引文格式：胡菡, 厉芳婷, 许文伟. 基于遥感影像的水资源提取精度评价方法研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 65-68. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.016

基于遥感影像的水资源提取精度评价方法研究

胡　菡[1,2]，厉芳婷[1,2]，许文伟[3]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北　武汉　430074；2. 湖北省自然资源厅，湖北　武汉　430071；
3. 武汉永盛祥土地规划咨询有限公司，湖北　武汉　430073）

摘　要：立足于当前生态文明建设的迫切需求，以促进遥感技术在水体提取及其时空变化研究中的应用为目的，经过评价指标的选取、配置，标准参考数据的优化选择，以及评价流程的设计，研究制定了一套基于遥感影像水资源提取的精度评价方法。在此基础上，以基于深度学习的遥感水体提取算法的提取结果为实验数据，选取了湖北省部分水体作为样本，进行了遥感影像水资源提取精度评价方法实验。实验结论符合提取算法的特性，验证了提出的精度评价方法的可行性。

关键词：水体提取；遥感影像；精度评价；水资源监测
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0065-04

Study on Accuracy Evaluation Method of Water Resource Extraction Based on Remote Sensing Image

HU Han[1,2], LI Fangting[1,2], XU Wenwei[3]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping, Wuhan 430074, China;
2. Department of Natural Resources of Hubei Provincial, Wuhan 430071, China;
3. Wuhan Yongshengxiang Land Planning Consulting Co., Ltd., Wuhan 430073, China)

Abstract: Based on the urgent needs of current ecological civilization construction and with the purpose of promoting remote sensing technology application in the study of water extraction and its spatio-temporal changes, we developed a set of precision evaluation methods for water resource extraction based on remote sensing image after selecting evaluation indicators, optimizing standard reference data and designing evaluation process. On the basis of this, taking extraction results of remote sensing water area extraction algorithm based on deep learning as experimental data, we selected some water bodies in Hubei Province as samples to carry out the accuracy evaluation experiment of water resource extraction based on remote sensing image. The experimental conclusion conformed to extraction algorithm characteristics and verified the feasibility of accuracy evaluation method proposed in this paper.

Key words: water area extraction, remote sensing image, accuracy evaluation, water resource monitoring

近几十年来，遥感科学不断发展，遥感技术以客观准确、监测范围广、定期重访的优势为水资源提取及变化研究提供了新的途径。随着遥感影像的空间和时间分辨率的不断提高，遥感影像的复杂度和数据量呈几何级数增加，基于遥感影像的水资源提取成果也变得越来越丰富。

由于不同提取方法判别水体的效果并不相同，对各方法在不同水体提取中的有效性研究也就相对有限。近年来已有学者对水资源遥感提取方法进行了比较研究，从早期采用影像目视解译方法从整体效果、小面积水体提取效果进行比较，逐步发展到利用统计方法对湖面面积、提取面积、水域占比、准确率等总体指标进行比较[1-4]。其比较原则均为衡量水体和非水体的区分度，但均缺少顾及细节的量化评价指标和标准化的精度评价流程，因此需要一套标准统一的精度评价方法，以衡量不同水体提取方法的准确性、可靠性。

1　指标设计与精度评价

1.1　指标设计

基于遥感影像的水资源提取，其结果和实际水体比较无外乎以下 2 种结果：提取正确、提取错误。其中提取错误又可以分为误判和漏判，误判是将非水体

收稿日期：2023-04-01。
项目来源：湖北省自然资源科技项目（ZRZY2022KJ03）。
第一作者简介：胡菡（1986—），硕士研究生，工程师，研究方向为基础地理信息数据的采集、更新及融合方案研究，地图数据处理及其理论研究，E-mail:181157994@qq.com。

提取成水体；漏判是将水体提取成非水体。本研究选取提取正确率、提取误判率、提取漏判率作为水体提取精度的评价指标，在与1.2中选择的标准水体数据进行比对的基础上，完成精度评价。

考虑到水资源提取源数据——遥感影像的栅格特性，本研究利用像素作为精度评价的单元，既顾及到提取结果的细节比较，同时以此来进行比率的计算，获得某水体提取结果的提取正确率、提取误判率、提取漏判率。

