

基于去相关拉伸光谱增强的 HJ-1 影像水体信息提取方法研究

邓 睿^{1, 4}, 黄敬峰^{1, 2}, 王福民^{3*}

1. 浙江大学遥感与信息技术应用研究所, 浙江 杭州 310029
2. 环境修复与生态健康教育部重点实验室, 浙江大学环境与资源学院, 浙江 杭州 310029
3. 浙江大学建工学院水文水资源研究所, 浙江 杭州 310027
4. 浙江省农业遥感与信息技术重点研究实验室, 浙江 杭州 310029

摘 要 当今人类面临着一系列全球性问题, 自然灾害是其中之一, 而做好防灾减灾工作的重要前提就是做好对灾害的监测。本文利用 HJ-1 星 2009 年台风“莫拉克”前后多时相影像, 首先进行辐射定标和影像配准, 然后进行去相关拉伸(decorrelation stretch, DS)光谱增强, 再采用最大似然分类法(Maximum likelihood classification)进行分类, 提取水体信息, 监测台风暴雨引起的水体变化情况。结果表明, DS 光谱增强之后, 各波段的相关性大幅减小, 各种地物在影像上的光谱差异增大, 有利于最大似然法分类时各地物的识别, 各个时相总体分类精度高于 96.0%, Kappa 系数也大于 0.94, 比未进行 DS 光谱增强的分类精度高; 最终提取出各时相水体信息, 通过比较不同时相的水库水面面积, 可以为合理地调度泄洪, 保证水库下游的安全提供决策依据。

关键词 DS 光谱增强; HJ-1 星; 水体信息; 台风“莫拉克”; 最大似然分类法

中图分类号: TP751 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)11-3064-05

引 言

台风是一种发生在热带或副热带海洋上的气旋性涡旋, 常伴有狂风、暴雨和风暴潮, 是一种破坏性很强的天气系统^[1]。台风灾害主要有狂风、暴雨和风暴潮等原生灾害以及滑坡、泥石流等次生灾害^[2]。2009 年 8 月 7 日晚, 台风“莫拉克”登陆中国台湾, 在接下来的几天里, 中国台湾中南部受到重创, 严重的水灾造成人员伤亡和财产损失惨重。

在以前的研究中, 灾害监测多是用 TM 和 SPOT^[3-5], 但其 16 和 26 d 的重访周期使监测的时效性受到限制。MODIS 虽然能够很快获得影像, 但其空间分辨率又较低。2008 年 9 月 6 日发射的环境与灾害监测预报小卫星星座(HJ-1A 和 HJ-1B)搭载的 CCD 相机共有 4 个波段, 依次是蓝光、绿光、红光和近红外波段, 空间分辨率为 30 m, 经过同一个星下点的时间间隔为 4 d, 由于其具有 2 台 CCD 相机, 交替重访的时间为 2 d。不但能满足灾害监测的时间分辨率要求, 而且也能满足其空间分辨率要求。但由于环境与灾害监测预报小卫星升空时间较短, 其应用研究较少, 未见有关利用 HJ-1

星进行水体信息提取的报道。

目前, 水体提取的常用方法主要有单波段阈值法、谱间关系法和多光谱混合分析法^[6-8], 本研究利用环境与灾害监测预报小卫星 CCD 相机多光谱数据, 在 DS(decorrelation stretch)光谱增强的基础上, 采用最大似然分类法(Maximum likelihood classification)提取台风“莫拉克”前后多时相水体信息, 了解水体的变化情况。掌握了准确的水库水情, 可以进行合理的泄洪调度, 对水库下游的安全有十分重要的意义。

1 研究区概况和使用资料

以位于中国台湾西南部的曾文水库作为研究区。曾文水库位于中国台湾嘉义县和台南县交界处, 是台湾岛内最大的河流型水库。目前主要被用作提供周边地区生活与农工业用水, 兼具发电、观光和防洪的效能。

本研究以曾文水库周边在台风前后的 HJ-1 星 CCD 相机的影像为研究资料, 包括台风前(2009 年 6 月 7 日)、台风后(8 月 16 日、9 月 12 日和 10 月 29 日), 共计 4 个时相的多光

