

The Change Detection of Water Area in Hubei Province Based on Landsat TM Data

Simei Xie¹, Zhengjie Peng²

¹School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

²Huangpi Housing Security and Housing Authority, Wuhan Hubei

Email: xiesimei@126.com

Received: Jun. 26th, 2015; accepted: Jul. 15th, 2015; published: Jul. 21st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Water is the source of all the growing things; it is also the foundation of social and economic sustainable development. Hubei province is known as the “province of thousands of lakes”, but with the development of social economy, in recent decades, the reserves of water resources and the development and utilization of water environment have changed a lot. TM images have certain spatial resolution and positioning accuracy, high spectral resolution and extremely rich amount of information. Through years of TM images, the paper combines multiple bands to extract water in each year in order to detect the change of the water area of Hubei province and to complete the statistical analysis of water area of Hubei province in different years. The results show that the above method is practicable for studying the period change of water area.

Keywords

LANDSAT TM Images, Water Area, Water Extraction, Change Detection

基于LANDSAT TM数据的湖北省水体面积变化检测

谢思梅¹, 彭政杰²

¹武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉

²武汉市黄陂区住房保障和房屋管理局, 湖北 武汉

Email: xiesimei@126.com

收稿日期: 2015年6月26日; 录用日期: 2015年7月15日; 发布日期: 2015年7月21日

摘要

水体是万物生长之源, 是社会经济可持续发展之根本。湖北省素有“千湖之省”的美誉, 但随着社会经济的发展, 近几十年来, 水体资源的储量和开发利用环境发生了很大变化。TM影像具有一定的空间分辨率和定位精度、且有较高的波谱分辨率和极为丰富的信息量。本文通过多年的TM影像, 主要运用多波段组合法提取各年的水体, 从而检测湖北省水体面积的变化, 完成湖北省不同年份水体面积统计分析, 结果表明所述方法对于研究一定时期的水体变化是可行的。

关键词

LANDSAT TM影像, 水体面积, 水体提取, 变化检测

1. 引言

TM影像是指美国陆地卫星 4~5 号专题制图仪(Thematic Mapper)所获取的多波段扫描影像。TM影像有 7 个波段, 覆盖了可见光、近红外到热红外的光谱区间。利用水体在 7 个波段上光谱的不同特征以及其他地物与水体的区别, 通过分析水体及背景地物的光谱值, 利用单个波段或多个波段组合来提取 TM 影像中的水体信息。

水资源是一种重要的自然资源, 关系到社会经济可持续发展和生态环境建设。对水域面积的统计分析和动态监测有助于湖北省对省域范围内的水体统一管理、保护和合理利用。

2. 水体信息的提取

2.1. 图像预处理

本研究中, 图像均来源于地理空间数据云。在实验前需要对图像进行预处理, 包括去条带、去云、图像拼接和图像裁剪。

由于 Landsat-7 ETM + 机载扫描行校正器(SLC)故障导致 2003 年 5 月 31 日之后获取的图像出现了数据条带丢失, 严重影响了 Landsat ETM 遥感影像的使用。本研究中, 使用去条带插件进行去条带处理。该影像条带的去除可采取多影像局部自适应回归分析模型或多影像固定窗口回归分析模型。该条带修复补丁是针对单影像的功能补丁, 由于仅竖向的插值操作使得结果有一定的误差, 但跟之前的影像相比已经改善了许多。

图像去云使用的是基于 ENVI 二次开发的一个去云模块。使用时只需将文件置于***\ITT\IDL64\products\envi44\save_add 文件夹内, 然后运行 ENVI, Basic Tool 菜单中选择 Haze tool。Haze tool 主要由三部分组成: 云层厚度检测(haze detection), 云层厚度完善(haze perfection), 云层去除(haze removal)。这三部分前后连贯, 每一步的结果都会影响到最终的除云效果, 而且在参数的选择上主观性较大。

