

# 基于 MODIS 和 GIS 的洪水识别及淹没区 土地利用信息的提取\*

张宏群, 范伟, 荀尚培, 杨元建

(1. 安徽省气象科学研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室, 安徽 合肥 230031)

**摘要:** 介绍了 MODIS 数据晴空和薄云下水体的有效识别算法——CH2/CH1 比值方案, 并应用于 2007 年淮河流域大洪水事件, 选取泄洪前、泄洪期和退水期 3 时相的 MODIS 数据进行水体识别分析, 有效确定洪水淹没区。利用 GIS 技术提取洪水淹没区土地利用信息, 进一步统计安徽省沿淮县市淹没区土地利用各类型的面积, 从而为区域洪水灾害评估提供参考依据。相关研究成果已在 ArcGIS 中建成模型, 为洪水监测业务服务。

**关键词:** MODIS 和 GIS; 洪水淹没; 土地利用; 淮河流域; 安徽

**中图分类号:** TV122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)04-0022-05

## 0 引言

洪水是当前国际国内经济建设和社会发展面临最严峻的问题之一。淮河流域是我国重要的农业生产区, 由于地形及流域内众多的扇形支流, 造成淮河流域成为我国七大江河中洪水灾害最频繁、灾情最严重的河流之一。淮河流域汛期降水集中而且变率大, 极容易形成洪涝灾害, 对当地的农业生产、人民生活和经济发展影响很大。因此, 对淮河流域洪水进行监测, 对于政府和有关部门科学调度沿淮行蓄洪区和制订抗灾救灾决策等具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。

我国目前用于洪水监测的遥感资料有 TM、SPOT、NOAA-AVHRR、SAR 等。TM 和 SPOT 影像具有多波段、多时相, 分辨率适中(TM 为 30 m, SPOT 为 20 m), 可有效地获取地面覆盖信息和洪水信息, 但时间分辨率较低(TM 为 16 d, SPOT 为 26 d), 扫描宽度较小(TM 为 185 km, SPOT 为 60 km), 且数据非免费接收, 不易获得大范围的同时监测资料; NOAA 卫星能昼夜获取信息, 时间分辨率较高, 可作为洪水动态监测的资料, 但空间分辨率较低(1.1 km); 利用机载侧视雷达系统 SAR, 分辨率达 10 m, 甚至 3 m, 但影像获取费用很高, 飞行受天气影响大, 在特大洪水应急中才使用。在单一监测平台下, 洪水监测的遥感数据

在空间、时间分辨率等方面存在一定的不足, 制约了洪灾监测信息对决策的时效性。彭定志等<sup>[3]</sup>利用免费的、较高时空分辨率的 MODIS 数据, 运用 GIS 技术, 实现对不同土地利用类型的淹没情况的实时监测, 为汛情的动态监测和评估提供迅速、直观、可靠的现状和变化信息; 李纪人<sup>[4]</sup>认为 GIS 是洪涝灾害监测评估工作最主要的技术支撑之一, 并介绍了 GIS 在洪涝灾害监测评估中的应用。

本文针对卫星遥感 MODIS 数据, 首先介绍了基于 MODIS 的水体识别方法, 其次针对淮河流域不同水域, 应用 GIS 技术并结合阈值法, 提取了 MODIS 卫星遥感的水体信息, 最终准确得到安徽省沿淮县市洪水淹没区土地利用信息, 从而为灾情评估提供重要依据。

## 1 研究区概况

以淮河流域安徽省沿淮 12 县市为研究区, 该区位于淮河中游(115°16.25'~118°25.87'E; 29°58.48'~32°6.88'N)。淮河流域地处中国南北气候带、高低纬度带和陆海交互作用带相复合的地区, 致洪暴雨天气系统复杂, 发生频繁, 2007 年淮河流域爆发了自 1954 年以来最强的洪水灾害。本文以此次洪灾为例, 进行洪水识别及淹没区土地利用信息提取的方法研究。

\* 收稿日期: 2010-04-08

基金项目: 淮河流域气象开放研究基金(200609); 安徽省国际科技合作项目(07080703005)

作者简介: 张宏群(1972-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事 RS 和 GIS 在气象中的应用研究. E-mail: ahzhq@tom.com

## 2 资料来源和研究方法

### 2.1 资料来源

MODIS数据是美国国家航天局(NASA)免费提供的卫星遥感数据,其36个波段中2个波段分辨率是250 m,5个波段是500 m,其余29个波段是1 000 m。MODIS数据具有较高的时空分辨率,是当前洪水监测非常有效的遥感数据。安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室每天至少接收2幅包含全国的MODIS数据,为开展洪灾监测评估提供了优越的数据源和前提条件。土地利用数据从近年美国陆地卫星的ETM数据通过计算机自动识别和目视判读相结合的方法解译,具有一定的准确性和现势性。安徽省沿淮县市境界数据从国家1:5万基础地理信息数据中提取。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 晴空和薄云下水体识别

