

基于 Landsat8 影像的不同水质类型的水体提取

陈民¹, 王宁², 方利^{1*}, 王永¹, 花浩¹, 张学庆¹

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要 以 2015 年 Landsat8 多光谱遥感影像作为基本信息源, 在各地物光谱特征差异分析的基础上, 采用谱间关系法与阈值法, 构建不同水质水体提取模型, 并结合实地水质监测数据及污染源数据, 对提取结果进行精度评价与分析。结果表明, 基于该方法能将一般水体、富营养化水体与其他地物区别开来, 可以准确有效地获取不同水质的水体信息。

关键词 光谱特征; 谱间关系法; 阈值法; 水质类型; 水体提取

中图分类号 TP79 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)30-0220-03

Extraction of Water Body with Different Water Quality Types Based on Landsat8 Image

CHEN Min¹, WANG Ning², FANG Li^{1*} et al (1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012; 2. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083)

Abstract With the Landsat8 multi-spectral remote sensing image in 2015 as the basic source of information, on the basis of spectral characteristic differences analysis, using spectrum correlation and threshold method, extraction model of water body with different water quality types was constructed, and combined with the field monitoring data of water quality and pollution source data, accuracy evaluation and analysis on the extraction results was conducted. The results showed that this method can distinguish the general water body, eutrophication water body from other objects, can accurately and efficiently to obtain the information of different water quality.

Key words Spectral characteristics; Spectrum correlation; Threshold method; Water quality types; Water extraction

近年来, 遥感凭借自身技术特点, 广泛用于水体信息的提取, 已成为水资源监测、洪水灾害评估以及湿地保护的关键技术。同时, 基于遥感影像提取水体的方法比较多, 如谱间关系法、水体指数法、植被指数法、密度分割法、决策分类法树等。Shih^[1] 基于 Landsat MSS 数据, 利用密度分割法与非监督分类法提取水体, 2 种方法获取的结果差异为 3%。Barton 等^[2] 基于 AVHRR 影像数据, 利用通道 2 与通道 1 比值运算提取水体并对洪水进行了监测。陆家驹等^[3] 采用阈值法、色度判别法、比率测算法从 TM 数据中获取水体, 得出比率测算法获取结果更加精确, 能识别其他方法无法识别的小水体。刘建波等^[4] 基于 TM 影像, 利用密度分割法提取水体的分布范围。高永光等^[5] 利用各地物光谱特征的差异性, 建立模型, 将居民地与水体及其他地物进行区分。万显荣等^[6] 提出基于种子点与连通性分析的半自动水体信息的提取方法, 获取了水体边界范围。杨忠恩等^[7] 基于 NOAA-AVHRR 数据, 采用归一化植被指数 (NDVI) 识别水体, 并提出应用模糊数学的方法获取混合像元中的水体面积。徐涵秋^[8] 利用归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体, 解决了水体提取中难于消除阴影的问题。都金康等^[9] 在 SPOT 影像中用决策树分类方法, 有效地提取了山区中的水体。汪金花等^[10] 利用谱间关系法对水体及其他地物光谱特征进行分析, 提出了适合山区水体的提取方法。

以上研究主要集中于单一水体的表面, 并未深层次涉及到水体的水质, 而且大部分都是通过设立 1 个阈值或 1 个模

型来进行水体的提取。基于此, 笔者根据不同水质类型(一般水体与富营养化水体)的光谱反射特征, 利用谱间关系法与阈值法构建模型, 进行不同水质水体信息的提取。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区与数据源 黑龙江是中俄主要界河, 水环境问题比较突出, 并且黑龙江流域是我国的老工业基地, 流域内石油化工、煤化工、制药等重污染行业分布广泛。研究区为黑龙江流域的中下游地区——同江区域, 区域内主要河流为同江, 是松花江与黑龙江的交汇, 整体水质状况一般, 同时也有污染严重的支流与池塘。区域地形以平原为主, 也有零星山体分布。

该研究选取 Landsat OLI 影像作为主要数据源, 轨道号是 114-27, 其成像时间是 2015 年 9 月 8 日, 云量较少, 影像质量清晰。为确保数据质量, 在水体提取前对影像进行了辐射定标和大气校正, 减少大气和光照等引起的辐射误差。同时采用同江区域实地监测的水质数据对研究结果进行验证。图 1 为研究区遥感影像处理后的标准假彩色合成图像。

1.2 研究方法 基于同江区域不同水质类型的水体提取研究, 首先收集和准备遥感影像数据、水质监测数据、污染源数据等数据源, 并针对每一种数据做相应的标准化处理; 其次根据不同水质类型(一般水体与富营养化水体)的光谱反射特征, 结合谱间关系法与阈值法, 构建不同水质水体提取模型; 最后结合实地调研获取的水质监测数据及污染源数据, 对不同水质水体提取结果进行精度评价与分析。具体技术流程见图 2。