有单个的精度评价指标后，还需要考虑如何根据各个指标给出一个综合评价结果。本研究用赋权的方法，为提取正确率、提取误判率、提取漏判率分别配置权重。提取正确率应赋正值权重，提取误判率和提取漏判率则应赋负值权重。权重的配置可根据不同应用场景的需求，进行相应的调整。最终水资源提取精度评价的得分可用以下公式进行计算：

$$S = C \times W_C + E \times W_E + O \times W_O$$

式中，S 为提取精度评价得分；C 为提取正确率；W_C 为正确率权重；E 为提取误判率；W_E 为误判率权重；O 为提取漏判率；W_O 为漏判率权重。

1.2 参考标准选择

判断提取结果的好坏归结于水体与非水体两大类信息的分类精度评价，衡量分类精度的标准至关重要。柯丽娟[5]等根据高分辨率影像提取结果，以Google Earth影像为参照目视解译结果进行精度检验。利用已有遥感影像作为精度评价参考标准是目前主流方法之一，本研究利用与水资源提取源影像同期已有的基础地理信息矢量数据（简称矢量数据）作为精度评价的参考标准。基础地理信息矢量数据包括地理国情监测数据、基本比例尺地形图数据等，其中地理国情监测数据由于更新频次高，更具优势：①由于基础地理信息矢量数据采集和生产流程规范、标准统一，因此利用基础地理信息矢量作为精度评价的参考标准能有效降低使用遥感影像目视解译比对带来的人为不确定性干扰；②矢量数据可根据待评价提取结果的分辨率、数据范围等，在栅格化时指定像元大小、裁切范围以匹配待评价数据的特性，避免了遥感影像重采样时再次降低精度的可能；③直接提取已有矢量数据中的水体数据栅格化后进行精度评价，规范了精度评价的操作流程，也提高了精度评价的效率。

1.3 精度评价流程

基于1.2的分析，采用已有基础地理信息矢量数据作为精度评价的参考标准。根据1.1中评价指标的选取和配置，本研究设计了一套基于遥感影像水体提取精度评价流程，如图1所示。

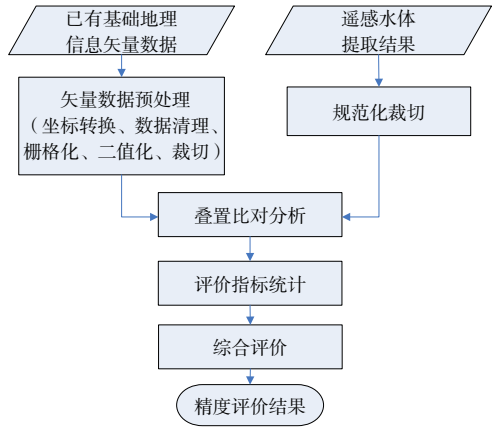


图1 精度评价流程

1）水体提取结果裁切。水体提取结果往往和原始提取影像规格相同，为了便于精度评价，首先对提取结果进行裁切。本研究采用矩形裁切，用包含水体范围的最小外接矩形对水体提取结果进行裁切。

2）矢量数据预处理。矢量数据的预处理工作，是为下一步矢量数据、水体提取结果比对做准备，使矢量数据完全符合水体提取结果的数据标准。

3）叠置比对。以矢量数据预处理后的栅格数据为参照，叠置水体提取结果进行比对。利用栅格计算工具，得出比对结果。结果栅格数据中值为“0”的代表参照数据和提取结果一致，表示提取正确；值为“-1”的代表参照数据为非水体，提取结果为水体，表示水体提取误判；值为“1”的代表参照数据为水体，提取结果为非水体，表示水体提取漏判。

4）指标统计。根据3）叠置对比的结果，统计提取正确率、误判率、漏判率。提取正确率为，对比结果栅格中值为“0”的像元数和对比结果栅格总像元数的百分比；提取误判率为，对比结果栅格中值为“-1”的像元数和对比结果栅格总像元数的百分比；提取漏判率为，对比结果栅格中值为“1”的像元数和对比结果栅格总像元数的百分比。

5）综合评价。根据4）得到的提取正确率、提取误判率、提取漏判率，以及根据应用场景需求配置的权重，利用1.1中的计算公式计算提取精度评价得分，进行综合评价。

2 应用实验

2.1 实验和结果

1）比对和指标统计。湖北省素有“千湖之省”

的美誉，湖泊、河流、水库等水资源十分丰富，项目以湖北省水体为研究对象，使用Landsat遥感影像数据，基于深度学习的遥感水体提取算法，完成了湖北省主要水资源多时相自动提取与制图。本研究基于上述项目成果，选择其中5个水体样本2015年、2020年的提取结果，使用同期地理国情监测成果作为参考标准，利用本文设计的评价指标和评价方法，对提取结果进行精度评价。图2展示了2020年样本1和样本5的评价比对图，表1展示了2015年水体提取精度评价指标统计，表2展示了2020年水体提取精度评价指标统计。

