

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2014.04.012

基于混合像元分解的水体面积提取算法

陈亮¹,张友静²,何厚军¹,陈杨¹

(1. 黄河水利委员会信息中心,河南 郑州 450004; 2. 河海大学地球科学与工程学院,江苏 南京 210098)

摘要:为减小水体边界混合像元对水体面积提取精度的影响,提出基于混合像元分解的水体面积提取改进算法。以 ALOS 数据为例,利用混合像元线性分解模型获得各像元水体丰度,结合阈值法和数学形态学算法分别提取纯净水体像元和水体边界像元;通过分析水体边界像元的水体丰度构成,提出水体边界像元面积修正算法,实现水体面积修正。研究结果表明,与混合像元分解直接提取的水体面积相比,修正算法提取的水体面积精度最大提高 6.7%,有效减小滩地水分对水体边界像元水体丰度计算的影响。

关键词: 水体面积提取;混合像元分解;面积修正算法

中图分类号:TP751 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2014)04-0346-05

Water body area extraction algorithm based on pixel unmixing

CHEN Liang¹, ZHANG Youjing², HE Houjun¹, CHEN Yang¹

(1. Information Center, Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450004, China;

2. College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: An improved algorithm for water body area extraction based on pixel unmixing is proposed in order to reduce the impact of water body boundary pixels on water body area extraction. A fraction image of water abundance was obtained with the linear pixel unmixing model using ALOS data. The threshold method and the mathematical morphology method were used to extract pure water and water body boundary pixels. Through analysis of the composition of water body boundary pixels, an area correction algorithm for water body boundary pixels is proposed to correct the water body area. The research results show that, compared with the linear pixel unmixing model, the proposed method can improve the accuracy of water body area extraction by 6.7% at most, and can reduce the impact of the water content of washlands on the calculation of water abundance of water body boundary pixels.

Key words: water body area extraction; pixel unmixing; area correction algorithm

水体信息是进行水资源调查评估、水资源规划、水量调度、洪涝防灾减灾等的重要基础数据。利用遥感技术及时、准确地获取水体信息,对流域水资源利用和综合治理具有重要意义。水体信息遥感提取技术研究起步较早,并取得了大量的研究成果。目前,水体提取方法较多,其中多波段谱间关系法、水体指数法、决策树法等应用较为广泛^[1]。杨树文等^[1]、杜云艳等^[2]、汪金花等^[3]根据水体的光谱特征,利用多光谱数据构建了多波段谱间关系水体提取模型及其改进模型;Mcfeeters^[4]、徐涵秋^[5]提出了归一化水体指数法(NDWI)和差异水体指数法(MNDWI);王志辉等^[6]、熊金国等^[7]、夏双等^[8]通过分析不同水体提取指数的构建原理,进行最佳水体提取指数研究。为了实现水体提取的自动化和精确化,胡晓东等^[9]结合空间图和波段谱的特征提出图谱迭代反馈的自适应水体信息提取方法;郁金康等^[10]结合光谱特征和其他信息构建决策树水体提取模型,这些方法都取得了较好的效果。

上述水体提取方法都是基于像元的,没有考虑混合像元问题。遥感影像无论空间分辨率达到多高,混合像元总是客观存在,中低分辨率影像尤为严重^[11]。已有学者针对该问题开展了研究,Sheng 等^[12]将混合像

收稿日期:2013-02-27

基金项目:水利部公益性行业专项(200901021)

作者简介:陈亮(1983—),男,江苏南通人,工程师,硕士,主要从事遥感与地理信息系统研究。E-mail:chlg564@163.com

元分为水体和陆地,采用两端元的线性混合模式进行水体提取;张洪恩等^[13]、王军战等^[14]利用线性混合像元分解模型进行水体提取。但是,湖泊、水库、河流等水体边界混合像元主要由滩地和水体组成,滩地水分在进行像元分解时对水体丰度具有一定贡献。然而滩地并不是像元分解模型的端元,滩地的水分含量远大于建筑用地或裸地等端元,水体边界像元分解获取的水体丰度值大于水体面积的实际百分比。因此,直接采用水体丰度作为水体边界混合像元的面积进行水体面积估算,对水体提取精度将产生影响。

