引文格式：邱煌奥,张求喜,陶国强,等. Sentinel-2A影像的水体指数构建与稳定性研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(5): 80-83. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.05.017

Sentinel-2A影像的水体指数构建与稳定性研究

邱煌奥[1]，张求喜[1]，陶国强[1]，毛云蕾[1]，王宇彤[1]
（1. 赣东学院，江西 抚州 344000）

摘　要：以鄱阳湖及其周边区域为研究区，通过分析水体在Sentinel-2数据中不同波段的波谱差异，选取红边波段和短波红外波段构建了植被红边归一化差异水体指数（VNDWI）；并在4种背景地物条件下进行了对比实验。结果表明，VNDWI对山体阴影、植被、裸土和建筑物等亮色地物有较好的抑制作用，且能稳定应用于多种背景地物条件下的地表水体信息提取。相较于已有5种水体指数，VNDWI能有效识别细小水体，Kappa系数和总体精度均有所提高，错分率和漏分率有所降低。

关键词：水体指数；水体提取；Sentinel-2A；鄱阳湖；精度分析
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）05-0080-04

Water Body Index Construction and Stability Research Based on Sentinel-2A Images

QIU Huang'ao[1], ZHANG Qiuxi[1], TAO Guoqiang[1], MAO Yunlei[1], WANG Yutong[1]
(1. Gandong University, Fuzhou 344000, China)

Abstract: Taking the Poyang Lake region and its surroundings as the research area, analyzing the spectral differences of water body across different bands of Sentinel-2 data, we chose the red edge band and the short-wave infrared band to construct a vegetation red edge normalized difference water index (VNDWI), and carried out experiments under four different background features. The results reveal that VNDWI is able to effectively attenuate the brightness of objects such as mountain shadows, vegetation, bare soil, and buildings. Furthermore, it also shows the capability to be consistently employed to extract surface water information under multiple background land conditions. Compared with five pre-existing water indices, VNDWI is effective in identifying small bodies of water, both the Kappa coefficient and the overall accuracy show significant improvement, while misclassification and omission errors show noticeable reduction.

Key words: water body index, water body extraction, Sentinel-2A, Poyang Lake, accuracy analysis

快速、准确地获取地表水体及其空间分布信息对于国家资源管理、环境保护、灾害评估等具有重要意义[1]。随着空间信息技术的发展，遥感以其覆盖范围广、时空信息丰富、经济效益高、更新周期短等优点[2]成为地表水体提取的重要手段。基于遥感影像的水体提取方法包括阈值法[3-4]、多波段谱间关系法[5-6]、影像分类法[7]和水体指数法4类，其中水体指数法应用最广泛[8]。学者们[9-13]针对水体指数构建展开了很多研究。2015年Sentinel-2卫星成功运行后，王大钊等[14]尝试利用Sentinel-2数据进行地表水体提取，取得了良好的效果。目前采用水体指数法基于Sentinel-2数据的水体提取研究大多是将基于Landsat数据构建的水体指数应用于Sentinel-2数据中，而将Sentinel-2数据独有的植被红边波段应用于水体指数构建的研究较少。因此，本文以鄱阳湖及其周边区域为研究区，构建了一种基于Sentinel-2数据的环境适应能力强的植被红边归一化差异水体指数（VNDWI）。通过分析水体在Sentinel-2数据中包括植被红边波段在内的不同波段的波谱差异，参考已有水体指数波段进行归一化差值，从而构建了VNDWI；并在不同背景地物条件下进行水体提取实验，以验证该指数的有效性和稳定性。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

鄱阳湖是长江中下游主要支流之一，位于江西省北部（28°25′~29°45′N、115°50′~116°44′E），是我国第一大淡水湖，在经济、旅游、生物多样性保护等方面具有极其重要的功能，维护着长江中下游地区的饮水和生态安全。由于不同背景地物条件下水体将呈现不同特征，本文选取鄱阳湖及其周边区域的湖泊、河流、城镇、山区4种典型水体区域进行实验，具体分

项目来源：赣东学院院长基金资助项目（YZJJ202201）；江西省教育厅科学技术研究资助项目（GJJ2203710）。
第一作者简介：邱煌奥（1992—），硕士，助教，研究方向为遥感信息提取，E-mail：1247787172@qq.com。