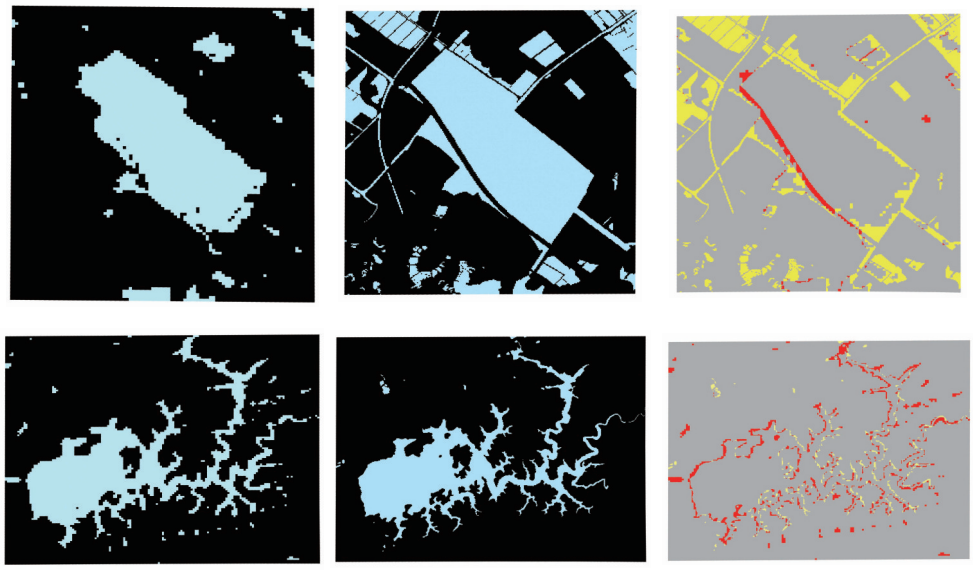


图2　2020年样本1、样本5评价比对

图2中分别展示了2020年样本1提取结果、参考标准数据、精度评价比对图；2020年样本5提取结果、参考标准数据、精度评价比对图。提取结果、参考标准数据中黑色部分像素值为0，代表非水体；蓝色部分像素值为1，代表水体。精度评价比对图中灰色部分像素值为0，则提取正确；黄色部分像素值为1，代表提取漏判；红色部分像素值为-1，代表提取误判。

表1　2015年提取精度指标统计

样本编号	像元总数	正确率/%	误判率/%	漏判率/%
样本1	91 485	70.92	1.81	27.27
样本2	37 539	89.85	3.49	9.81
样本3	116 343	94.18	1.98	5.62
样本4	211 419	95.51	0.52	3.97
样本5	177 408	96.18	1.83	1.98

2）权重配置和综合评价在比对并统计得到各项指标数据后，针对项目的研究目的对评价指标进行权重设计。本研究将样本1、样本3、样本5作为实验组，样本2、样本4作为验证组，以更好地确定并验证指标权重的配置合理性。总体来说误判是将非水体提取成水体，考虑到可能受建构筑物阴影或其他地物影响较大，所以减分权重取值相对低；漏判是将水体提取成非水体，未实现提取目标，减分权重取值相对高。基于此，本研究选取了4种权重配置方案：① $W_C=60$，$W_E=-15$，$W_O=-25$；② $W_C=80$，$W_E=-5$，$W_O=-15$；③ $W_C=100$，$W_E=-15$，$W_O=-25$；④ $W_C=100$，$W_E=-30$，$W_O=-50$。这4种权重配置方案中，前两种权重绝对值相加为100，后两种在正确率权重为100的基础上扣减误判率和漏判率的权重。最后实验对比的结果如表3所示。

表2　2020年提取精度指标统计

样本编号	像元总数	正确率/%	误判率/%	漏判率/%
样本1	91 485	85.29	1.39	13.33
样本2	37 539	86.40	0.22	13.38
样本3	116 343	95.80	0.81	3.39
样本4	211 419	95.73	1.26	4.14
样本5	177 408	94.25	4.35	1.40

表3　权重配置方案对比实验结果

样本编号	方案①	方案②	方案③	方案④
样本1（2015年）	35.46	52.56	63.83	56.74
样本1（2020年）	47.63	66.16	81.75	78.21
样本3（2015年）	54.81	74.40	92.48	90.78
样本3（2020年）	56.51	76.09	94.83	93.86
样本5（2015年）	56.94	76.56	95.41	94.64
样本5（2020年）	55.55	74.97	93.25	92.25

