

基于 Landsat8 遥感影像的水体提取方法

刘凤超¹ 宋金玲^{1,2,3*} 祝美宁^{1,2} 杨旭莹¹

1.河北科技师范学院数学与信息科技学院 河北 秦皇岛 066004

2.河北省农业数据智能感知与应用技术创新中心 河北 秦皇岛 066004

3.河北省海洋动力过程与资源环境重点实验室 河北 秦皇岛 066004

DOI:10.12238/etd.v3i4.5268

摘要: 水资源的规划与保护、环境监测、洪涝灾害预警与防治等工作都需要了解水资源的变化,因此如何从遥感影像中科学、快速、准确地提取出水体信息具有重要意义。以 Landsat8 遥感影像为数据源,选取闽江流域为实验区,采用归一化水体指数法(NDWI)法对试验区的水体信息进行提取,并利用灰度直方图对阈值进行分析,最后利用决策树对水体和其他地物进行分类。实验结果表明,本方法的分类 Kappa 系数达到 0.8374,一致性等级评价为“几乎完全一致”,总体分类精度达到了 94.02%,说明该方法可以较为完整地提取水体信息并抑制非水体信息。

关键词: 水体信息提取; 决策树; 归一化水体指数

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

Research on Water Information Extraction Method based on Landsat8 Remote Sensing Image

Fengchao Liu¹, Jinling Song^{1,2,3*}, Meining Zhu^{1,2}, Xuying Yang¹

1.College of Mathematics and Information Technology Hebei Normal University of Science and Technology Hebei Qinhuangdao 066004

2.Hebei Agricultural Data Intelligent Perception and Application Technology Innovation Center Hebei Qinhuangdao 066004

3.Hebei Key Laboratory of Ocean Dynamics Resources and Environments Hebei Qinhuangdao 066004

Abstract: The planning and protection of water resources, environmental monitoring, flood disaster early warning and prevention all need to understand the changes of water resources. Therefore, how to extract water body information scientifically, quickly and accurately from remote sensing images is of great significance. This paper takes landsat8 remote sensing image as the data source, selects Minjiang River Basin as the experimental area, extracts the water information of the experimental area by using the normalized water index method (NDWI), analyzes the threshold by using the gray histogram, and finally classifies the water body and other ground objects by using the decision tree. The experimental results show that the classification Kappa coefficient of this method reaches 0.8374, the consistency grade is "almost completely consistent", and the overall classification accuracy reaches 94.02%, indicating that this method can extract water information completely and suppress non water information.

Keywords: Water information extraction; Decision tree; Normalized differences water index

引言

水体信息提取在水资源的调查与监测、水资源的利用与保护、环境监测、洪涝灾害的预警与防治中有着十分重要的作用,水体信息的常规获取手段是靠水文站点的监测和野外的人工测量,这些手段虽然能获取高精度的水域面积和流速流量等数据,但是有周期长且人工测量存在危险性等缺点,使用遥感影像进行水体信息提取相较于常规手段更为安全快速。

随着遥感技术的发展,水体信息提取技术方面的研究成果也越来越多,以国产高分系列、美国陆地卫星 Landsat8 等中高分辨率卫星的遥感影像作为数据源,有学者提出了多方法组合的决策树模型、改进指数法、自适应阈值分割法等不同的水体提取方法,以及对不同提取方法的比较分析。本文以闽江流域为研究区,数据源使用美国陆地卫星 landsat8 的

遥感影像,综合采用归一化水体指数(NDWI)、灰度直方图、决策树等工具对研究区的水体信息进行提取,并采用混淆矩阵对水体提取模型的精度进行验证和分析,为研究区的水资源监测提供数据支撑。

1 研究区概况和数据源

1.1 研究区概况

闽江位于中国东南部,发源于福建与江西、浙江交界处,是福建省最大的河流,全长为 2959 公里,干流长 577 公里,流域面积 6.09 万平方公里。有建溪、富屯溪、沙溪三大主要支流,干支流流经 38 个县市。有着优秀的生态环境,动植物种类繁多。

1.2 数据源与数据预处理

采用的数据源为 Landsat8 卫星陆地成像仪 OLI 传感器的多光谱影像,空间分辨率为 30m。多光谱影像的拍摄时间为

2017年1月3日，包含7个波段的信息，轨道号为42（row）/119（path），太阳方位角为152.45769774°，太阳高度角为35.96396613°，影像中有零星云层覆盖。