洪涝灾害一般发生在晚春及夏季时分,地面的主要覆盖物是水体、植被和土壤。在MODIS的通道1(CH1,光谱范围:620~670 nm,分辨率500 m,下同),植被具有低的反射率,而湿土壤与水体的反射率相近,也较低;在通道2(CH2,光谱范围:841~876 nm,分辨率500 m,下同),植被和土壤等陆地地物类型具有较高的反射率,而水体的反射率较低<sup>[5]</sup>。故可采用CH2与CH1的比值增强方案,识别晴空下水体。

对于薄云覆盖下的水体识别,如在半透明云层(如:薄云)覆盖地区,卫星传感器所接收到的信息中包括来自云和云下地表的信息以及大气的路径辐射(来自大气中的除云之外的大气辐射)。对于MODIS数据来说,在CH1和CH2中云的反射特性相似,而路径辐射量也较少。在CH1中,水体反射值通常高于陆地,而CH2中陆地反射值大于水体。在CH2与CH1的比值图像中,水体为低值,植被等为高值,其直方图呈明显的双峰分布,并且两峰能拉得开,因此选取适当的阈值即可识别薄云下的水体<sup>[6-7]</sup>。

#### 2.2.2 洪水淹没区土地利用信息的提取

洪水发生的季节获取的MODIS数据完全晴空的时次很少,大部分MODIS数据都不同程度地受到薄云的影响。应用上述简单而实用的水体识别方法——CH2/CH1比值方案,再结合GIS技术,针对淮河这一特定流域,不同水域选择不同的阈值,能有效地识别晴空和薄云干扰下的水

体。本文选取洪水泄洪前,泄洪期和退水期3个时相的MODIS数据进行水体识别。具体地,首先在ArcGIS中把3时相的MODIS数据转换成GIS栅格数据,然后进行严格的配准,在CH2与CH1比值方案的基础上结合阈值法识别水体。其次,将识别水体后的栅格数据转换为矢量数据,并叠加土地利用和县市境界数据,进行空间分析。最后,确定洪水淹没区,按县市提取洪水淹没区土地利用信息,并计算各土地利用类型的面积。

## 3 2007年安徽省沿淮县市洪水淹没区土地利用信息的提取

### 3.1 洪水淹没区的确定

2007年6月29日至7月25日安徽省淮河流域普降暴雨、大暴雨,局部地区特大暴雨,降水普遍偏多,比常年同期多1~2倍。受连续强降雨影响,淮河干流发生了1954年以来最大的全流域性大洪水,虽然安徽省沿淮启用了蒙洼等9个行蓄洪区,但是淮河中游仍然持续高水位,润河集至汪集段超过历史最高洪水位<sup>[8]</sup>。

本文以尽可能选择晴空或受薄云影响小的MODIS数据为原则,选取2007年5月29日02时(2007-05-29 T 02:00)、2007年7月27日02时(2007-07-27 T 02:00)和2007年10月5日05时(2007-10-05 T 05:00)3时相的MODIS数据分别作为泄洪前、泄洪期和退水期应用CH2/CH1比值方案进行水体识别。由于CH2相比CH1,云的反射率更高,因此选择在CH2上进行阈值选取,从而去除云的影响。

具体做法是:①用某一时相MODIS的CH2数据 $Lay(c_2)$ 和CH1数据 $Lay(c_1)$ ,生成比值数据 $Lay(c_2/c_1)$ , $c_1$ 和 $c_2$ 分别是CH1和CH2数据转化成GIS栅格数据后的对应值;②分别在 $Lay(c_2)$ 和 $Lay(c_2/c_1)$ 中取完备性较高的云和水体样本点,获取消除云影响的阈值 $n_1$ 和识别水体的阈值 $n_2$ ,生成 $c_2$ 小于 $n_1$ 的数据 $Lay1(c_2 < n_1)$ 和 $c_2/c_1$ 小于 $n_2$ 的数据 $Lay2(c_2/c_1 < n_2)$ ;③对数据 $Lay1$ 和 $Lay2$ 求与(共同部分),即 $Lay3 = Lay1(c_2 < n_1) \wedge Lay2(c_2/c_1 < n_2)$ ,得到该时相的水体数据 $Lay3$ 。

