

基于遥感技术的洱海水域面积提取方法研究

周杨, 温兴平, 张丽娟, 王军

(昆明理工大学 a. 国土资源工程学院; b. 云南省矿产资源预测评价工程实验室, 云南昆明 650093)

摘要: 湖泊作为区域地表水循环中的一个重要载体,对区域的水资源环境平衡发挥着重要作用。本文运用遥感技术,以2010年ETM+作为数据源,对遥感图像进行预处理之后,通过应用缨帽变换、归一化差分水体指数(NDWI)和增强型水体指数(EWI)3种方法,分别对云南省大理州洱海2010年的水域面积进行提取,比较方法准确性。通过对比较效果得出,针对取洱海水域面积3种方法提取效果都非常好,其中归一化差分水体指数法能够更为准确而且快速的提取出水体面积。

关键词: 水域面积; 遥感; 缨帽变换; 归一化差分水体指数法; 增强型水体指数法; 洱海

中图分类号: P236 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2014)06-0124-03

Research on extraction methods of water surface area in Erhai lake based on technology of remote sensing

ZHOU Yang, WEN Xingping, ZHANG Lijuan, WANG Jun

(a. College of National Land Resources Engineering; b. Laboratory of Evaluation Engineering of Mineral Resources Prediction of Yunnan Province, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: As an important carrier of regional surface water cycle, lake plays an important role on the regional balance of water resources environment. The paper used remote sensing technology, took ETM+ in 2010 as the data source to preprocess remote sensing image, and applied three methods such as tasseled cap transformation, normalized difference water Index (NDWI) and the enhanced water index (EWI) to respectively extract the water area in Erhai of Dali prefecture of Yunnan province in 2010 and compare the accuracy every method. The result indicated that the effect of extracting by three methods for the Erhai lake water area are very good. The method of normalized difference water index can extract water area accurately and fast.

Key words: water surface area; remote sensing; tasseled cap transformation; method of normalized difference water index; method of enhanced water index; Erhai lake

1 研究背景

水资源是发展国民经济不可缺少的重要自然资源。在世界许多地方,对水的需求已经超过水资源所能负荷的程度,同时有许多地区也濒临水资源利用之不平衡。因此对水域进行监测显得尤为需要,20世纪60年代兴起的新型探测技术,具有快速、准确、经济等优点,克服了传统手段耗时久、费用高、不全面等不足而得到越来越广泛的应用。在河流湖泊动态监测方面,地下水探测、土壤水分、冰雪覆盖、水质监测等检测方面占有越来越重要的地位,是进行水资源有

效监管和管理的重要手段^[1]。利用遥感技术检测水域面积变化,普遍利用波段影像数据作为数据源,常见提取水体的方法有:水体指数法、比值法、插值法等。除了坎斯(Kanth R J)和托马斯(Thomas G S)提出的缨帽变换(Tasseled Cap Transformation 又称K-T变换^[2])之外,应用方法最为广泛的是水体指数法,例如Mcfeeters提出的归一化差分水体指数(NDWI),是基于绿波段与近红外波段的归一化比值指数。该NDWI一般用来提取影像中的水体信息效果较好。另外1996年Gao也命名了一个NDWI,用于研究植被的含水量,通过利用植物在近红外波段反射率

收稿日期:2014-06-04; 修回日期:2014-09-14

基金项目:国家自然科学基金项目(41101343); 云南省高技术产业发展项目

作者简介:周杨(1989-),女,湖南澧县人,在读硕士研究生,主要从事区域地质与矿产资源研究工作。

通讯作者:温兴平(1970-),男,山西吕梁人,博士,教授,主要从事遥感地质研究工作。

最高,但在中红外波段植物叶子水分的吸收作用导致反射率下降的特点,得出相应理论。其表达式为 $NDWI_{Gao} = (NIR - MIR)/(NIR + MIR)$, 闫需等^[3] 2007年提出利用增强型水体指数(EWI)提取半干旱地区水体信息,取得了有效增强水体的效果。

洱海作为云南省第二大淡水湖,形成于冰河时代末期,其成因主要是沉降侵蚀,属构造断陷湖。洱海位于大理市境内,是白族人民的“母亲湖”,白族先人称之为“金月亮”,洱海具有供水、农灌、发电、调节气候、渔业、航运、旅游七大主要功能,洱海流域是滇西的政治、经济、文化中心以及交通枢纽^[4]。利用多种遥感技术对洱海水体面积进行提取,比较出方法的适用性,使水体的实际面积得到及时、准确的监测,无论是对于当地居民还是对当地整个生态环境、政治、经济的可持续发展都会有重要的价值。