一般情况下，卫星遥感影像要先经过预处理而不能直接使用，因为在遥感影像的成像过程中由于会有大气的干扰或者是传感器的外在变化如速度、高度等因素等所导致的信息误差和几何畸变，所以要对误差进行纠正，这一遥感影像数据的纠正与重建的标准过程称之为预处理。遥感影像的预处理操作一般有正射校正、辐射定标、大气校正、配准融合、整体镶嵌、范围裁切等。

本文中所使用的数据源需要进行辐射定标、大气校正、图像裁剪等操作，所有的操作都使用ENVI软件完成。最后经过预处理后的图像如图1所示。

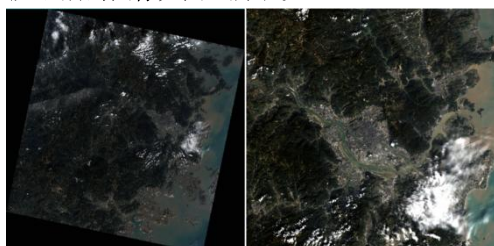


图1 原始影像（左）与预处理后影像（右）

2 研究方法

2.1 水体提取方法原理

水体由于自身的组成特性有着其独特的光谱特征，水体与其他地物的光谱特征差异性也是水体提取技术研究的前提。地表的自然水体0.4–2.5 μm波段上表现出对电磁波的低反射高吸收的特点，而其他地物则反射率高、吸收率高，有着明显的不同。水体对不同波段光的反射率也不同，如近红外波段的反射率低，绿波段的反射率相对较高。这一特征体现在遥感影像上就是水体的颜色较深，水体指数就是利用了水的光谱特征对遥感影像的波段进行运算达到突出水体特征的目的。

2.2 水体指数法

归一化差分水体指数（NDWI, Normalized Difference Water Index）在分析水的波谱特征的基础上利用影像的近红外波段与绿波段进行差值运算，达到增强图像中水体的特征的目的，能够有效地区分水体与绿植，但是图像中的土壤、建筑容易和水体混淆，山体的阴影、天空中的云层也容易对分类结果产生影响。归一化差分水体指数在区分水体与植物方面的优势更为明显。公式如式1所示。

$$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR) \quad (1)$$

式中，NDWI为归一化差异水体指数，GREEN为绿光波段，NIR为近红外波段，归一化差异水体指数的取值范围为-1~1之间。

理论上一般会将NDWI值为正值的地物判断为水体，将NDWI值为负值的地物判断为非水体，这时的分类阈值为0。但现实情况中，遥感影像上的地物往往较为复杂，有较多影

响因素，因此针对具体的水域需要分析不同地物的灰度值特征，经过多次的实验对比才能得到可以用于水体提取的经验阈值。

2.3 灰度直方图

灰度直方图能够反映图像像素的灰度级分布情况，它的横坐标是灰度值，纵坐标为像素数量，使用灰度直方图可以直观地看到某个灰度级的像素数量，从而对图像的整体情况做出判断。适合应用于图像的特征提取、阈值分割、图像分类等方面。本文使用灰度直方图进行阈值分析，通过对典型地物的光谱特征进行分析、采样，观察灰度直方图中水体的像元值的分布特征，再经过多次的实验确定水体的经验分类阈值。

2.4 决策树

在得到用于分类水体和非水体的经验阈值后即可对图像进行分类处理，本文采用ENVI软件的决策树工具进行分类处理，决策树分类工具可以根据设定的分类规则归类像元。

2.5 精度验证方法

根据水体的提取结果需要分析判断分类效果的好坏，但是肉眼的观察不够精确，也无法对分类的精度进行量化，因此构造混淆矩阵计算预测精准度和Kappa系数对水体提取方法进行验证。

2.5.1 混淆矩阵（Confusion Matrix）

混淆矩阵又叫可能性矩阵或错误矩阵，是一种可以有效验证分类精度的统计学方法，在图像的分类精度评价中用作比较预测结果与真实值。二元分类的分类类别可以分为正类（Positive）和负类（Negative），在经过预测模型的计算后得到4个指标参数：①真正类TP（True Positive）指被正确分类的正类，②假正类FP（False Positive）指被错误分类的正类，③真负类TN（True Negative）指被正确分类的负类，④假负类FN（False Negative）指被错误分类的负类。根据这些指标参数的像元数量可以计算分类模型的精度。用上述4个指标参数可以计算预测精准度（Accuracy），即正确分类的正类与负类与总体分类样本的比例，公式如式2所示。

