نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸، پاییز ۹۹

ارزیابی شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب کرمانشاه)

دریافت مقاله: ۹۷/۳/۱۴ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۹/۶

صفحات: ۷۰-۵۳

صیاد اصغری سراسکانرود: دانشیار، جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[1].
Email: s.asghari@uma.ac.ir
روح اله جلیلیان: دانشجوی کارشناسی ارشد RS & GIS، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
Email: rs_gis_95@yahoo.com
نوشین پیروزی نژاد: دانش آموخته مقطع دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، اردبیل، ایران.
Email: nooshinpirouzi@yahoo.com
عقیل مددی: دانشیار، جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
Email: aghil48madadi@yahoo.com
میلاد یادگاری: دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
Email: yadegari.milad@yahoo.com

چکیده

آب به عنوان یکی از مهم‌ترین نیازهای انسانی برای ادامه حیات منابع آبی می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، بحث مدیریت و بهره‌برداری اصولی از منابع آب به یکی از موضوعات مهم جهانی تبدیل شده است. داده‌های سنجش از دور در اغلب موارد در مطالعات استخراج پهنه‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند و نوع داده‌های سنجش از دور مورد استفاده نیز نقش مهمی در استخراج آب دارند. در این مطالعه به بررسی توانایی ماهواره لندست با اعمال شاخص‌های مربوطه، به میزان استفاده از رودخانه گاماسیاب در استان کرمانشاه و مقایسه این شاخص‌ها پرداخته می‌شود. ماهیت خاص رودخانه‌های کم‌عرض و کم‌عمق باعث افزایش پیچیدگی مطالعات چنین رودخانه‌هایی با استفاده از داده‌های موجود شده است. استخراج آب از تصاویر سنجش از دوری، طی دو دهه اخیر بوده است. شاخص‌های آب در ابتدا با استفاده از سنجنده‌های TM و ETM توسعه یافتند. اما عملکرد بهتر آن‌ها در لندست ۸ به خوبی توسط محققان مستند شده است. در این تحقیق از شاخص‌های NDWI، MNDWI، AWEI_nsh، AWEI_sh و WRI استفاده شد. با استخراج آستانه بهینه از هیستوگرام شاخص‌ها و اعمال این آستانه، منطقه مورد مطالعه به دو کلاس آب و غیر آب طبقه بندی شد. سپس صحت کلی و ضریب کاپا از هر کدام از شاخص‌ها گرفته شد. در پایان نشان داده شد که شاخص AWEI با صحت کلی ۹۹٫۰۹ درصد و ضریب کاپای ۰٫۹۸ بهترین جواب را در بین شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که این رویکرد به راحتی قادر به استخراج آب از تصاویر ماهواره‌ای بوده است.

کلید واژگان: لندست، شاخص آب، طبقه بندی، صحت کلی، ضریب کاپ.

---

۱. **نویسنده مسئول**: اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا. ۰۹۱۰۴۰۲۰۲۵۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

مقدمه

آب بخش مهمی از زندگی انسان است و بدون آن بقای موجودات زنده در این سیاره غیر ممکن می‌باشد. منابع آب شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سدها، چاه‌ها و دریاها می‌باشد. شناسایی مناسب و مدیریت این منابع اهمیت زیادی برای سلامت انسان‌ها دارد (وانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸: ۱). سنجش از دور ابزار بسیار مناسبی برای شناسایی پهنه‌های آبی بوده؛ و از این رو یکی از مزایای شناسایی سطح آب به وسیله تصاویر ماهواره‌ای عدم نیاز به حضور فیزیکی در محل است (اوزیسم و باور[2]، ۲۰۰۲: ۳۸۳). مزایای روش سنجش از دور نسبت به روش‌های میدانی صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها است. سنجش از دور چند طیفی در استخراج و شناسایی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، میزان برف و یخ موجود در سطح به‌کار می‌رود (جاواک[3] و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۹۸). جذب انرژی در طول موج مادون قرمز نزدیک، مهم‌ترین ویژگی آب است. در واقع، بخش کمی از انرژی رسیده به سطح آب بازتابیده می‌شود یا از آن عبور می‌کند. اگر عمق آب زیاد باشد، انرژی قبل از برخورد با کف آب جذب می‌شود و با گل‌آلود شدن آب، قابلیت انتقال و بازتابندگی آن بیشتر می‌شود. این موضوع که آب در باند مادون قرمز نزدیک دارای بازتابندگی کم می‌باشد، به تنهایی باعث شناسایی سطح آب نمی‌باشد و نمی‌توان برای شناسایی انواع پهنه‌های آبی از این خصوصیت استفاده کرد. با پیشرفت فناوری، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود مانند دید وسیع، یکپارچگی، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، امکان به‌کار گیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها و کم هزینه و سریع‌تر بودن تجزیه و تحلیل باعث شده که به این منظور با استقبال خاصی روبه رو شود. رقومی بودن تصاویر ماهواره‌ای از دیگر مزایای آن است که امکان بسیاری از تجزیه و تحلیل‌ها و پردازش‌های کامپیوتری را بر روی تصاویر ماهواره‌ای فراهم می‌کند. اساس استفاده از سنجش از دور، شناسایی و آشکار کردن تغییرات پوشش زمین با استفاده از تغییر در مقدار رادیانس[4] ممکن می‌شود. از این رو شاخص‌ها از مقدار رادیانس و بازتابندگی عوارض مختلف برای شناسایی در باندهای مختلف طیف الکترومغناطیس استفاده می‌کنند. اولین ماهواره‌ای که از آن برای پایش پهنه‌های آبی و سیلاب‌ها مورد استفاده قرار گرفت، سری ماهواره‌های لندست[5] و با استفاده از سنجنده MMS[6] بود، که تصویر برداری خود را از سال ۱۹۷۲ آغاز کرده و جز سنجنده‌های اپتیکال می‌باشد (هندرسون[7]، ۱۹۹۵: ۲۴۲۵). استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در استخراج پهنه‌های آبی در دسترس بودن آن‌ها است. تفاوت در عملکرد شاخص‌های پیشنهاد شده آب بر روی انواع داده‌های ماهواره‌ای توسط بسیاری از محققان داخلی، تحقیق نشده است. در دهه‌های اخیر توجه محققان خارجی به استخراج پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آب معطوف بوده است. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز به مطالعه‌ی شاخص‌های AWEI_sh، AWEI_nsh، MNDWI و NDWI روی تصاویر لندست و