1.2.1 光谱特征分析。

1.2.1.1 水体的光谱特征。 一般水体与其他地物区分最明显的光谱波段是近红外和中红外波段, 因为水体在这 2 个波段内反射能量少, 具有较强的吸收特点, 而非水体(植被、土壤等)在这 2 个波段内的吸收能量较小, 反射率较高; 尤其是

基金项目 跨境水环境综合管理与谈判决策支持平台研发课题 (2014ZX07503-004-05); 水专项科技资源综合集成及数据标准化研究 (2014ZX07510-001-05); 中国工程科技知识中心建设项目。

作者简介 陈民(1988-), 女, 安徽安庆人, 硕士, 从事遥感与 GIS 技术在环境方面的应用研究。* 通讯作者, 副研究员, 博士, 从事 GIS 理论研究及技术应用、环境信息集成等研究。

收稿日期 2016-08-31

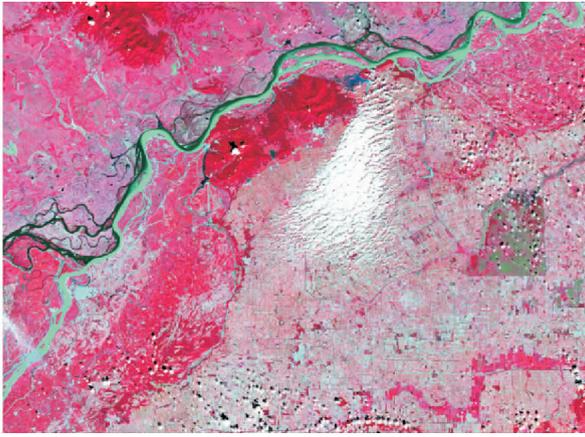


图 1 研究区假彩色合成图像

Fig. 1 The false color composite images of the study area

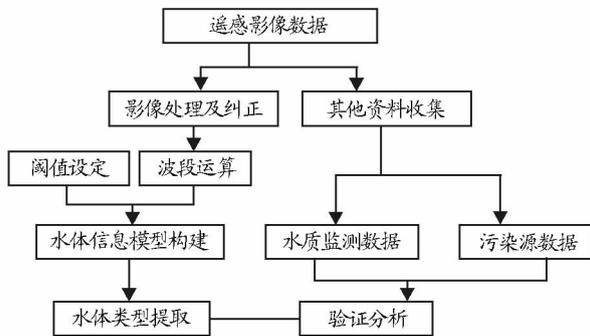


图 2 技术流程

Fig. 2 Technical flow chart

在短波红外波段一般水体的光谱反射率接近 0。因此,可通过多光谱波段运算进行水体和其他地物的区分。

富营养化水体最主要的表现是藻类含量过多,藻类在影像中与水体形成混合像元,其在近红外和中红外波段具有强吸收的特点,尤其是在短波红外波段上,因此富营养化水体在短波红外波段的光谱反射率比其他地物(阴影)的低。叶绿素 a 是藻类植物中最丰富的色素,是反映水体富营养化的一个重要参数指标^[11]。叶绿素在 0.65 ~ 0.68 μm (红光波段)具有较强的吸收特点,反射率较低。

1.2.1.2 居民地的光谱特征。由于居民地的构成中建筑物占主体,所以光谱曲线有建筑物的特性,从绿光波段反射率开始呈下降趋势,变化非常明显^[12];而从绿光波段到近红外波段之间,其吸收较强,反射率很低,很多地方反射率接近 0,这与水体在近红外波段光谱特征相似。因此,在提取水体时也可能把居民地误提出来。

1.2.1.3 阴影的光谱特征。阴影在可见光波段的反射特征主要由该阴影笼罩的地物反射特性决定,所以由于地形阴影的影响,使得近红外和中红外波段在山地阴面的反射能量非常低,从而造成它们在影像上呈现出和水体相似的明显的色调,尤其是在中红外波段阴影和水体的亮度值较接近^[13]。因此,正确地区分水体与阴影是提取水体的关键所在。

1.2.2 模型构建。

1.2.2.1 一般水体的提取。分析了水体、阴影、居民地的光

谱特征,提出以下解决阴影和居民地的干扰方法,从而构建一般水体提取模型。

(1)解决阴影的误提。由于水体在绿光波段和红光波段上其灰度值都大于阴影,所以将该 2 个波段相加可以增大两者之间的差异;同时,在近红外和短波红外波段上,阴影的灰度值一般都大于水体,所以将该 2 个波段相加,也可以增大这种差异。因此,基于 Landsat8 遥感影像可以通过设定两者之间阈值来尽可能消除阴影的误提,即 $(\text{Band}3 + \text{Band}4) - (\text{Band}5 + \text{Band}6) > T_1$ 。