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

2.5.2 Kappa 系数

精准度这一指标的计算方法简单，但实际应用中各类别样本的数量往往并不平衡，就会出现计算结果偏向于大类别的情况，所以本文还采用另一个指标——Kappa系数对分类的精度进行评价，该指标是在混淆矩阵基础上用于分类精度的一致性检验和衡量。Kappa系数的公式如式3所示，它的取值在-1到1之间（通常大于0），可以分为表1所示的5个等级来表示一致性的级别。

$$k = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (3)$$

式中 p_o 是预测精准度（Accuracy）， p_e 为每个类别分别对应的预测数量与实际数量之乘积的总和除以总样本数的

平方。

表1 Kappa 系数的一致性级别

取值范围	一致性级别
0.0~0.20	极低的一致性（slight）
0.21~0.40	一般的一致性（fair）
0.41~0.60	中等的一致性（moderate）
0.61~0.80	高度的一致性（substantial）
0.81~1	几乎完全一致（almost perfect）

3 实验过程与结果分析

3.1 实验过程

首先将经过预处理的图像经过 NDWI 运算得到 NDWI 图像，NDWI 运算使用 ENVI 的 band math 工具进行，其目的是最大程度地突出水体信息。

其次利用灰度直方图分析 NDWI 图像的水体与非水体分类阈值，通过查看典型水体区域的 DN 值特征与分析灰度直方图，经过大量的实验与分析得知，阈值取 0.18 时水体提取效果最好，即 NDWI 大于 0.18 时水体判定为水体，NDWI 小于 0.18 时为其他地物。

最后，使用决策树工具按照选定的阈值对 NDWI 图像进行分类，将 NDWI 像元值大于 0.18 的作为水体，将小于 0.18 的作为非水体，使用决策树工具分类后的图像如图 2 所示，其中蓝色代表水体，黑色代表非水体的其他地物。从图 3 中可以看出，水体指数法提取水体，可以比较准确、完整地提取出闽江干流的水体以及海洋中的开阔水体，对于一些细小水体也有较好的提取效果，可以比较精确地对水体与非水体进行分类。

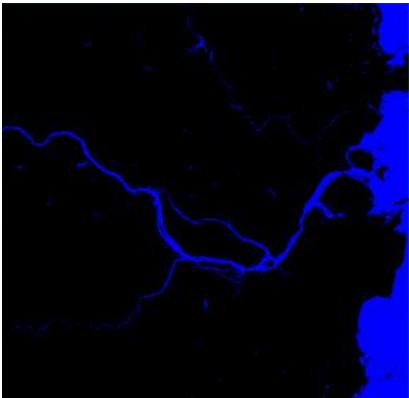


图2 分类后水体信息图像

3.2 实验结果分析

部分原始图像与分类结果图像的细节对比如图 3 所示。通过图像对比可以看出，水体指数法对大面积水域的提取效果较好，但是对于较为细小的水体有漏提和误提的现象，一些细小的河流会有“断流”的现象；对于在水体上的云层，较为薄弱的可以正确地分类，而一些较厚的云层会被判断为

非水体，因此在选择卫星影像时要排除云层多的图像从而避免分类误差。

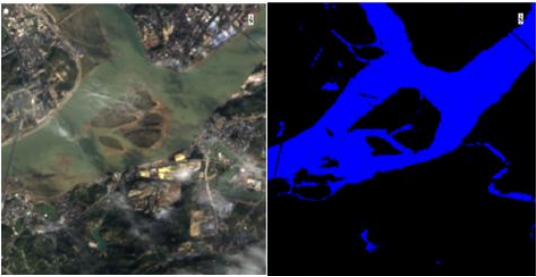


图3 部分原始图像（左）与分类后图像（右）

为了进一步验证本文方法的有效性，在预处理后图像的基础上使用 ENVI 感兴趣区域工具（ROI）手动创建验证样本，共构建了水体与非水体各 8 个验证样本，样本是在遥感影像的各个区域内随机选取，其中包含闽江干流、湖泊、云层、城市区域、桥梁以及海岛等不同地物。接着根据验证样本与分类后的结果构建基于二元分类（水体与非水体）的混淆矩阵，分类结果混淆矩阵如表 2 所示。从表 2 的混淆矩阵可以看出，水体和非水体的像元总数分别为 2256 与 8227，预测为水体实际上也为水体的像元数为 2214，预测为非水体实际为非水体的像元数为 7643，从而可以根据公式 2 计算出总体分类精度（Accuracy）为 94.02%，根据公式 3 计算出 Kappa 系数为 0.8374，根据一致性等级规则可以评定一致性等级为“几乎完全一致”。