以2007-05-29 T 02:00相的水体数据作为泄洪前的本底参考水体,沿淮县市泄洪期2007-07-27 T 02:00相和退水期2007-10-05 T 05:00相的洪水淹没区,图1中红色部分。

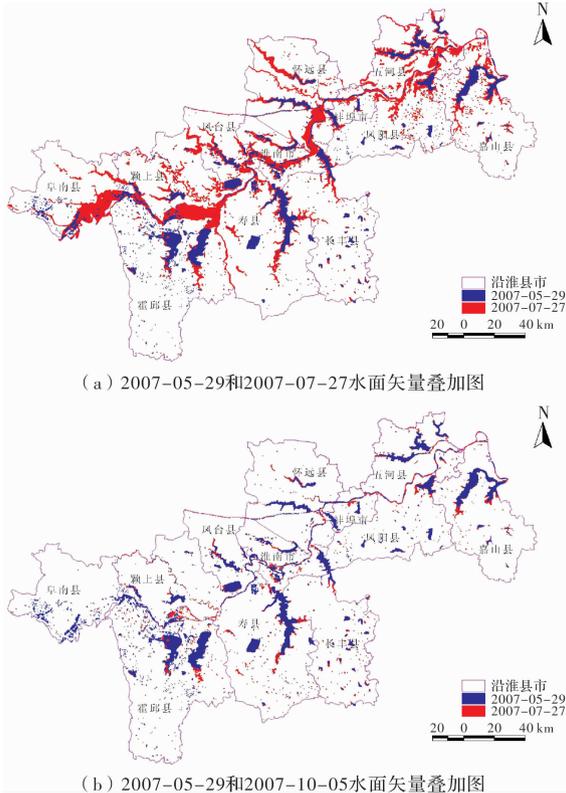


图1 沿江县市泄洪期(2007-07-27 T 02:00)和退水期(2007-10-05 T 05:00)的洪水淹没区

### 3.2 淹没区土地利用信息的提取

淹没区确定后,在 ArcGIS 中叠加土地利用和沿江县市境界数据进行空间分析,分别得出泄洪期(2007-07-27 T 02:00)和退水期(2007-10-05 T 05:00)洪水淹没区土地利用类型的空间分布和各土