布见图1。

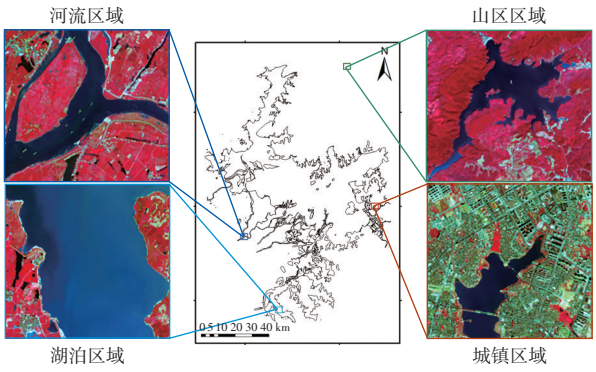


图1　研究区示意图

1.2　数据来源

Sentinel-2影像包含B1-Coastal Aerosol 、B2-Blue、B3-Green等13个波段。本文采用的鄱阳湖及其周边区域的Sentine-2A卫星遥感影像（图号T50RMS、T50RMT）由欧空局哥白尼数据中心获取，成像时间为2021年9月28日，数据为L2A级别（已经过辐射定标和大气校正处理），成像质量能满足应用需求。

2　研究方法

2.1　VNDWI

水体指数构建的原理是扩大水体与非水体之间的波谱差异，以达到在遥感影像中提取水体信息的目的[15]。基于上述思路，本文在Sentinel-2影像（图号T50RMT）上选取水体以及对水体信息干扰较大的植被、山体阴影、裸土、建筑物共5种典型地物各100个纯像元点，并统计各种地物在Sentinel-2影像中B5、B6、B7、B8A、B11、B12上的平均像元值，结果见图2。

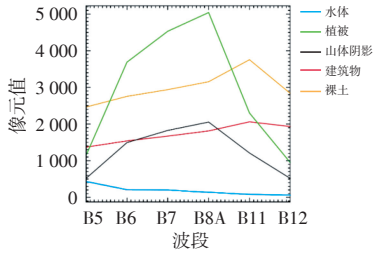


图2　5种地物波谱曲线

水体在Sentinel-2影像中B5、B6、B7、B8A、B11、B12上的平均像元值均明显低于其他地物且呈整体下降趋势，在短波红外波段（B12）的平均像元值接近于0，远低于其在Sentinel-2影像独有的植被红边波段（B5）的平均像元值，即B5>B12，而建筑物、裸土上述两个波段的平均像元值关系为B5<B12，植被、山体阴影的平均像元值关系为B5≈B12。基于上述分析，应用波段差分的思路构建VNDWI，即

$$\mathrm{VNDWI}=\frac{\mathrm{Vegetation\ Red\ Edge(705)}-\mathrm{SWIR(2\ 190)}}{\mathrm{Vegetation\ Red\ Edge(705)}+\mathrm{SWIR(2\ 190)}}$$

式中，Vegetation Red Edge(705)、SWIR(2 190)分别为Sentinel-2影像B5、B12的像元值。

2.2　已有水体指数

本文选取常用的典型的在该研究区内应用效果较好的[16]5种水体指数进行对比研究，各水体指数的计算公式见表1[9-13]。

表1　已有水体指数

水体指数	计算公式
NDWI	$(\mathrm{Green}-\mathrm{NIR})/(\mathrm{Green}+\mathrm{NIR})$
MNDWI	$(\mathrm{Green}-\mathrm{SWIR1})/(\mathrm{Green}+\mathrm{SWIR1})$
RNDWI	$(\mathrm{SWIR1}-\mathrm{Red})/(\mathrm{SWIR1}+\mathrm{Red})$
NWI	$[\mathrm{Blue}-(\mathrm{NIR}+\mathrm{SWIR1}+\mathrm{SWIR2})]/[\mathrm{Blue}+(\mathrm{NIR}+\mathrm{SWIR1}+\mathrm{SWIR2})]$
GNDWI	$(\mathrm{NDWI}_{i,j}-\overline{\mathrm{NDWI}})/\sigma_{\mathrm{NDWI}}$

2.3　阈值选择

通常为保证最优的分割效果，需要人工反复试验确定水体指数法的最佳阈值。本文考虑到VNDWI水体提取模型的后续应用，引入大津法[17]实现了水体指数法计算结果阈值的自动选取，提高了工作效率。

3　实验结果与分析

3.1　河流区域

河流区域的背景地物、水体形状、水体分布均较复杂。研究区内的水体包括大型河流、细小支流、沟渠、水库、池塘等，提取结果见图3，漏提或错提之处以红圈表示，可以看出，对于大型河流，所有水体指数均具有良好的提取效果；但对于细小支流、沟渠、水库、池塘等较分散且面积小的水体，5种水体指数均未能有效提取，漏提现象较明显，MNDWI、RNDWI和NWI提取了零星部分，NDWI和GNDWI基本全部漏提，本文提出的VNDWI虽然也存在漏提、断连现象，但相对而言提取出了较大部分，对于复杂背景地物、细小水体展现了较好的适用性。提取结果中大型河流出现的斑块是由河道上的大型船只所导致的。由于研究区范围不大，且Sentinel-2影像较清晰，将参考该影像人工目视解译得到的水体斑块范围作为检验真值，对实验结果进行定量精度评价，结果见表2。