表2 分类结果混淆矩阵

预 测分类 真实分类	水体（像元数）	非水体（像元数）
水体	2214	584
非水体	42	7643

4 结论

利用 NDWI 法提取水体，使用 0.18 作为分类经验阈值，能够有效地突出水体信息，抑制非水体的信息，在提取河流等大面积水域时有明显的效果，提取的结果轮廓清晰明显，且对非水体的地物识别也基本准确，但是面对云层覆盖的水体有漏提现象，面对山区阴影也有误提现象。最后的分类精度分析中得出总体分类精度（Accuracy）为 94.02%，Kappa 系数为 0.8374，一致性等级为“几乎完全一致”，说明本文方法能够有效地提取水体信息，且不需要人力成本去实地考察监测，可以为水资源的调查与监测、水资源的保护与利用、洪涝灾害的预警与防治等工作提供帮助。

参考文献：

[1] 李飞,桑国庆,孙盈,曹方晶.基于高分一号卫星遥感数据的复杂水体信息提取方法研究[J].济南大学学报(自然科学版),2021,35(06):572-579.
[2] 王帆,李崇贵,马婷,刘梦霞,张志超.一种改进的遥感

影像水体信息快速提取方法[J].人民长江,2021,52(06):223-228.

[3] 邹橙,杨学志,董张玉,王冬.基于 GF-2 遥感影像的一种快速水体信息提取方法[J].图学学报,2019,40(01):99-104.

[4] 周彬,金琦.基于高分三号卫星影像的水体信息提取技术研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):137-141.

[5] 张青,冯志敏,陈鹏.高分一号卫星遥感影像提取冰川堰塞湖水体方法比较[J].测绘与空间地理信息,2021,44(01):17-19+24.

[6] 朱明洋.基于 Landsat8-OLI 的热融湖提取方法研究[J].科技创新与生产力,2020(11):67-70+74.

[7] 邓开元,任超.多光谱光学遥感影像水体提取模型[J].测绘学报,2021,50(10):1370-1379.

[8] 邵晓曼,仲臣.Landsat-8 遥感影像不同水体提取方法适用性分析[J].黑龙江工程学院学报,2021,35(04):1-5.

[9] 徐蓉,张增祥,赵春哲.湖泊水体遥感提取方法比较研究[J].遥感信息,2015,30(01):111-118.

作者简介:刘凤超(1996),男,汉族,河北省衡水市人,硕士研究生,河北科技师范学院数学与信息科技学院,研究方向:遥感影像的水体识别。

通讯作者:宋金玲,女,博士,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向:数据处理与分析、数据库安全。

基金项目:河北省重点研发计划项目(项目编号:21370103D, 21373301D);2021年度河北省社会科学发展研究课题(课题编号:20210201445)

(上接第31页)

计算了三层复合吸声材料的吸声系数,并考察了组合顺序对吸声系数的影响。结果表明材料的组合顺序对吸声系数有一定的影响,但是对比材料属性的影响,组合顺序对吸声系数的影响并不明显,特别是低频范围。所以在选取吸声材料时,材料的属性和厚度应当是主要的考虑因素。当材料的属性和厚度确定时,材料的组合顺序是次要的考虑因素。

参考文献:

[1] Biot M. A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid: I. Low frequency range. J. Acoust. Soc. Am., 1956a, 28: 168-178.

[2] Biot M. A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid: II. High frequency range. J. Acoust. Soc. Am., 1956b, 28: 178-191.

[3] Wang W.H., Zhu X.Y., Liu J.X., Cui, Z.W. Shear-horizontal transverse-electric seismoelectric waves in cylindrical double layer porous media. Chin. Phys. B, 2021, 30 (1), 014301.

[4] Wang J, Ao Q, Ma J, et al. Sound absorption performance of porous metal fiber materials with different

structures[J]. Applied Acoustics, 2019, 145: 431-438.

[5] Allard, J. F., Propagation of Sound in Porous Media, Elsevier Applied Science, 1993.

[6] Atalla N., Panneton R., "The mixed displacement-pressure formulation for porous-elastic materials and particular cases," GAUS report, Univ. de Sherbrooke (1999).

[7] Delany M. E., Bazley E. N., "Acoustical Properties of Fibrous Absorbent Materials." Applied Acoustics 3, 105-116 (1970).

[8] Folds D. L., Loggins C. D., "Transmission and Reflection of Ultrasonic Waves in Layered Media." Journal of the Acoustical Society of America 62, 1102-1109 (1977).

[9] Bolton, J. S., "Introduction to Porous Materials for Noise Control," SAE TOPTEC on Acoustical Materials (1996).

[10] Atalla, N., "Modeling Thin Screens and Perforated Plates within the Wavepropagation Approach," Technical Note, GAUS report, Univ. de Sherbrooke (2000).

[11] 吴量,刘淼,刘学文,等.多层多孔吸声材料结构参数优化设计[J].应用声学,2021.