因研究范围的要求, 需要在几何上将全省范围的 11 幅 TM 图像连接在一起, 并且保证拼接后的图像反差一致, 色调相近, 没有明显的接缝。本研究中, 运用 ERDAS 对图像进行拼接, 选择直方图均衡化的方法对拼接后的图像进行匀色处理, 拼接处像素采取平均值的算法得到。

由于图像拼接后影像并不是一个规则的图形,所以要对拼接后的 TM 影像进行裁剪,得到感兴趣的规则的矩形区域。

2.2. 水体提取的原理

水体提取主要是对水域信息的识别和提取,即通过一定的规则和方法将水域信息与非水域信息相互区别开来。而两类信息的区别的分离程度及准确性即是评价水域信息提取的主要判别标准。

由于水体和陆地在接受了太阳辐射的相互作用之后,对于太阳辐射的反射、吸收、散射、透射的特征差异非常大,而使其在遥感图像上的反映截然不同,对于不同波段的不同反映形成了对于水域信息唯一的波谱响应特征,成为区分水域信息和其他非水域信息的重要基本原理[1]。

2.3. 水体提取的方法

2.3.1. 单波段阈值法

单波段阈值法主要利用对水陆界线反映较好的 TM 影像的第 5 波段(中红外波段) [2],根据影像的灰度特征经过数据采样确定其阈值,进行水体的提取。提取模型如下式所示,其中 TM5 表示第五波段的灰度值, T 为水体提取的灰度阈值。

$$TM5 < T \quad (1)$$

2.3.2. 水体指数法

水体指数法的基本原理是通过波段之间的比值运算增强某些地物之间的反差。

考虑水体的波谱特征是在 TM2 具有较强的透射性, TM5 处于水的吸收带内,反映含水量敏感,因此采用 TM2 波段与 TM5 波段数值之差和这两个波段数值之和的比值作为归一化水体指数(NDWI),当满足 $NDWI > C$ 时所提取的地物为水体。归一化水体指数计算式为

$$NDWI = (TM2 - TM5) / (TM2 + TM5) \quad (2)$$

式中: TM2 为近红外波段, TM5 为绿光波段。

水体在此两波段光谱特征有着明显的差异,而且由于水体的反射从可见光到红外波段逐渐减弱,在近红外和中红外波长范围内的吸收性最强,而植被在近红外波段的反射率最强。因此,用绿光波段和近红外波段的反差构成 NDWI 指数,可以最大程度上地抑制植被的信息[3],从而突出水体特征,进而提取水体信息。

2.3.3. 改进的归一化水体指数 MNDWI [4]

$$MNDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR) \quad (3)$$

其中, MIR 为中红外波段,如 TM/ETM+ 的第 5 波段。

利用中红外波段替换近红外波段构成的 MNDWI 可快速、简便和准确地提取水体信息,比 NDWI 指数有着更广泛的应用范围。MNDWI 除了可用于植被区的水体提取以外,还可以用于准确地提取城镇范围内的水体信息[5]。然而此方法的缺点是不易区别阴影,只是适用于平原区。

2.3.4. 增强水体指数 EWI

$$EWI = (Green - NIR - MIR) / (Green + NIR + MIR) \quad (4)$$

增强型水体指数 EWI (Enhanced Water Index),有效区分了半干旱地区的半干涸河道与背景噪音。在利用形状指数去噪音方法的基础上,使用 GIS 技术去除背景噪音,弥补了形状指数去噪音方法的缺陷,更好地去除水系提取过程中混入的背景噪音[6]。然而此方法的缺点是受限于特殊的应用环境,在非干旱

地区进行实验效果并不理想。

2.3.5. 混合水体指数 CIWI

CIWI 主要由 MODIS 的第七波段和 NDVI 的组合模型,有效解决了水体、植被和城镇等信息的分离。

$$CIWI = NDVI + NIR + C \quad (5)$$

其中, C 为常数

由于 NDVI 对植被表现最为敏感,易于分离水体与植被信息,近红外通道 CH7 的城镇光谱值最高,水体的光谱值最低,城镇和水体光谱值差异最大,易于区分水体与城镇[7]。先求出 N 与 NDVI 之和,并利用 C 平移结果,这样使水体仍保持在低值区,城镇处于高值区,植被介于两者之间,从而增强三者之间的差异。