笔者以 ALOS 影像为试验数据,采用线性像元分解模型获取水体丰度,根据水体边界像元特点提出水体边界像元面积修正算法,进行水体边界像元面积修正,提高水体提取精度。

1 研究数据及预处理

研究区位于河南省北部新乡、鹤壁、安阳三市交界处,主要地物类型包括林地、耕地、建设用地、水体、裸地等。研究区内水体分布较多,规模和形态多样。数据采用 2009 年 4 月 9 日 ALOS 数据,包括空间分辨率为 10 m 的 AVNIR-2 多光谱数据和空间分辨率为 2.5 m 的 PRISM 全色数据。AVNIR-2 多光谱数据含 4 个波段,分别为蓝波段、绿波段、红波段和近红外波段。

数据预处理主要包括大气校正和几何配准。首先,将 AVNIR-2 多光谱数据亮度值转换成辐射亮度,利用 Envi 软件 Flaash 模块进行大气校正获取反射率影像,大气校正模型主要参数设置如下:影像中心经纬度及卫星过境时间由头文件获取,卫星高度为 691.65 km,大气模式选用中纬度夏季(Mid-Latitude Summer),气溶胶模式选用农村(Rural),大气能见度为 40 km。然后,以全色数据为参考数据,利用二次多项式模型对多光谱数据进行几何配准,配准均方根误差小于 2.5 m。

2 方 法

2.1 混合像元线性分解模型

混合像元分解是根据每一个像元在各波段的反射率来估算像元内各地物的比例。在线性分解模型中,每一光谱波段中单一像元反射率可以表示为端元组分反射率与其丰度的线性组合。端元是组成混合像元的多种纯净地物像元,丰度是各端元在混合像元中所占的比例^[15]。线性分解模型公式如下:

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij}x_j) + e_i \tag{1}$$

式中: γ_i ——混合像元在第 i 波段的反射率; a_{ij} ——第 i 波段第 j 端元组分的反射率; x_j ——第 j 端元组分的丰度; e_i ——第 i 波段的误差; n ——端元数。

采用主成分分析法确定端元:首先对多光谱数据进行主成分变换获取前 2 个主成分(PC1 和 PC2),再利用 PC1 和 PC2 构建散点图(图 1),散点图的边角区域一般是端元。如图 1 所示,研究区内含有 3 个端元,对比遥感影像 3 个端元分别为植被(含林地和耕地)、水体、建筑用地(含裸地)。

2.2 水体边界像元面积修正

水体光学性质复杂,不同水体因其悬浮粒子、浮游植物、黄色物质、水深等不同导致其光谱特征存在差异^[16-17],因而纯净水体像元的丰度值可能小于 1。笔者采用阈值法对水体丰度图进行纯净水体像元提取。

水体混合像元表现在遥感影像上为水体边界像元,即水体和陆地之间的边界像元。如图 2 所示,纯净水体向外一个像元为水体边界像元,水体边界像元向外一个像元为陆地像元。本文采用数学形态学的膨胀算法对提取的纯净水体向外侧膨胀一个像元得到包含纯净水体和水体边界像元的图像,将该图像与纯净水体图像进行图像求差实现水体边界像元提取。

水体边界像元主要由滩地和水体组成,而滩地由建设用地端元与水体端元组成。根据线性像元混合分解原理可知,水体边界像元的丰度值由水体和滩地中水分两部分组成(图 2),直接采用水体丰度值作为水体边界像元的水体面积百分比将导致水体提取面积偏大。水体边界像元中,混合像元分解的水体丰度 x 可以