从4种权重配置方案的对比结果可以看出，方案①和②没有充分体现出提取结果较高的“正确率”，

方案④则过度强调“误判率”和“漏判率”的比重。因此选择方案③的权重配置，它既体现了“正确率”的重要性，也适当考虑了“误判率”“漏判率”。同时，样本1为主城区内水体，样本3为远城区水体，样本5为较大面积水体，方案③亦能体现出不同水体样本的提取差异。

最后对方案③的权重配置方案加以验证，即设置提取正确率权重（W_C）=100，提取误判率权重（W_E）=−15，提取漏判率权重（W_O）=−25，按照提取精度评价得分公式：

$$S = C \times 100 - E \times 15 - 0 \times 25$$

验证组样本2为主城区小水体，样本4为大面积水体。利用实验得到的精度评价公式对验证组的两个样本进行综合评价，得到结果如表4。

表4 验证组综合评价得分

样本编号	2015年评价得分	2020年评价得分
样本2	86.87	83.02
样本4	94.44	94.51

验证组的综合评价结果和实验组结论一致，既能充分体现提取结果的“正确率”，也能兼顾提取结果的“误判率”和“漏判率”，且能体现出主城区小水体提取的局限性，和大面积水体提取的优势，符合本实验选用的基础影像和水体提取方法的特性。

2.2 讨论和分析

本研究选择的5个实验水体样本提取的综合评价得分如表5所示。

表5 综合评价得分

样本编号	2015年评价得分	2020年评价得分
样本1	63.83	81.75
样本2	86.87	83.02
样本3	92.48	94.83
样本4	94.44	94.51
样本5	95.41	93.25

可以看出，除样本1、样本2得分较低，其余样本的提取结果精度尚佳。精度评价结果与项目对水体提取结果的预期精度相当，证明了本研究设计的评价指标和评价方法的可行性。分析样本1、样本2评分较低的原因，可能有以下几点：①Landsat遥感影像分辨率较地理国情监测资料影像分辨率差异较大，导致采集和提取精度不一致[6]；②样本1、样本2为城市水体，面积较小，其提取需要中高分辨率的遥感数据，然而本文采用的Landsat系列为中分辨率，所针对的对象一般为较开阔的水域[7]；③样本1、样本2为位于城区内部的小水体，周边建构筑物多、人类活动丰富，可能导致误判率高。

本次实验进行赋权时发现，不同的权重配置对精度评价的结果影响较大，这也从另一方面反映出本研究的精度评价方法可根据不同应用场景配置不同比率的权重，以满足不同的应用需求。在强调提取正确率的场景下，可提高W_C的权重；在容错率低的场景下，提高W_E的权重；在强调提取完整度的场景下，则提高W_O的权重。

3 结 语

本研究立足于当前生态文明建设的迫切需求，以促进遥感技术在水资源提取及时空变化监测等研究中的应用为目标，讨论了基于遥感影像的水资源提取精度评价方法的重要性。在充分研究已有提取方法及其比较研究的基础上，经过精度评价指标的设计和配置，精度评价流程的设计，制定了一套精度评价方法。在此基础上，以基于深度学习的遥感水体提取算法的提取结果作为实验对象，以同期地理国情监测成果作为参照标准，选取了湖北省5个水体作为样本，进行了基于遥感影像的水资源提取精度评价方法的应用实验，通过实验验证了其可行性。

参考文献

[1] 易善桢,王志辉.不同方法在水体遥感提取中的应用实现[J].红外,2007,28(4):1-4

[2] 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(1):111-118

[3] 李爱民.不同指数法在地表水体提取中的效果比较[J].水利信息化,2019(5):34-38

[4] 林剑远,朱弯弯,张璇,等.基于高光谱遥感数据的城市河网水体提取方法比较[J].河北师范大学学报(自然科学版),2018,42(1): 74-80

[5] 柯丽娟,赵红莉,蒋云钟.基于GF-1卫星遥感影像提取水体的方法比较[J].甘肃科技,2015,31(10):18-21

[6] 张毅.遥感影像空间分辨率变化对湖泊水体提取精度的影响[J].湖泊科学,2015,27(2):335-342

[7] 王正.城市水体信息光学遥感提取方法研究进展报告[J].华中师范大学学报(自然科学版),2021,55(4):620-629

[8] 徐兆丰,袁宇欣,彭浩,等.一种面向对象的城市湖泊遥感提取指数[J].地理空间信息,2022,20(1):85-88

[9] 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