收稿日期: 2009-12-21, 修订日期: 2010-09-07

基金项目: 国家科技支撑课题项目(2006BAD10A09-01), 国家(863 计划)课题项目(2006AA120101)和国家自然科学基金项目(40871158/D0106)资助

作者简介: 邓 睿, 女, 1983 年生, 浙江大学遥感与信息技术应用研究所博士研究生 e-mail: trdeng@gmail.com

* 通讯联系人

谱影像。其中前 3 个时相影像有少量云覆盖。

2 研究方法

2.1 影像预处理

HJ-1 星影像 2 级数据在中国资源卫星应用中心下载, 该影像已经经过了系统几何校正和 UTM 地图投影。本研究

首先利用 HJ-1 星 AB 星各载荷在轨绝对辐射定标系数进行辐射定标处理。

$$L = DN/a + L_0 \quad (1)$$

L 是辐亮度, a 是绝对定标系数增益, L_0 是偏移量^[9]。

然后以 2009 年 6 月 7 日的影像为基准影像, 其他时相影像根据其进行配准。再分析 HJ-1 星各波段的相关性, 选择波段 4(R), 3(G), 1(B)合成假彩色影像, 最后利用 ENVI

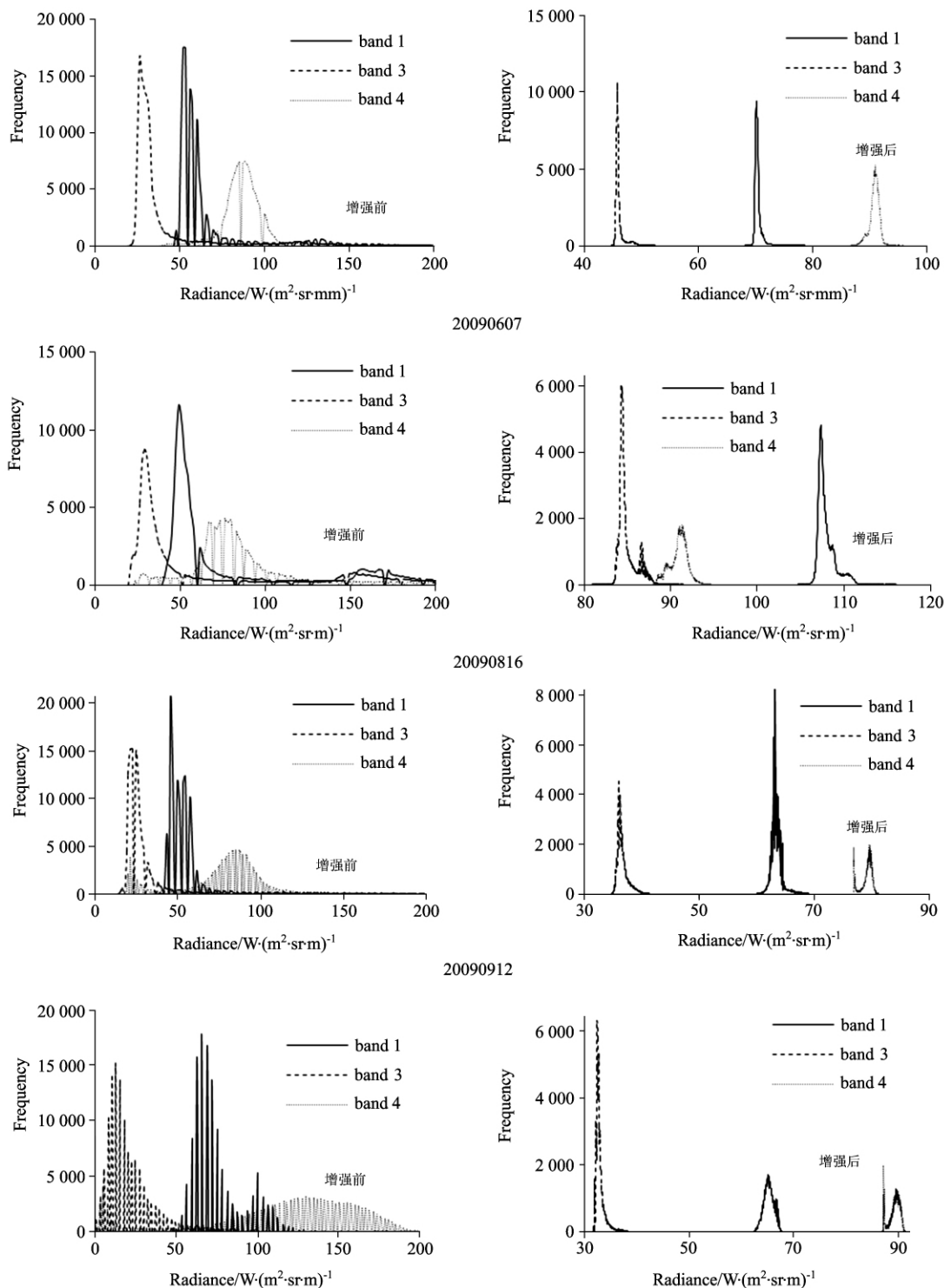


Fig 1 Histogram of radiance before and after DS spectral enhancement

中的感兴趣区 ROI(region of interest) 提取出研究区。

2.2 光谱信息增强方法

由于多光谱影像各波段的相关性通常比较高,其亮度和色度的改变可以通过增强每个波段的反差来实现。但采用这种方法,颜色的饱和度不能增强。去相关拉伸(DS)的基础在于主成分变换,通过拉伸图像的主成分(PC)来扩大具有最小相关性的图像信息,从而使颜色的饱和度增加,相关区域的颜色得到增强,暗区域就变得更亮^[10, 11]。