2.3.6. 彩色空间转换

由于遥感影像分辨率的限制,地物在影像上常以混合像元存在。对于一些细小水体或分类精度要求较高时,其它提取方法都有一定的局限性。对此,可通过彩色空间转化,转换到 HIS 空间(HIS 变换),实现 3 个分量的重新分配,再返回到 RGB 空间(RGB 变换)达到理想的彩色合成效果,从而减少山体阴影影响,突出了水体差别,有利于提高监督分类的精度[5]。

2.4. 实验结果

本阶段水域提取所得到的湖北省水域分布二值化图像如图 1 和图 2 所示。

在本研究水体提取过程中,主要运用的是多波段组合法,最终提取得到的湖北省水域分布二值化图像效果较好。尽管初步提取后得到的水体二值化图像中存在大量小图斑,但是经过进一步处理,剔除了绝大部分小图斑,最终得到的水域分布图整体视觉效果良好,最后通过将得到的水体二值化图像与搜集的数据作对比发现,湖北省各水域基本上都比较好的被提取了出来。总而言之,本阶段水域提取所得到的结果完全可以满足下一阶段进行湖北省水域面积变化提取的精度要求。

3. 湖北省水体面积变化信息提取与分析

3.1. 变化信息的提取

在获取各年份水体范围图像后,可采用目视比较法、影像相减法、假彩色合成法等方法对各年份的图像进行比较,进而提取变化信息。

目视比较法精度不高,但能发现大面积的变化,且较为简单,在 ENVI 软件中有比较方便的工具(Tools),例如 View Bend、View Flicker 和 View Swipe 等显示辅助工具。

影像相减的前提是相减的两幅影像必须包含相同的投影信息以及地理坐标信息,即两幅影像必须已经经过配准。影像相减法在 ENVI 中可以使用 Band Math 工具实现。利用两幅影像相减所获得的新的影像,在没有变化发生的区域内的像素灰度值为 0,而在发生了变化的区域内像素值不为 0。为了进一步区分变化的类型,如果像素灰度值为负数,那么代表的就是减少(即为水体变为陆地)的变化;如果像素灰度值为正数,那么代表的就是增加(即为陆地变为水体)的变化。

3.2. 局部变化信息的提取结果

长江以及部分湖泊的变化情况如图 3 和图 4,其中蓝色部分为水体减少的部分。

3.3. 湖北省水体面积变化情况

图 5 是基于时间序列的一系列影像,顺时针依次为 2013 年、2011 年、2000 年、2005 年。

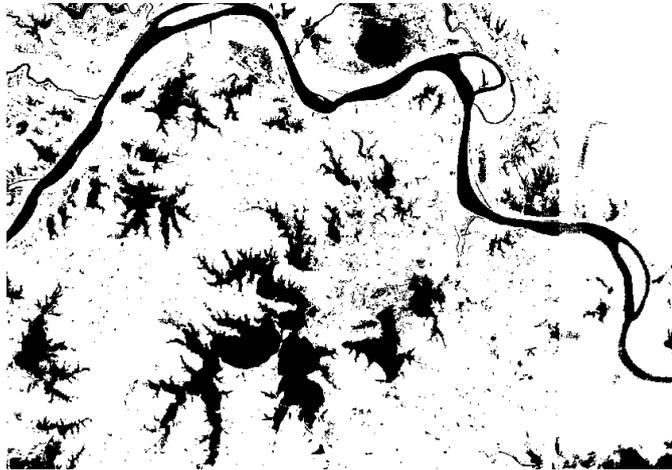


Figure 1. Water area extraction result of Hubei province in 2000
图 1. 2000 年湖北省水域范围提取结果图



Figure 2. Water area extraction result of Hubei province in 2005
图 2. 2005 年湖北省水域范围提取结果图