地利用类型的面积,分别见图2、图3和表1、表2。

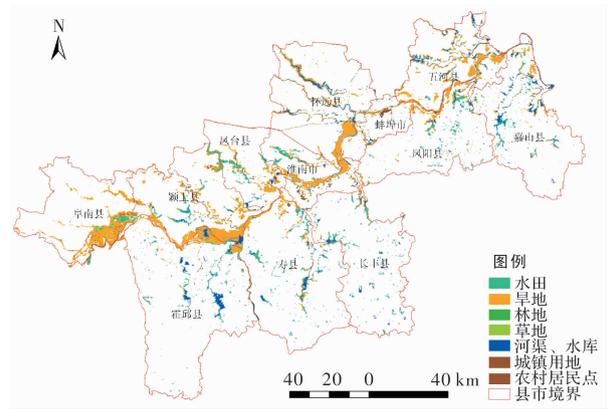


图2 泄洪期(2007-07-27 T 02:00)沿江县市洪水淹没区土地利用分布图

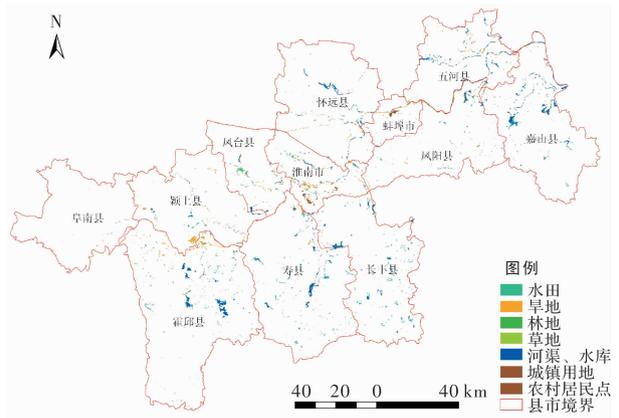


图3 退水期(2007-10-05 T 05:00)沿江县市洪水淹没区土地利用分布图

表1 泄洪期(2007-07-27 T 02:00)沿江县市洪水淹没区各土地利用类型的面积

县市名称	土地利用类型/ km <sup>2</sup>						
	水田	旱地	林地	草地	河渠、水库	城镇用地	农村居民点
蚌埠市	3.49	37.96	0.38	0.00	18.56	0.62	1.99
长丰县	33.43	19.75	0.12	0.02	34.82	0.00	4.54
凤台县	29.64	33.67	0.18	0.02	27.89	3.09	5.80
凤阳县	24.33	38.32	1.88	0.91	36.77	0.94	6.92
阜南县	18.99	29.00	0.00	0.00	3.76	0.26	27.71
怀远县	2.66	46.05	1.18	0.16	20.96	1.84	14.43
淮南市	14.39	37.25	0.00	1.16	21.47	7.86	6.52
霍邱县	15.67	15.01	0.48	1.36	70.65	0.47	9.72
嘉山县	33.96	32.67	6.22	2.14	52.60	0.05	7.17
寿县	19.20	47.32	0.26	0.00	41.83	1.55	6.83
五河县	3.98	53.14	0.85	0.00	35.15	1.20	8.15
颍上县	16.17	75.41	0.00	1.81	26.37	0.68	20.26
合计	215.91	465.55	11.55	7.58	390.83	18.56	120.04

表 2 退水期(2007-10-05 T 05:00)沿淮县市洪水淹没区各土地利用类型的面积

县市名称	土地利用类型/ km <sup>2</sup>						
	水田	旱地	林地	草地	河渠、水库	城镇用地	农村居民点
蚌埠市	0.07	6.56	0.02	0.00	4.36	5.94	0.19
长丰县	16.90	3.37	0.07	0.00	25.40	0.00	0.87
凤台县	5.79	9.23	0.00	0.06	10.21	0.95	0.31
凤阳县	3.17	12.51	0.29	0.37	20.32	0.33	0.92
阜南县	0.07	1.26	0.00	0.00	0.29	0.00	0.29
怀远县	0.14	13.21	0.30	0.06	23.90	0.33	0.29
淮南市	2.85	19.58	0.00	0.49	14.66	6.92	0.81
霍邱县	13.71	19.41	0.20	0.82	42.24	0.94	1.69
嘉山县	4.63	9.00	1.17	0.45	47.05	0.06	1.30
寿县	18.75	9.58	0.00	0.00	34.82	1.12	1.10
五河县	0.05	16.23	0.00	0.00	27.03	0.11	0.93
颍上县	2.86	18.63	0.00	0.11	11.78	0.02	1.30
合计	68.99	138.57	2.05	2.36	262.06	16.72	10.00

从图 2 和表 1 可以看出,泄洪期沿淮县市启用的 9 个行蓄洪区沿淮河干流分布,从土地利用类型看,洪水淹没区多为地势较低的农用地、河渠和水库,农村居民点也占有较大比例,而地势较高的林地和面积本来就不大的草地淹没面积较小。从县域看,颍上县淹没区最大,其次是阜南县和霍邱县。被淹的城镇用地淮南市最大。从图 3 和表 2 可以看出,退水期主要是淮河干流的行蓄洪区的洪水退掉了,离淮河干流较远的河渠水库的洪水仍未退去。据统计,2007 年安徽沿淮县市 9 个行蓄洪区被淹没的耕地面积约为 35 333 hm<sup>2</sup>,比 2003 年和 1991 年洪水淹没区的耕地面积分别减少了 18% 和 57%<sup>[9]</sup>,经换算与 2007-07-27 T 02:00 淹没区农用地中耕地面积基本吻合。2007 年淮河流域强暴雨引发了严重的洪水,其严重程度超过了 2003 年和 1991 年<sup>[10]</sup>,但由于政府及时科学调度沿淮行蓄洪区,2007 年洪水淹没区及灾害造成的损失比 2003 年和 1991 年都要小。

2007 年 6-7 月主汛期的暴雨带主要位于淮河流域,而不是像通常那样集中在长江中下游,时间长达 30 d,超过 2003 年(持续 20 d)<sup>[11]</sup>。由于降雨时间长、强度大、范围广,降雨时空分布不均,导致淮河流域洪水水位高、流量大,高水位持续时间长,干支流洪水并发,洪水组合恶劣。虽然淮河干流经过了大规模的治理,2007 年洪水期间沿淮启用了蒙洼等 9 个行蓄洪区,但淮河中游仍然持续高水位,表明淮河流域洪水灾害较为严重。其中主要原因有:①淮河洪水来量大与河道安全承泄能力小的矛盾突出;②淮河洪水水位高与淮

河北岸地势低的矛盾突出;③行蓄洪区运用与区内社会经济发展的矛盾突出。目前处理上述 3 个矛盾仍十分困难,淮河出现洪水灾害的可能性仍然较大,洪水管理在相当长的一段时间里仍是流域管理工作面临的首要任务<sup>[12-13]</sup>。