(2)解决居民地的误提。由于居民地在短波红外波段上其灰度值与水体和阴影的灰度值差异很大,因此,可通过设定短波红外波段的灰度阈值来消除居民地的影响,即 $\text{Band}6 < T_2$ (T_2 为阈值)。

结合(1)、(2)分析,针对 Landsat8 遥感影像构建一般水体提取模型:

$$(\text{Band}3 + \text{Band}4) - (\text{Band}5 + \text{Band}6) > T_1 \text{ 且 } \text{Band}6 < T_2 \quad (1)$$

式中, T_1 、 T_2 为阈值,根据不同成像时间及水质情况而变化,依据实际数据分析。

1.2.2.2 富营养化水体的提取。在富营养化水体提取中同样要剔除山体阴影的影响,富营养化水体与阴影的区别在于阴影光谱反射率从红光波段到近红外波段上升的速率远大于富营养化水体,并且大多数阴影在中红外波段的反射率比在红色波段大。

因此,结合富营养化水体在短波红外波段的光谱反射率低,红光波段、近红外波段的比值及中红外波段与红色波段的比值,设置相应的阈值,构建富营养化水体的提取模型,即:

$$\{ \text{Band}4 / \text{Band}5 > T_3 \text{ 或 } \text{Band}6 / \text{Band}4 < T_4 \} \text{ 且 } \text{Band}6 < T_5 \quad (2)$$

同样, T_3 、 T_4 、 T_5 为阈值,根据实际数据及水质情况进行确定。

2 结果与分析

2.1 水体提取 根据研究区的特点,结合公式(1)、(2),取 $T_1 = 5$, $T_2 = 60$, $T_3 = 0.98$, $T_4 = 0.5$, $T_5 = 43$,对同江区域 2015 年 9 月的遥感影像数据进行一般水体、富营养化水体的提取。将一般水体结果、富营养化水体结果和研究区假彩色影像进行叠加,结果见图 3。

图 3 中蓝色部分为一般水体,红色部分为富营养化水体。从图中可以看出阴影和居民地的影响基本上消除,水体轮廓清晰,取得了好的提取效果;同时一些细小的和河道较窄的富营养化水体也被提取出来,而且水陆交界处的信息也得到了较好的反映。

2.2 精度评价 将所有水体提取结果叠加同江行政区划图,可以看出同江区域富营养化水体主要分布在同江河流的中下游,包括清河乡、三村镇、街津口赫哲族乡、临江镇等乡镇;同时,分析同江中下游河段的污染源数据,发现富营养化污染水体这一带主要集中在农场、牧场、畜禽养殖场等周边,

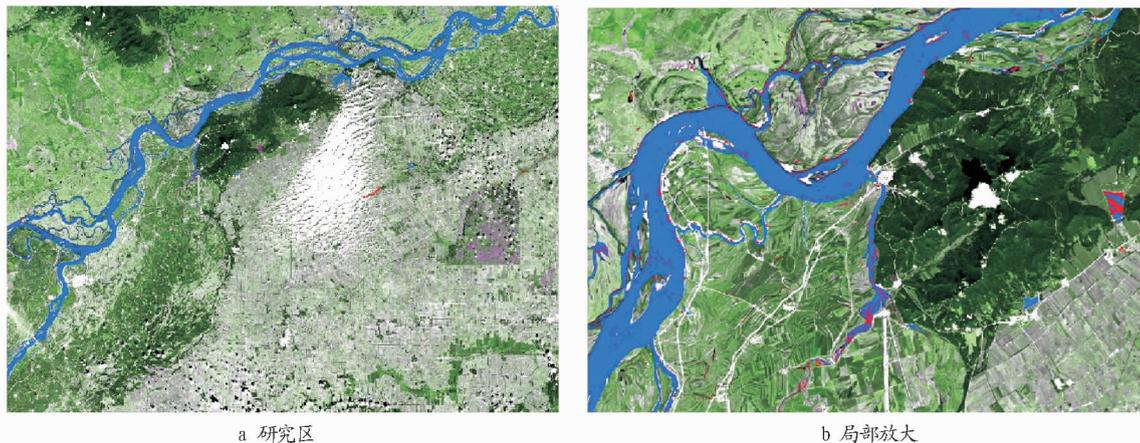


图3 2015年研究区水体信息提取

Fig.3 The information extraction of water body in the study area in 2015

间接证明了提取结果的准确性。

为了进一步验证不同水质类型水体提取的可行性,一方面选择高分一号卫星影像数据作为底图,选取13 254个水体像元,利用人机交互的方式进行验证,结果表明92.24%的水体提取正确;另一方面在研究区选取了159个水体采样点,监测其叶绿素、总磷、总氮、透明度、高锰酸盐指数等富营养化主要表现的指标,结果表明141个采样点是富营养化水体,准确率达88.68%。