去相关拉伸光谱信息增强主要包括以下几步^[12-14]:首先对卫星影像进行 PC 转换,随后通过对比拉伸的方法,改变 PC 图像的值域,以增强其对比度;最后将处理后的 PC 数据转换回到原始坐标。

2.3 最大似然法分类

最大似然法是一种传统的分类方法,利用遥感数据的统计特征,获得影像中单个像元对于各类别的似然度,最终实现像元的分类^[15, 16],其分类精度较高,受到广泛关注。本研究对影像进行 DS 光谱增强处理之后,利用该方法,提取各个时相的水体信息。

3 结果与分析

3.1 去相关拉伸光谱信息增强

光谱增强之后能够提取更多的影像信息。图 1 显示的是 DS 处理前后 4 个时相研究区影像的直方图。研究结果表明, HJ-1 影像中,原始波段的值域存在着较多重叠,而经过 DS 光谱增强处理后,各波段值域范围差异性显著增大。DS 光谱增强之前的波段相关性系数为 0.9 左右,而 DS 光谱增强之后降至 0.1 以下,冗余度减小。如图 1 所示,后 2 个主成分的方差增大,增加了信息量,更有利于提取光谱信息。

3.2 基于去相关拉伸光谱信息增强的水体信息提取比较

在 DS 光谱增强前后的影像上分别选择训练样区采用最大似然法进行分类,由于没有实测台湾的相关数据,本研究利用原始影像,通过目视解译方法选择各种地类的感兴趣区作为实际的地类类型,来评价影像的分类精度。除了最后 1 个时相影像没有受到云污染,地表被分成了植被、水体和裸地 3 类,前 3 个时相由于都受到云污染,比最后 1 个时相影像的分类类别多分了云和云阴影 2 类。表 1 列举了 2009 年 6 月 7 日,经过光谱增强处理和未经过光谱增强处理两种方式下的最大似然法分类混淆矩阵。结果表明,光谱增强有效的提高了最大似然法分类的用户精度和制图精度。对于提取水体的用户精度,未经过光谱增强处理时为 89.7%,经过光谱增强处理后提高到 98.0%,制图精度也由 83.2% 提高到 99.3%。