## 4 结论和讨论

(1)针对淮河流域这一特定区域,在考虑 MODIS CH2 和 CH1 比值的基础上还运用了阈值法,针对淮河流域不同水域,选择不同的阈值,提取水体信息,得到了较好的识别结果和很好的验证。因此用这种方法不仅能有效地识别晴空条件下的水体,而且对薄云覆盖下的水体也有较好的识别效果,在一定程度上克服了洪水监测中可见光、红外传感器本身的缺憾,提高了 MODIS 数据的利用率。

(2)利用 MODIS 数据晴空水体和薄云下水体识别算法,以 2007 年安徽省沿淮县市为例,进行水体识别,确定洪水淹没区,在 GIS 中按县市提取淹没区土地利用的信息,为灾情评估提供依据,取得了较好的效果。研究成果业已以 ArcGIS 为平台,建成模型,为防灾减灾业务服务。

(3)由于安徽省境内的淮河流域地势平缓,现有数字高程模型(DEM)精度很难满足 GIS 中淹没区水深分布的分析。随着遥感和 GIS 技术的发展,更有时空精度的卫星及其它遥感数据和 DEM 的产生,以及社会经济统计数据的不完善,在本文研究成果的业务模型中加入这些数据进行水深分

析,将会更好地为政府相关部门的灾情预测和评估以及防灾救灾工作提供依据。

## 参考文献:

- [1] 戴昌达,唐伶俐,王文,等. 我国洪涝灾害加剧的主要因素与进一步抗洪减灾应采取的对策[J]. 自然灾害学报, 1998, 7(2): 45-52.
- [2] 张金存,魏文秋,马巍. 洪水灾害的遥感监测分析系统研究[J]. 灾害学, 2001, 16(1): 39-44.
- [3] 彭定志,郭生练,黄玉芳,等. 基于 MODIS 和 GIS 的洪灾监测评估系统[J]. 武汉大学学报:工学版, 2004, 37(4): 7-10.
- [4] 李纪人. GIS 在洪涝灾害监测评估中的应用[J]. 地理信息世界, 2005, 3(3): 26-29.
- [5] 刘玉洁,杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [6] 范伟,苟尚培,吴文玉. 应用气象卫星 MODIS 识别薄云覆盖下的水体[J]. 大气与环境光学学报, 2007, 2(1): 73-77.
- [7] 盛永伟,肖乾广. 应用气象卫星识别薄云覆盖下的水体[J]. 环境遥感, 1994, 9(4): 247-255.
- [8] 薛仓生,金菊良,丁峰,等. 淮河流域安徽省 2007 年的暴雨洪水特性分析[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 86-91.
- [9] 水利部. 从 2007 年淮河大水防御看我国防汛抗洪能力的提升[EB/OL]. [2007-07-31]. [http://www.gov.cn/gzdt/2007-07/31/content\\_701855.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2007-07/31/content_701855.htm).
- [10] 章国材,毕宝贵,鲍媛媛,等. 2003 年淮河流域强降水大尺度环流特征及成因分析[J]. 地理研究, 2004, 23(6): 796-804.
- [11] 赵思雄,张立生,孙建华. 2007 年淮河流域致洪暴雨及其中尺度系统特征的分析[J]. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 713-727.
- [12] 水利部淮河水利委员会. 淮河流域防汛水情手册[R]. 蚌埠:水利部淮河水利委员会, 2007.
- [13] 纪冰. 2003 年淮河洪水调度及灾后思考[J]. 灾害学, 2004, 19(1): 54-57.

# Flood Identification Method Based on MODIS and GIS and Information Extraction of Land Use of Submerged Area

Zhang Hongqun, Fang Wei, Xun Shangpei and Yang Yuanjian

(1. *Anhui Meteorological research Institute, Hefei 230031, China;*

2. *Key Laboratory of Atmospheric Sciences and Satellite Remote Sensing of Anhui Province, Hefei 230031, China*)

**Abstract:** A MODIS-based algorithm, CH<sub>2</sub>/CH<sub>1</sub> ratio method, for water identification in sunny day, under semitransparent cloud shadow is described. The method was used for water identification and submerged area identification based on the MODIS data in three phases, before, during and after the flood discharge in the flood along the Huai River Basin in 2007. Based on the information for land use of submerged area extracted by use of GIS, a statistics is made on the area of different types of land for use in the submerged area along the Huai River Basin in Anhui province. The results are referential for regional flood disaster assessment. The related results are modeled in ArcGIS for serving flood monitoring.

**Key words:** MODIS and GIS; submerge; land use; Huai River Basin; Anhui