2 研究区域概况

洱海,位于云南大理郊区,跨大理市和洱源县^[5],在经纬度 $E100^{\circ}06' \sim 100^{\circ}18'$ $N25^{\circ}36' \sim 25^{\circ}58'$ 的范围里,为云南省第二大淡水湖。洱海北起洱源,南至下关,长约 42.58 km,东西最大宽 8.0 km,平均宽 5.8 km,湖面面积 249.0 km²,最大水深 20.7 m,平均水深 10.17 m。洱海作为我国西南边陲地标性的高原湖泊,在人们心目中印刻着神圣美好的形象,但在 1996、2003 年经历过两次蓝藻爆发危机的“高原明珠”,至今仍未完全走出危机阴影,所以准确监测出水体面积,是对水体环境有问题部分进行及时治理的有效依据。



图1 洱海地理位置示意图

3 遥感影像预处理

美国自 1972 年 7 月以来,已发射 Landsat1、2、3、4、5、7、8 七颗陆地卫星,目前 Landsat1-5 相继失效,本文所使用的遥感影像数据来源于 Landsat7 的

2010 年 ETM+ 遥感影,在 2003 年 5 月 31 日, Landsat-7 ETM+ 机载扫描行校正器(SLC)故障,导致此后获取的图像出现了数据条带丢失,严重影响 ETM 遥感影像数据使用。经过技术人员不懈研究,通过使用 ENVI 插件中差值方法修补缺失的条带部分,效果很好。利用遥感处理软件对其依次做如下处理:利用 1:50000 地形图对影像进行几何校正,对校正后的影像进行去条带处理,得到研究区域影像,图二为校正前后对比。

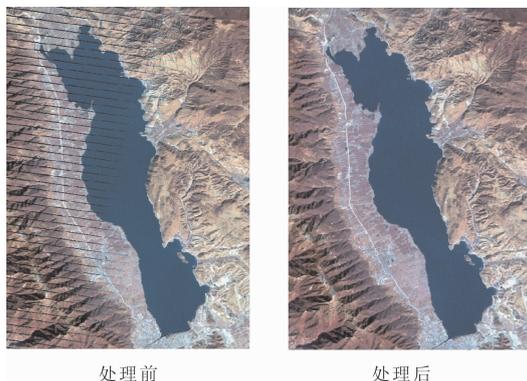


图2 遥感图像去条带前后对比示意图

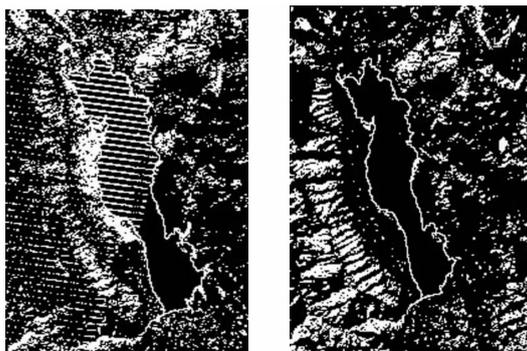


图3 遥感图像去条带前后缨帽变换对比示意图

通过目视解译可以观察到经过处理后的 2010 年 ETM+ 影像,由原来数据缺失呈黑色条带状已经通过处理之后变得完整,可以使计算矢量面积更为准确,用以进行下一步提取水域面积的数据处理。

4 水域面积信息提取

4.1 缨帽变换法提取水域面积

缨帽变换又称 K-T 变换,是一种经验性的多波段图像的线性变换,是 1976 年 Kauth 和 Thomas 通过研究 MSS 图像反应农作物和植被生长时提出的,但现有的缨帽变换方法适用于 Landsat MSS, TM (ETM+)^[6]。Kauth 和 Thomas 发现 MSS 4 个波段所组成的四维空间里,植被光谱数据点呈缨帽装的规律性分布,因此将此变换命名为缨帽变换。缨帽