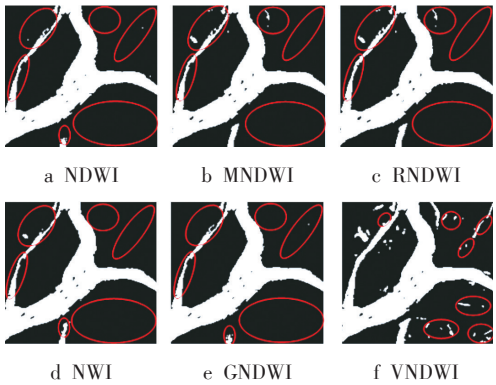


图3　河流区域水体提取结果

表2　河流区域精度评价结果

水体指数	总体精度/%	Kappa系数	制图者精度/%	用户精度/%	错提误差/%	漏提误差/%
NDWI	94.37	0.853 0	80.22	92.70	7.30	19.78
MNDWI	94.22	0.848 9	79.70	92.53	7.47	20.30
RNDWI	94.17	0.847 5	79.53	92.47	7.53	20.47
NWI	93.79	0.836 7	78.17	92.01	7.99	21.83
GNDWI	94.25	0.849 7	79.81	92.56	7.44	20.19
VNDWI	97.34	0.933 2	91.79	96.82	3.18	8.21

3.2　湖泊区域

湖泊区域水体面积占比在70%以上，包括大型湖泊、水库、池塘等，提取结果见图4，可以看出，湖泊区域的提取结果与河流区域类似，不同之处在于湖泊区域中对于水库、池塘等破碎水体的提取，NDWI、GNDWI略优于MNDWI、RNDWI和NWI，VNDWI同样展现出了最佳的提取效果。采用相同方式开展定量精度评价，结果见表3。



图4　湖泊区域水体提取结果

表3　湖泊区域精度评价结果

水体指数	总体精度/%	Kappa系数	制图者精度/%	用户精度/%	错提误差/%	漏提误差/%
NDWI	97.23	0.933 1	96.16	90.96	9.04	3.84
MNDWI	95.96	0.903 9	94.40	87.35	12.65	5.60
RNDWI	95.51	0.893 5	93.77	86.12	13.88	6.23
NWI	96.30	0.911 6	94.87	88.29	11.71	5.13
GNDWI	97.19	0.932 1	96.10	90.84	9.16	3.90
VNDWI	98.45	0.962 0	97.89	94.81	5.19	2.11

3.3　山区区域

山区区域背景地物为大量的植被、山体阴影以及少量的高反射裸土、建筑物等，水体以位于研究区中心的完整湖泊为主，提取结果见图5，可以看出，NDWI、GNDWI受山体阴影影响较大，提取结果的水体边界出现了明显的椒盐现象；由于该区域水体边界复杂且延伸处较细，5种水体指数均未能有效提取其边界，漏提现象较明显；VNDWI对山体阴影、植被具有较好的抑制作用，提取的水体边界较完整，对于山区水体展现了良好的适用性。采用相同方式开展定量精度评价，结果见表4。

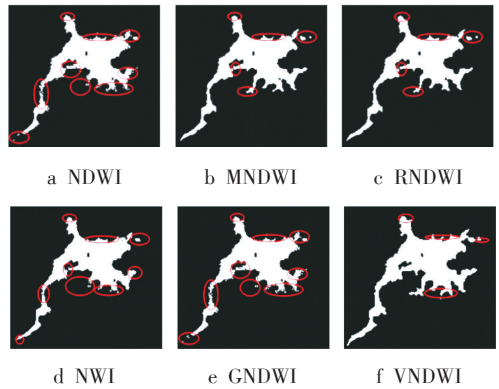


图5　山区区域水体提取结果

表4　山区区域精度评价结果

水体指数	总体精度/%	Kappa系数	制图者精度/%	用户精度/%	错提误差/%	漏提误差/%
NDWI	95.68	0.833 9	75.25	95.03	4.97	24.75
MNDWI	96.62	0.872 9	80.62	96.07	3.93	19.38
RNDWI	96.21	0.856 2	78.29	95.62	4.38	21.71
NWI	95.76	0.837 0	75.67	95.11	4.89	24.33
GNDWI	95.70	0.834 8	75.37	95.05	4.95	24.63
VNDWI	98.65	0.951 8	92.70	98.48	1.52	7.30