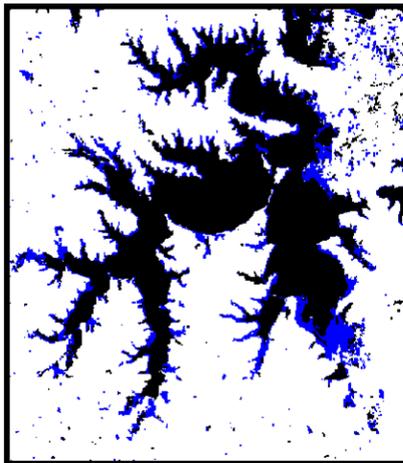


Figure 3. The change of lakes in 2000 and 2011
图 3. 2000 与 2011 年湖泊变化情况

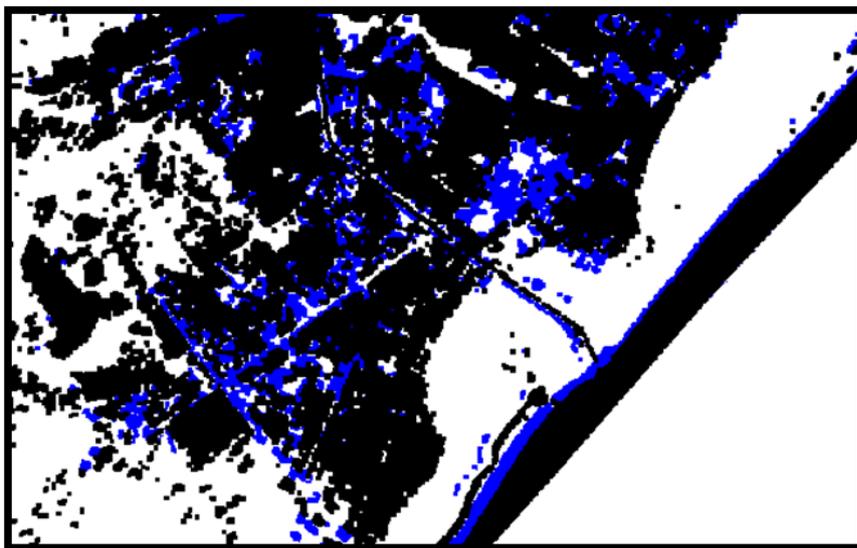


Figure 4. The change of channel width in 2000 and 2011
图 4. 2000 与 2011 年河道宽度变化情况