影像分类的总体效果可以利用总体精度来反映,而 Kappa 系数可以度量分类依据与参考数据间的一致性。从表 2 中可以看到,经过 DS 光谱增强后的 4 个时相影像总体分类精度均高于 96.0%, Kappa 系数高于 0.94,精度得到了明显的提高。

3.3 曾文水库水体变化监测

Table 1 Confusion matrix of maximum likelihood classification

(a): Without decorrelation stretch

分类类型	实际类型					用户精度 /%
	云	云阴影	水体	植被	裸地	
云	172	0	57	7	2	72.3
云阴影	0	112	3	0	0	97.4
水体	0	32	297	0	2	89.7
植被	5	11	0	107	10	80.5
裸地	0	0	0	6	37	86.1
制图精度/%	97.2	72.3	83.2	89.2	72.6	

(b): Based on decorrelation stretch

分类类型	实际类型					用户精度 /%
	云	云阴影	水体	植被	裸地	
云	175	0	1	6	2	95.1
云阴影	0	96	1	0	0	90.0
水体	0	6	288	0	0	99.0
植被	2	3	0	105	0	95.5
裸地	0	1	0	0	20	95.2
制图精度/%	98.9	90.6	99.3	94.6	90.9	

Table 2 Overall accuracies and Kappa coefficients of four phases

影像时相	常规分类方法		基于 DS 光谱增强的分类方法	
	总体精度 /%	Kappa 系数	总体精度 /%	Kappa 系数
6 月 7 日	84.3	0.79	96.3	0.95
8 月 16 日	83.4	0.77	97.6	0.97
9 月 12 日	83.1	0.78	97.4	0.96
10 月 29 日	89.8	0.83	98.4	0.97

2009 年 8 月 7 日晚,台风“莫拉克”在中国台湾登陆,登陆之前该地区的最新影像日期是 8 月 2 日(台风前 5 d),但由于该时相的影像受到较严重的云污染,只能提取出部分水体,其他水体区域都被云层遮盖,直至 6 月 7 日(台风前约两月)才获取了较为清晰的影像,并以此作为本底水体(对比从 6 月 7 日和 8 月 2 日的影像提取的水体面积,无明显变化)。而 8 月 16 日(台风后第 5 天)云层较厚,曾文水库西南角受云层污染,不能提取到此处的水体信息。图 2 是将经过 DS 光谱增强的最大似然法分类后影像,在 ENVI 软件中通过波段运算得到的 4 个时相曾文水库二值图。从图中可看出,台风带来的强降雨使水库水位暴涨,曾文水库的面积在台风过后明显增大,9 月 12 日的水体面积略有减少,至 10 月 29 日,水体面积大幅度减小,但仍未缩小至台风前的水平。这是因为一年中的不同季节曾文水库的蓄水量也有小幅度变化,而且台风过境,所带来的暴风雨会剧烈冲刷地表,导致大量土石泥沙随雨水流入水库,最终增大了水体面积。