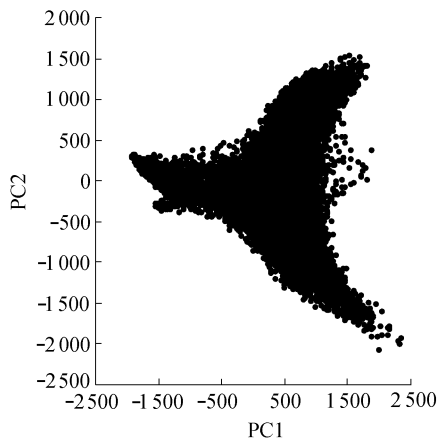


图 1 前 2 个主成分散点图

Fig. 1 Scatter diagram of PC1 and PC2

表示为

$$x = S_w + (1 - S_w)S_s \tag{2}$$

若 x 、 S_s 为已知,则式(2)变形可得到水体边界像元面积修正公式:

$$S_w = \frac{x - S_s}{1 - S_s} \tag{3}$$

由此可见,获取 S_s 就可以求解 S_w ,由于 S_s 无法直接获得,空间上越接近的滩地像元其性质越相似,水分含量也越接近,假设水体边界像元水分含量与其邻近的滩地像元相等,采用8邻域内滩地像元的水体丰度均值代替。

水体边界像元面积修正算法实现步骤如下:

- a. 标定邻近滩地像元。采用3×3窗口对水体边界像元进行8邻域搜索,对滩地像元进行标定,将8邻域内非水体、非水体边界的像元标记为邻近滩地像元。
- b. 计算 S_s 。计算水体边界像元8邻域滩地像元水体丰度均值,并将均值记为 S_s 。
- c. 面积修正。将 x 、 S_s 分别代入式(3),对水体边界像元进行逐像元修正。

3 试验及结果分析

选取4处不同面积的典型水体进行试验研究。根据端元选取结果,对4个多光谱波段的反射率影像进行混合像元分解,获得水体丰度图,并提取纯净水体像元;将纯净水体像元做膨胀运算得到水体边界像元,利用水体边界像元面积修正算法进行水体边界像元面积修正;水体面积为纯净像元和混合像元的水体面积之和,得到典型水体面积,如图3所示。