3 结论

利用谱间关系法与阈值法构建不同水质类型的水体提取模型,以Landsat8多光谱遥感影像作为基本信息源,对黑龙江中下游同江区域不同水质的水体进行提取,并将提取结果与实地监测结果进行对比,分析影像提取的精度。结果表明,基于Landsat8遥感影像的不同水质水体提取效果总体较好,绝大部分河流、水库和坑塘的轮廓与目视判读基本一致,同时有效地避免了阴影和居民地对水体的干扰,但仍然存在影像中黑色部分的泥泞道路被误提的情况,有待进一步处理;对富营养化水体的提取精度较高,可应用于水质污染的判别,应用前景较为广阔,但由于水质分布不均匀,在阈值的选择上需要大量试验,其科学性有待进一步验证。

(上接第164页)

粒物和氮氧化物的排放总量下降。另一方面,政府要加强空气质量监测和信息公开透明力度,进一步深入研究雾霾形成的影响因素,制订有效的控制措施。结合地形和其他的自然环境,因地制宜采取合理有效的方法,专门观测可能出现的主要大气污染情况。在实时监测的条件下更能够直观快速地分析出雾霾的影响因素,完善在极端不利气象条件下大气污染监测系统,对制定雾霾天气防治预警应急预案、出现雾霾天气时有效启动应急系统有突出作用。

参考文献

[1] 李金岚. 论雾霾天气的成因危害及防治措施[J]. 资源节约与环保, 2013

参考文献

- [1] SHIH S F. Comparison of ELAS classifications and density slicing Landsat data for water surface area assessment[J]. Hydrologic applications of space technology, 1985, 160:91-97.
- [2] BARTON I J, BATHOLS J M. Monitoring floods with AVHRR[J]. Remote sensing of environment, 1989, 30(1):89-94.
- [3] 陆家驹, 李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感, 1992, 7(1):17-22.
- [4] 刘建波, 戴昌达. TM 图象在大型水库库情监测管理中的应用[J]. 环境遥感, 1996, 11(1):54-58.
- [5] 高永光, 祝民强, 朱骥, 等. 赣中红壤区 TM 图象的居民地信息自动提取专家模式研究[J]. 国土资源遥感, 2002, 54(4):67-69.
- [6] 万显荣, 舒宁, 郑建生. 一种基于种子点与连通性分析的快速水体边界提取方法[J]. 国土资源遥感, 2000, 46(4):44-49.
- [7] 杨忠恩, 骆剑承, 徐鹏伟, 等. 利用 NOAA-AVHRR 资料提取水体信息的初步研究[J]. 遥感技术与应用, 1995, 10(1):25-29.
- [8] 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.
- [9] 都金康, 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.
- [10] 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, 2004, 12(4):30-32.
- [11] CURRAN P J, KUPIEC J A. Imaging spectrometry: A new tool for ecology [M]//DANSON F M, PLUMMER S E. Advance in environmental remote sensing, Chichester, UK: Wiley and Sons, 1995:78-88.
- [12] 储美华. 遥感影像的高光谱特征研究[D]. 济南: 山东科技大学, 2007:125.
- [13] 江晖. 水体信息自动提取遥感研究: 以丽江地区为例[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006:11.
- [14] 于兴娜. 北京雾霾天气期间气溶胶光学特性[J]. 环境科学, 2012, 33(4):1057-1062.
- [15] 曹伟华, 李青春. 北京地区雾霾气候特征及影响因子分析[C]//中国灾害防御协会风险分析专业委员会. 风险分析和危机反应的创新理论和方法: 中国灾害防御协会风险分析专业委员会第五届年会论文集. 南京: 中国灾害防御协会风险分析专业委员会, 2012:7.
- [16] 冯少荣, 冯康巍. 基于统计分析方法的雾霾影响因素及治理措施[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2015(1):114-121.
- [17] 魏巍贤, 马喜立. 能源结构调整与雾霾治理的最优政策选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(7):6-14.
- [18] 黄健, 李菲, 邓雪娇, 等. 珠江三角洲城市地区 MODIS 气溶胶光学厚度产品的检验分析[J]. 热带气象学报, 2010(5):13-18.