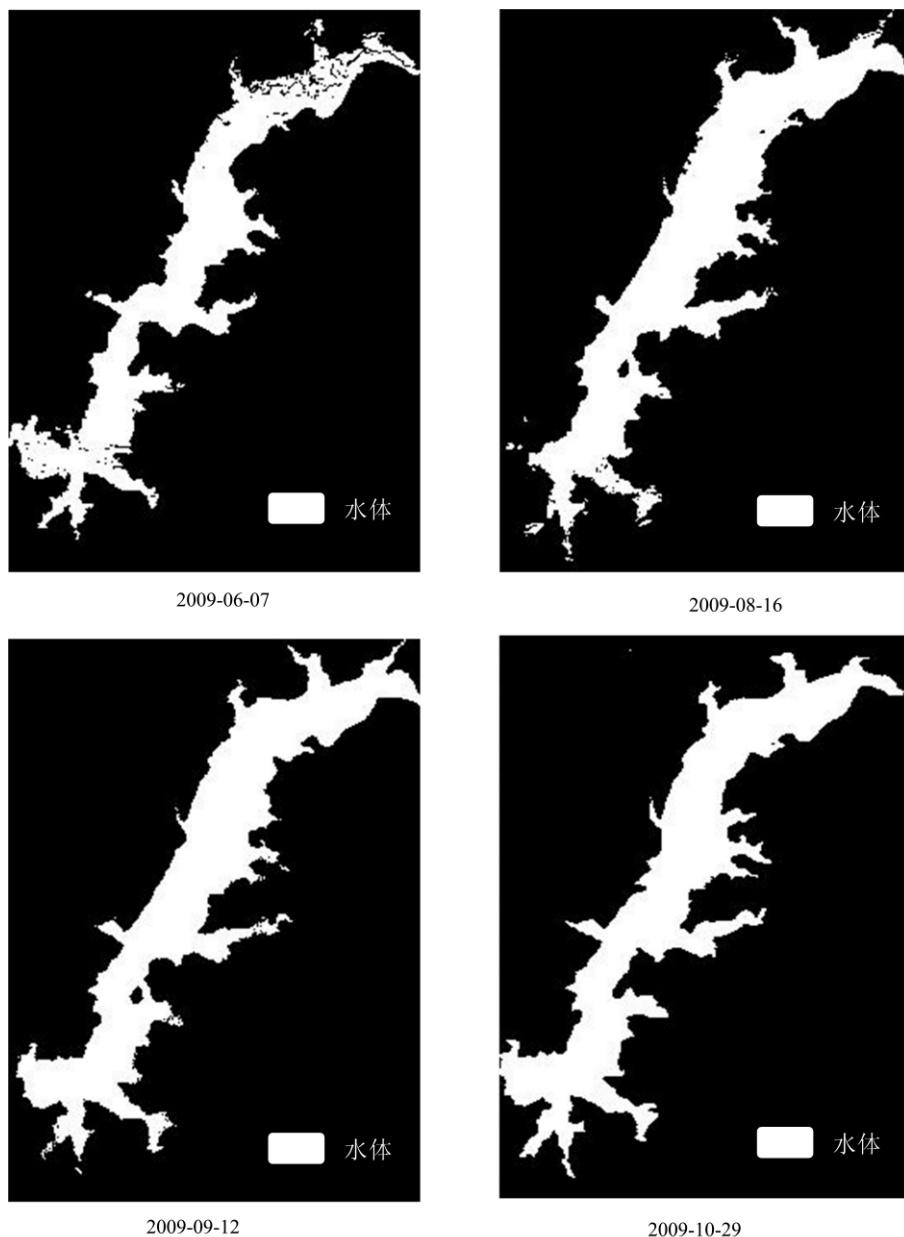


Fig 2 Dynamic monitoring the water regime of the Tseng-Wen reservoir

4 结 论

(1)利用 HJ-1 星较好地监测了台南曾文水库台风“莫拉克”前后的水体变化情况。HJ-1, TM 和 SPOT 分别在台风后第 5 天、第 17 天和第 82 天能获得研究区的影像资料, HJ-1 星的时效性明显高于 TM 和 SPOT。另一方面, HJ-1 星的时间分辨率和 MODIS 相差无几, 但其 30 m 的空间分辨率明显高于 MODIS 250, 500 和 1 000 m 的空间分辨率。HJ-1 星完全能满足监测灾害的要求。

(2)DS 光谱增强方法可以增强影像的色度、亮度以及饱和度, 增大影像中不同地物之间的光谱差异性, 有利于最大似然法分类, 分类精度高于未经过光谱增强的最大似然法分类。

(3)利用 HJ-1 星 CCD 相机多光谱数据监测台风造成的水库水体面积变化, 从辐射定标、影像配准到最终水体信息的提取, 为环境星多光谱数据的有效使用提供了有益的方法。及时准确地获取水库水情, 有利于合理地调度泄洪, 避免洪涝灾害, 使水库下游的安全得到保证。