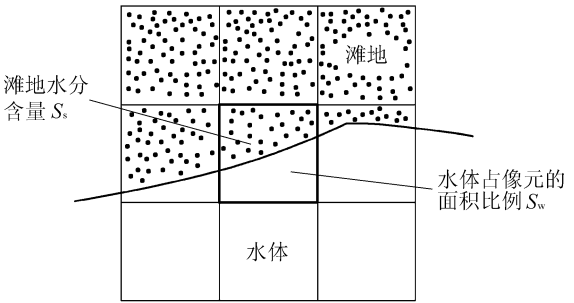


图2 水体边界像元示意图

Fig. 2 Sketch map of water body boundary pixels

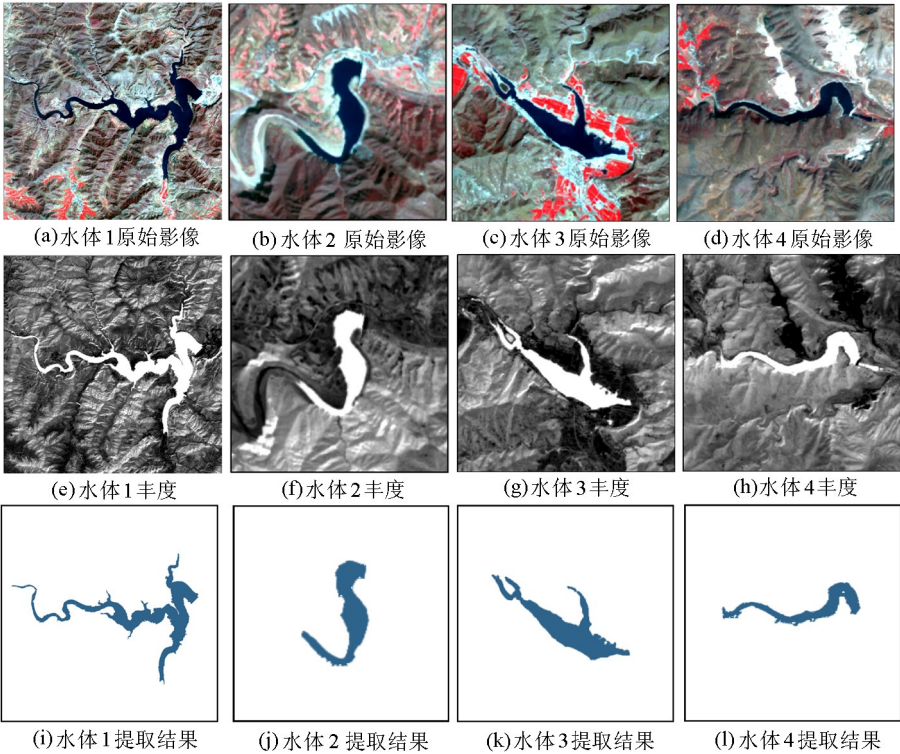


图3 水体面积提取结果

Fig. 3 Results of water body area extraction

采用目视判读提取 PRISM 全色数据4处典型水体面积,对本文所提方法的水体面积提取结果进行精度评价,见表1。

从表1可以看出,混合像元分解直接提取的水体面积偏大,最大和最小误差分别为11.1%和4.1%。采

用水体边界像元面积修正算法后,4 处水体提取最大和最小误差分别减小为 4.4% 和 1.1%,精度分别提高了 6.7% 和 3%。这是由于修正算法考虑了水体边界像元滩地水分对混合像元水体丰度的贡献,有效削减滩地水分对水体丰度值的影响,明显提高水体提取精度。但是修正算法提取的水体面积仍然偏大,因为事实上离水体近的滩地水分含量一般比离水体远的滩地水分含量大。

修正算法水体提取误差的减小幅度存在一定差异。初步分析,水体提取误差与水体面积及水体形态有关。水体面积越大,混合像元所占比例越小,提取误差越小;当湖泊面积大于 100 km²时,使用高分辨率数据提取水体误差甚至可以减小到 1%^[13]。水体形态越复杂,混合像元数目越多,提取误差也就越大。因此,该修正方法对面积较小且形态复杂的水体提取效果更佳。

4 结 语

在对水体边界混合像元构成进行研究的基础上,提出基于混合像元分解的水体边界像元面积修正算法,并进行水体面积提取。试验表明该方法操作简单易行,能够明显减小水体提取误差。该算法虽然取得较好的效果,但是仍需进一步优化水体边界混合像元滩地水分含量估算方法,并对混合像元分解提取水体误差的影响因素进行深入研究。

参考文献:

[1] 杨树文,薛重生,刘涛,等. 一种利用 TM 影像自动提取细小水体的方法[J]. 测绘学报,2010,39(6):611-617. (YANG Shuwen, XUE Chongsheng, LIU Tao, et al. A method of small water information automatic extraction from TM remote sensing images[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010, 39(6): 611-617. (in Chinese))

[2] 杜云艳,周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[J]. 遥感学报,1998,2(4):264-269. (DU Yunyan, ZHOU Chenghu. Automatically extracting remote sensing information for water bodies [J]. Journal of Remote Sensing, 1998,2(4):264-269. (in Chinese))

[3] 汪金花,张永彬,孔改红. 谱间关系法在水体特征提取中的应用[J]. 矿山测量,2002(4):30-32. (WANG Jinghua, ZHANG Yongbin, KONG Gaihong. Application of water feature extraction with model of spectral relationship[J]. Mine Surveying, 2002(4):30-32. (in Chinese))

[4] MCFEETERS S K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.

[5] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体信息的研究[J]. 遥感学报,2005,9(5):589-595. (XU Hanqiu. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI) [J]. Journal of Remote Sensing, 2005,9(5):589-595. (in Chinese))

[6] 王志辉,易善桢. 不同指数模型法在水体遥感提取中的比较研究[J]. 科学技术与工程,2007,7(4):534-537. (WANG Zhihui, YI Shanzhen. Comparison and research on the different index models used in water extraction by remote sensing[J]. Science Technology and Engineering,2007,7(4):534-537. (in Chinese))