变换的表达公式:

$$u = R^T x + r^{[7]} \quad (1)$$

式中: R 为缨帽变换洗漱; x 为不同波段的灰度值; r 为常熟偏移量。

首先对进行去条带处理后的 Landsat7 ETM + 遥感图像进行缨帽变换, 经过变换处理后的 ETM + 图像中三个组分分别代表亮度指数、绿度指数和湿度指数。其次设置相应阈值(9.9 ~ 12.6), 可以将水域矢量面积快速提取出来并和原始遥感影像(TM5 TM3 TM2 波段影像) 进行叠加局部放大得出图(4a)。

如图所示, 用缨帽变换法提取水体矢量面积图效果很好, 水域边界非常清晰, 通过目视解译, 可以观察到缨子帽变换法提取水体边界时有部分缺失。

4.2 归一化差分水体指数法提取水域面积

比值法通常采用归一化处理, 其阈值范围围绕 -1 ~ 1 之间, 比值法利用比值计算可以快速提取水体信息。Mcfeeters 在 1996 年命名了一种名叫归一化差分水体指数 NDWI(Normalized Difference Water Index), 其表达式为:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (2)$$

式中: $Green$ 代表 TM2, NIR 代表 TM4^[8]。

利用水体指数公式对 ETM + 遥感图像进行水体增强处理, 得到图像并设置其相应阈值(0.42 ~ 0.75), 可以迅速提取出研究区域水体信息, 提取出

水域面积矢量图后, 同样与遥感图像进行叠加并局部放大后输出。得到图(4b)。

根据图中所示, 运用归一化差分水体指数法提取水域面积效果非常好, 通过目视解译可以观察到提取水域边界很清晰, 局部并无明显缺失现象。

4.3 增强型水体指数法提取水域面积

徐涵秋^[9] 在 2007 年提出一种“增强型水体指数(EWI)”, 其表达式为:

$$EWI = [Green - (NIR + MIR)] / [Green + (NIR + MIR)]^{[10]} \quad (3)$$

式中: $Green$ 为绿光波段, 如 TM2, NIR 为近红外波段, 如 TM4, MIR 为中红外波段, 如 TM5。根据增强型水体指数公式所示研究区域水体进行提取, 并设置其相应阈值(0.03 ~ 0.26), 继而提取洱海水体信息, 水域面积提取完毕后, 再与遥感图像叠加局部放大并输出, 得到图(4c)。

从图(4c) 叠加图像可以通过目视解译得出, 运用增强型水体指数提取水域面积效果也非常好, 所提取的水体边界也未见明显缺失。

4.4 归一化差分水体指数法提取洱海水域面积

通过对比以上 3 种提取水域面积方法, 得出实际提取洱海水域面积的最佳方法为归一化差分水体指数法, 并用 Arcgis 10.1 提取输出了 2010 年洱海水域面积矢量图, 如图 5 所示。



(a) 缨帽变换法和遥感影像叠加



(b) 归一化差分水体指数法和遥感影像叠加



(c) 增强型水体指数法和遥感影像叠加

图4 不同方法的水域面积提取图

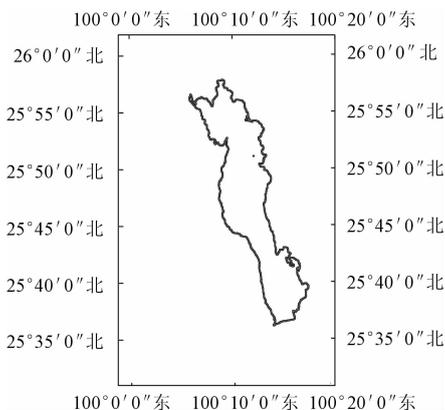


图5 归一化差分水体指数法提取 2010 年洱海边界矢量图

5 结 语

通过选用 2010 年 ETM + 遥感影像作为研究对象, 用缨帽变换、归一化差分水体指数和增强型水体指数法对研究区域进行水体面积提取, 效果都比较理想, 并得出以下结论:

(1) 辐射校正、几何校正以及对缺失数据的 ETM + 影像做去条带处理是一项非常重要的预处理工作。

(2) 3 种提取水体面积方法效果都很好, 通过目 (下转第 131 页)

