(2): 133-139

[10] 张树誉. EOS-MODIS 资料在陕西大雾监测中的应用[J]. 灾害学, 2003(2): 23-26

[11] 马慧云, 李德仁, 刘良明, 等. 基于 MODIS 卫星数据的平流雾研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004(2): 143-145

[12] 李亚春, 孙涵, 徐萌. 卫星遥感在大雾生消动态监测中的应用[J]. 灾害学, 2003(1): 45-49

[13] 孟晋宝, 张青. 我国气象卫星的现状与未来[J]. 新疆气象, 2003(3): 28-30

第一作者简介: 马慧云, 博士生. 现主要从事遥感图像信息提取研究.
E-mail: lingzi_2002@163. com

Fog Dynamic Change Detection Based on AVHRR, MODIS and MVIRS Data

MA Huiyun¹ LI Deren² LIU Liangming¹ LIANG Yitong³

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)
(2 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)
(3 Wuhan Centre Weather Service, 3 East Donghu Road, Wuhan 430074, China)

Abstract: Images from AVHRR, MODIS, and MVIRS provides an excellent time series data set for fog detection because of their different ascending node. The potential of this series data in fog detection are researched in Hubei Province on 2005-02-04. Validated from ground truth data, this series data has great potential in fog detection. According to the results, DEM and the water system vector graph of this area, the characteristic of dynamic changes of fog is analyzed.

Key words: AVHRR; MODIS; MVIRS; dynamic change; detection

About the first author: MA Huiyun, Ph.D candidate, majors in remote sensing data processing.
E-mail: lingzi_2002@163. com