[7] 熊金国,王世新,周艺. 不同指数模型提取 ALOS AVNIR-2 影像中水体的敏感性和精度分析[J]. 国土资源遥感,2010(4):46-50. (XIONG Jinguo, WANG Shixin, ZHOU Yi. A sensitivity analysis and accuracy assessment of different water extraction index models based on ALOS AVNIR-2 Data[J]. Remote Sensing for Land & Resources,2010(4):46-50. (in Chinese))

[8] 夏双,阮仁宗,颜梅春. 基于 TM 影像的水体信息提取方法研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2012,36(4):29-35. (XIA Shuang, RUAN Renzong, YAN Meichun. Study on information extraction method of water body based on TM imagery[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2012,36(4):29-35. (in Chinese))

[9] 胡晓东,骆剑承,夏列钢,等. 图谱迭代反馈的自适应水体信息提取方法[J]. 测绘学报,2011,40(5):544-550. (HU Xiaodong, LUO Jiancheng, XIA Liegang, et al. Adaptive water body information extract ion Using RS TUPU Computing Model

[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2011,40(5):544-550. (in Chinese))

[10] 郁金康,黄永胜,冯学智,等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报,2001,5(3):214-219. (YU Jinkang, HUANG Yongsheng, FENG Xuezhi, et al. Study on water bodies extraction and classification from SPOT image[J]. Journal of Remote Sensing,2001,5(3):214-219. (in Chinese))

[11] FISHER P. The pixel: a snare and a delusion[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(3):679-685.

[12] SHENG Yongwei, GONG Peng, XIAO Qianguang. Quantitative dynamic flood monitoring with NOAA AVHRR[J]. International Journal Remote Sens,2001,22(9):1709-1724.

[13] 张洪恩,施建成,刘素红. 湖泊亚像元填图算法研究[J]. 水科学进展,2006,17(3):376-382. (ZHANG Hongen, SHI Jiancheng, LIU Suhong. Sub-pixel lakes mapping in Tibetan Plateau[J]. Advances in Water Science,2006,17(3):376-382. (in Chinese))

[14] 王军战,屈建军,张伟民. 基于混合像元分解的毛乌素沙地红碱淖面积提取及变化监测[J]. 中国沙漠,2011,31(3):558-562. (WANG Junzhan, QU Jianjun, ZHANG Weimin. Extraction and monitoring of hongjiannao lake area in Mu Us Sandy Land based on mixed pixel decomposition of remote sensing data[J]. Journal of Desert Research,2011,31(3):558-562. (in Chinese))

[15] HU Y H, LEE H B, SCARPACE F L. Optimal linear spectral unmixing[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,1999,37:639-644.

[16] 张运林,秦伯强,陈伟民. 湖泊光学研究动态及其应用[J]. 水科学进展,2003,14(5):654-659. (ZHANG Yunlin, QIN Boqiang, CHEN Weimin. Advances and main applications of lake optics research[J]. Advances in Water Science,2003,14(5):654-659. (in Chinese))

[17] 胡争光,王玮婷,池天河,等. 基于混合像元分解和双边界提取的湖泊面积变化监测[J]. 遥感信息,2007(3):34-38. (HU Zhengguang, WANG Yiting, CHI Tianhe, et al. Monitoring lake areas based on mixed pixel decomposition combined with double-edge extraction[J]. Remote Sensing Information,2007(3):34-38. (in Chinese))

+++++

· 简讯 ·

第八届全国防震减灾工程学术研讨会将在广州市召开

由中国土木工程学会,中国工程院土木、水利与建筑工程学部,中国土木工程学会防震减灾工程技术推广委员会,广州大学和广东省土木建筑学会共同主办的第八届全国防震减灾工程学术研讨会将于2014年12月在广州市召开。

本次会议主题为“防震减灾的新技术与新发展”。具体内容包括:震害调查、分析与经验总结;震后结构性能评估与加固改造;地震地面运动与场地影响;结构抗震分析与设计;结构减震控制;抗震新型结构与新体系;岩土地震工程与地下工程抗震防灾;高新技术在工程防震减灾中的应用;地震应急救援与恢复重建;城市与村镇综合防震与减灾。

会议网站:www.cces.net.cn/guild/sites/tmxx/read_xhyw_39398.html

(本刊编辑部供稿)