4 结 语

(1)通过介绍漕河渡槽的槽身混凝土结构及钢筋布置,分析其钢筋混凝土结构。

(2)钢筋与混凝土成为一体的方法选取:因为存在曲线钢筋,用实体分割法虽然能够分割出曲线钢筋,但是六面体网格难以实现,接着考虑节点耦合法和约束方程法,但是若使用节点耦合法,当实体单元划分稀疏时,力筋节点位置有可能变动,这就造成了一定的误差,降低了计算精度,而约束方程法不仅能将钢筋线网格和混凝土体网格两个有不相似网格模式的区域连接起来,而且使节点位置不动,比节点耦合法简单,计算精度高,是解决力筋线形状复杂结构的较佳方法。最终选定约束方程法,使钢筋和混凝土同时参加计算,更好的模拟了钢筋混凝土。

(3)热分析与结构分析相结合:ANSYS 耦合功能使温度场和应力场耦合更好地模拟工程实际情况。

(4)结合实际:对实际工程重要受力部位的应力应变进行分析,将软件得出的结构数据与实际安全监测数据相结合分析,使工程安全监测结果更加可靠,使结果报告更具有说服力,为工程的安全监测提供理论依据,减小成本及监测工作量。

参考文献:

- [1] 郑重阳,彭辉,闫秦龙,等.改进的遗传算法在渡槽结构优化设计中的应用[J].长江科学院院报,2012,29(7):73-76+81.
- [2] 王康平,张兰华,任德记,等.漕河渡槽弧段三向预应力结构设计及数值分析[J].中国农村水利水电,2007(8):54-58.
- [3] 杨栗,李峰,朱敏.漕河渡槽应力场三维有限元模拟[J].北京水务,2011(1):40-43.
- [4] 翟利军,孟旭央,吉晓红.漕河渡槽的三维有限元仿真研究[J].红水河,2010,29(6):68-71.
- [5] 任德记,张超,王刚,等.预应力矩形渡槽温度应力有限元分析[J].中国农村水利水电,2011(12):111-113+117.
- [6] 王志刚.漕河渡槽三向预应力结构优化设计[J].水科学与工程技术,2006(5):30-32.
- [7] 李广民,任德记,高阳峰.预应力钢筋线模拟分析与应用[J].水利科技与经济,2007,13(10):726-728.
- [8] 王刚,任德记,周亮,等.南水北调中线大型预应力渡槽有限元分析[J].中国农村水利水电,2011(3):90-93.
- [9] 郑重阳,彭辉,任德记.南水北调中线工程涉河渡槽三维有限元分析[J].长江科学院院报,2013,30(5):86-91.
- [10] 何本国. ANSYS 土木工程应用实例[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [11] 李峰,贾志营,张颖军.南水北调中线工程漕河渡槽安全监测设计[J].水利水电技术,2008,39(5):80-81+84.

(上接第126页)

视解译,可以观察出归一化差分水体指数法在与遥感图像叠加并局部放大后,最为接近实际水体边界。

致谢:本文得到昆明理工大学地质过程与矿产资源省创新团队和昆明理工大学遥感地球化学学科方向团队联合资助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 黄爱民,朱景和.基于遥感技术的聊城市主要水域变化分析[J].水利科技与经济,2008,14(10):797-798.
- [2] 陈超,江涛,刘祥磊.基于缨帽变换的遥感图像融合方法研究[J].测绘科学,2009,34(3):105-106+163.
- [3] 闫需,张友静,张元.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系信息的研究[J].遥感信息,2007,22(6):62-67.
- [4] 邵莉,杨昆.洱海流域不透水面遥感信息提取技术研究[J].安徽农业科学,2012,40(10):6299-6302+6315.

- [5] 高雁,刘蜀鄂,雷琳.洱海流域植被覆盖度遥感估算与变化分析[J].林业调查规划,2011,36(6):10-12+16.
- [6] 马建文,顾行发,冯春,等.CBERS-02卫星图像薄云的去方法研究[J].中国科学(E辑),2005,35(z1):89-96.
- [7] 秦明周.土地利用分类及其影响因素研究[J].地域研究与开发,1997,16(1):13-16.
- [8] 李文波,于春颖,张秋文,等.基于归一化水体指数的水域面积估算研究[J].人民长江,2008,(39)2:11-12+36.
- [9] 徐涵秋.从增强型水体指数分析遥感水体指数的创建[J].地球信息科学,2008,10(6):776-780.
- [10] Xu Hanqiu. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery[J]. International Journal of Remote Sensing,2006,27(14):3025-3033.