3.4　城镇区域

城镇区域背景地物为大量的高反射建筑物、裸土和少量植被等，水体以位于研究区中心下方的湖泊为主，提取结果见图6，可以看出，5种水体指数的提

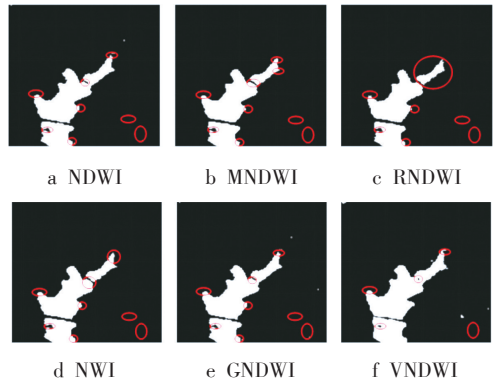


图6　城镇区域水体提取结果

取结果大致相似，且均未能有效识别研究区的水体边界，RNDWI的漏提现象最明显；VNDWI对裸土、建筑物等亮色地物具有较好的抑制作用，提取出的水体边界最完整，对于城镇水体展现了良好的适用性。采用相同方式开展定量精度评价，结果见表5。

表5　城镇区域精度评价结果

水体指数	总体精度/%	Kappa系数	制图者精度/%	用户精度/%	错提误差/%	漏提误差/%
NDWI	98.48	0.927 5	88.00	98.29	1.71	12.00
MNDWI	97.78	0.891 3	82.44	97.52	2.48	17.56
RNDWI	97.18	0.859 1	77.73	96.88	3.12	22.27
NWI	97.86	0.895 8	83.12	97.61	2.39	16.88
GNDWI	98.49	0.928 2	88.16	98.31	1.69	11.84
VNDWI	99.38	0.971 8	96.00	99.42	0.58	4.00

4　结　语

本文基于Sentinel-2A遥感影像，通过对比分析鄱阳湖及其周边区域不同地物的波谱差异，构建了VNDWI；并将该方法结合大津法在研究区的湖泊、河流、城镇、山区4种典型水体区域进行实验。结果表明，VNDWI能有效抑制山体阴影、植被、裸土、建筑物等干扰因素，稳定应用于多种背景地物条件下的地表水体信息提取；与NDWI、MNDWI、RNDWI、NWI、GNDWI等方法相比，在鄱阳湖地区能有效提取细小水体，提高水体信息的提取精度，且VNDWI水体提取模型易操作、易应用。本文提出的VNDWI虽在鄱阳湖及其周边区域具有较高的精度，但自然界水体复杂多样，理论上一种水体指数并不能区分所有水体，在具体应用时需要根据实际情况进行选择。

参考文献

[1] Yang C J, Wei Y M, Wang S Y, et al. Extracting the Flood Extent from Satellite SAR Image with the Support of Topographic Data[C]. Info-tech & Info-net, Icii-Beijing International Conferences, 2001

[2] 聂亚文，余明，蓝婷. 基于MAWEI指数的水体信息提取方法[J]. 地球环境学报，2019，10(3):281-290

[3] Jupp D L B, Mayo K K, Kuchler D A, et al. Remote Sensing for Planning and Managing the Great Barrier Reef of Australia[J]. Photogrammetria, 1985, 40(1):21-42

[4] 杨莹，阮仁宗. 基于TM影像的平原湖泊水体信息提取的研究[J]. 遥感信息，2010，25(3):60-64

[5] Barton I J, Bathols J M. Monitoring Floods with AVHRR[J]. Remote Sensing of Environment, 1989, 30(1):89-94

[6] 张明华. 用改进的谱间关系模型提取极高山地区水体信息[J]. 地理与地理信息科学，2008，24(2):14-16

[7] 陈杰. 高分辨率遥感影像面向对象分类方法研究[D]. 长沙：中南大学，2010

[8] 吴庆双，汪明秀，申茜，等. Sentinel-2遥感图像的细小水体提取[J]. 遥感学报，2022，26(4):781-794

[9] Mcfeeters S K. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7):1 425-1 432

[10] 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

[11] 曹荣龙，李存军，刘良云，等. 基于水体指数的密云水库面积提取及变化监测[J]. 测绘科学，2008，33(2):158-160

[12] 丁凤. 基于新型水体指数(NWI)进行水体信息提取的实验研究[J]. 测绘科学，2009，34(4):155-157

[13] 沈占锋，夏列钢，李均力，等. 采用高斯归一化水体指数实现遥感影像河流的精确提取[J]. 中国图象图形学报，2013，18(4):421-428

[14] 王大钊，王思梦，黄昌. Sentinel-2和Landsat8影像的四种常用水体指数地表水体提取对比[J]. 国土资源遥感，2019，31(3):157-165

[15] 王春霞，张俊，李屹旭，等. 一种基于Landsat8的多波段组合水体指数模型[J]. 测绘通报，2022(5):20-25

[16] 张磊，韩秀珍，翁富忠，等. 基于Sentinel-2A MSI数据的水体信息提取算法对比研究[J]. 激光与光电子学进展，2022，59(12):505-515

[17] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, 1979, 9(1): 62-66