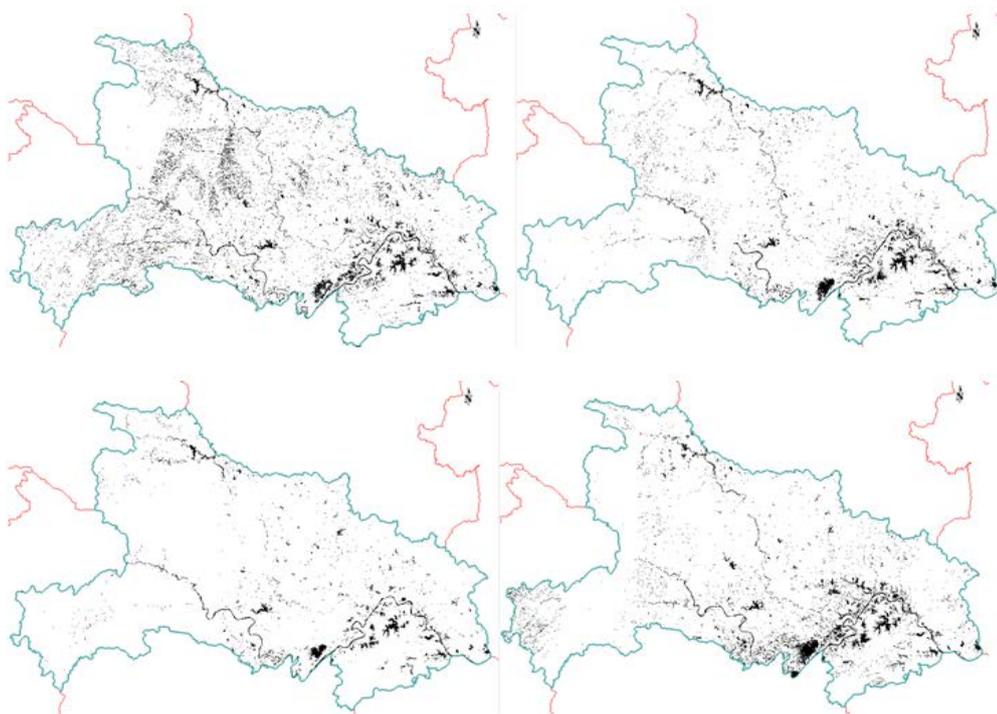


Figure 5. Binary images of time series water extraction
图 5. 时间序列水体提取结果二值影像

基于二值影像获取水体面积，湖北省水体面积变化如表 1 所示。

3.4. 原因分析

湖北省水体总面积在 2000 年至 2005 年间出现急剧减少现象，2005 年后呈现增长态势。除去影像水体提取时的误差，2000 年至 2005 年间，湖北省水体面积急剧减少的原因包括自然原因和人为原因。2011

Table 1. The water area in different years in Hubei province

表 1. 湖北省不同年份的水体面积

年份(年)	2000	2005	2011	2013
水体区域像素总数(个)	10,354,889	5,207,575	7,757,543	13,546,163
换算水体面积(平方米)	6,212,933,400	3,124,545,000	4,654,525,800	8,127,697,800

年,湖北省大面积出现干旱,长江、汉江水流减少,部分中小河流断流,同时,由于降雨量小,湖泊水体萎缩,洪湖、斧头湖、长湖等主要湖泊水体面积急剧减少。另一方面,湖北省实施围湖造田、人为垦殖、开发房地产等,侵占和蚕食湖泊,使湖泊水体大面积减少。2005年后,湖北省水体面积呈上升趋势,这主要得益于湖北省实施的“三大转变”,重视水体和湿地的保护,严格保护、合理利用水体和湿地。随着观念的转变,从大江大湖到沼泽水库,越来越多的水体和湿地成为了重点保护对象,因此,在2005年后,水体面积开始回升,到2013年,水体总面积已超过2000年。

4. 结论

本文采用多波段组合法对 TM 影像进行水体提取,得到2000年、2005年、2011年、2013年湖北省水体面积的范围,从而计算出各年份水体的总面积,结合影像和其它资料,分析了湖北省水体面积自2000年到2013年间的变化趋势以及变化原因。总体而言,湖北省水体面积从2005年开始逐渐回升,面积增加的趋势明显,这得益于湖北省政府和人民对水体和湿地的重视,同时也说明了湖北省对于水资源保护的政策已初步取得成效。

参考文献 (References)

- [1] 何坦,唐庆霞,郑亚慧 (2013) 基于卫星遥感技术的鄱阳湖水体面积快速监测. *价值工程*, **19**, 213-215.
- [2] 钱乐祥 (2004) 遥感数字影像处理与地理特征提取. 科学出版社, 北京, 221-228.
- [3] 简敏菲,游海 (2007) 鄱阳湖典型区重金属污染的水生植物监测与评价. *土壤通报*, **4**, 320-323.
- [4] 徐涵秋 (2005) 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究. *遥感学报*, **5**, 589-595.
- [5] 李小曼,王则,田杰 (2006) TM 影像中水体提取方法研究. *西南农业大学学报*, **4**, 580-582.
- [6] 闫需,张友静,张元 (2007) 利用增强型水体指数(EWI)和 GIS 去噪音技术提取半干旱地区水体信息的研究. *遥感信息*, **6**, 62-67.
- [7] 莫伟华,孙涵,钟仕全,等 (2007) MODIS 水体指数模型(CIWI)研究以及应用. *遥感信息*, **93**, 16-21.