References

- [1] CHEN Xiang, CHEN Jing, WANG Jing-ai(陈 香, 陈 静, 王静爱). Journal of Beijing Normal University(Natural Science)(北京师范大学学报·自然科学版), 2007, 43(2): 203.
- [2] TANG Xiao-chun, LIANG Mei-qing(唐晓春, 梁梅青). Journal of Catastrophology(灾害学), 2006, 21(3): 47.
- [3] Wang Y, Colby J D, Mulcahy K A. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23: 3681.
- [4] Borghuis A M, Chang K, Lee H Y. International Journal of Remote Sensing, 2007, 28: 1843.
- [5] LI Xiang-yan, CHEN Hua-liang, LI You(李香颜, 陈怀亮, 李 有). Chinese Journal of Agrometeorology(中国农业气象), 2009, 30(1): 102.
- [6] GUI Shan-zhe, ZHANG Ji-qun, WANG Qin-xue, et al(龟山哲, 张继群, 王勤学, 等). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2004, 59(1): 88.
- [7] DING Li-dong, WU Hao, WANG Chang-jian, et al(丁莉东, 吴 昊, 王长健, 等). Hydrographic Surveying and Charting(海洋测绘), 2006, 26(6): 31.
- [8] XI Xiao-yan, SHEN Nan, LI Xiao-juan(席晓燕, 沈 楠, 李小娟). Computer Engineering and Design(计算机工程与设计), 2009, 30(4): 993.
- [9] China Center for Resources Satellite Data and Application(Cresda). 2009. <http://www.cresda.com/n16/n1115/n1522/n2103/9592.html>.
- [10] JIN Xue-feng, RAO Rui-ling, LU Huai-wei(金雪峰, 饶芮菱, 鲁怀伟). Journal of Applied Optics(应用光学), 2007, 28(2): 221.
- [11] Youssef A M. Natural Resources Research, 2008, 17(4): 215.
- [12] Liu J G, Moore J M. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 1005.
- [13] YAO Rui, LI Qi, YIN Qi-guo, et al(姚 睿, 李 琦, 尹奇国, 等). Journal of Applied Optics(应用光学), 2009, 30(2): 233.
- [14] MA Chao-fei, LIU Su-hong, LIN Qi-zhong(马超飞, 刘素红, 蔺启忠). Remote Sensing Technology and Application(遥感技术与应用), 1998, 13(4): 9.
- [15] LIU Yong-hong, NIU Zheng, XU Yong-ming, et al(刘勇洪, 牛 铮, 徐永明, 等). Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Science(中国科学院研究生院学报), 2005, 22(6): 724.
- [16] CHEN Liang, LIU Xi, ZHANG Yuan(陈 亮, 刘 希, 张 元). Engineering of Surveying and Mapping(测绘工程), 2007, 16(3): 40.

Research on Extraction Method of Water Body with DS Spectral Enhancement Based on HJ-1 Images

DENG Rui^{1, 4}, HUANG Jing-feng^{1, 2}, WANG Fu-min^{3*}

1. Institute of Remote Sensing and Information System Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China
2. Ministry of Education Key Laboratory of Environmental Remediation and Ecological Health, College of Natural Resources and Environmental Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China
3. Institute of Hydrology and Water Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China
4. Key Laboratory of Agricultural Remote Sensing & Information System, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

Abstract Natural disaster is one of the major global issues, and it is an important premise for disaster prevention and reduction to monitor it. In the present paper, multi-temporal HJ-1 images pre- and post-typhoon Morakot were used. First, radiometric calibration and registration were done, then, decorrelation stretch (DS) was applied, and finally, maximum likelihood classification (MLC) was adopted to extract water body and monitor change of water body caused by typhoon Morakot. The results show that after DS spectral enhancement, the correlations among bands decrease and spectral differences increase, and it is helpful to identify surface features. The accuracy assessment demonstrates that the overall accuracies and Kappa coefficients of four phases are higher, above 96.0% and 0.94 respectively, than that of direct MLC without DS spectral enhancement. It is beneficial to scheduling flood discharge and ensuring the safety of reservoir downstream by comparing extracted multi-temporal water bodies.

Keywords DS spectral enhancement; HJ-1; Water information; Typhoon Morakot; Maximum likelihood classification

* Corresponding author

(Received Dec. 21, 2009; accepted Sep. 7, 2010)