1.Kwang
1.Ozesmi & Bauer
2.Jawak
3.Radiance
4.Landsat
5.Multi Spectral Scanner
6.Henderson

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

سنتینل[۱] پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد عملکرد تصاویر سنتینل در استخراج پهنه‌های آبی بهتر از لندست است. اما از معایب روش آن‌ها این بود که برای محاسبه‌ی صحت کلی و ضریب کاپا از طبقه بندی نظارت نشده استفاده کردند. کاپلن و افدن[۲] (۲۰۱۷) برای استخراج پهنه‌های آبی مناطق شهری و کوهستانی از شاخص NDWI و روش طبقه بندی شی گرا بر روی تصاویر سنتینل ۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر استفاده کردند. نتایج نشان داد ضریب کاپا به مقدار ۰٫۵ نسبت به زمانی که تنها از شاخص NDWI استفاده کرده‌اند افزایش یافته است. سارپا و اوزچلیک[۳] (۲۰۱۷) از شاخص‌های NDWI، MNDWI، AWEI و روش طبقه بندی SVM[۴] برای استخراج آب روی تصاویر TM و ETM استفاده کردند. عملکرد هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از روش پیرسون[۵]، اندازه گیری شاخص شبیه ساز ساختاری[۶] و مجذور میانگین مربعات خطا[۷] مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نیز بر کارایی شاخص MNDWI و روش طبقه بندی SVM تاکید داشت. ژی[۸] و همکاران (۲۰۱۶) تحقیقی در رابطه با آب‌های زلال، گل آلود و آلوده انجام دادند. نتایج نشان داد که AWEI_sh، $NDWI_{4,7}$ و $NDWI_{3,7}$ به ترتیب با صحت کلی ۹۸٫۵۵ درصد، ۹۵٫۵۰ درصد و ۹۶٫۶۱ درصد بیشترین صحت را برای آب‌های زلال، گل آلود و آلوده دارند. بعد از اعمال شاخص‌ها از الگوریتم آتس برای انتخاب آستانه‌ی استخراج آب استفاده کردند. علاوه بر این آن‌ها با مقایسه روش‌های دستی انتخاب آستانه با الگوریتم آتس به این نتیجه رسیدند که الگوریتم آتس قابلیت بهتری برای انتخاب آستانه‌ی استخراج آب دارد. دو[۹] و همکاران (۲۰۱۴) کارایی سه مدل NDWI شامل $NDWI_{5,3}$، $NDWI_{6,3}$ و $NDWI_{7,3}$ را بر روی تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ بر روی حوضه رودخانه یانگ تسه و هوها تست کردند و نشان دادند صحت کلی $NDWI_{6,3}$ که همان شاخص MNDWI است و از باندهای سبز و مادون قرمز میانی استفاده می‌کند نسبت به دو مدل دیگر کارایی بهتری دارد. شریفی و پرنون (۱۳۹۶) به بررسی تغییرات رودخانه‌ی قره‌سو طی دوره‌ای ۶۰ ساله با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای پرداختند، یافته‌ها حاکی از تغییر در همه‌ی پارامترهای هندسی در بخش‌های مختلف رودخانه با تفاوت در نوع و میزان تغییرات است. راهداری و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی قابلیت‌های سنجنده OLI در تهیه نقشه عمق آب و اراضی مجاور گودال‌های طبیعی اطراف هیرمند پرداختند. ابتدا به وسیله‌ی قایق عمق قسمت‌های مختلف را اندازه گیری کردند سپس شاخص‌ها را روی تصویر منطقه مورد مطالعه اعمال کردند. با اعمال رگرسیون خطی بین شاخص‌های تهیه شده و اعماق اندازه گیری شده شاخص MNDWI دارای بیشترین ضریب توصیف با داده‌های عمق برابر ۰٫۸۵ بود. نتایج نشان داد اعماق بین ۴ تا ۶ متر دارای بیشترین سطح می‌باشد. اصغری و پوراحمد (۱۳۹۴) به استخراج رودخانه‌ی زرینه‌رود با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ به علت کاهش دبی رودخانه ایجاد تغییرات مورفولوژیک در

7.sentinel
8.Kaplan & Avdan
9.Sarp & Ozcelik
1.Support Vector Machine
2.Pearson
3.Structural Similarity Index Measure (SSIM)
4.Root Mean Square Error (RMSE)
5.Xie
6.Du

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

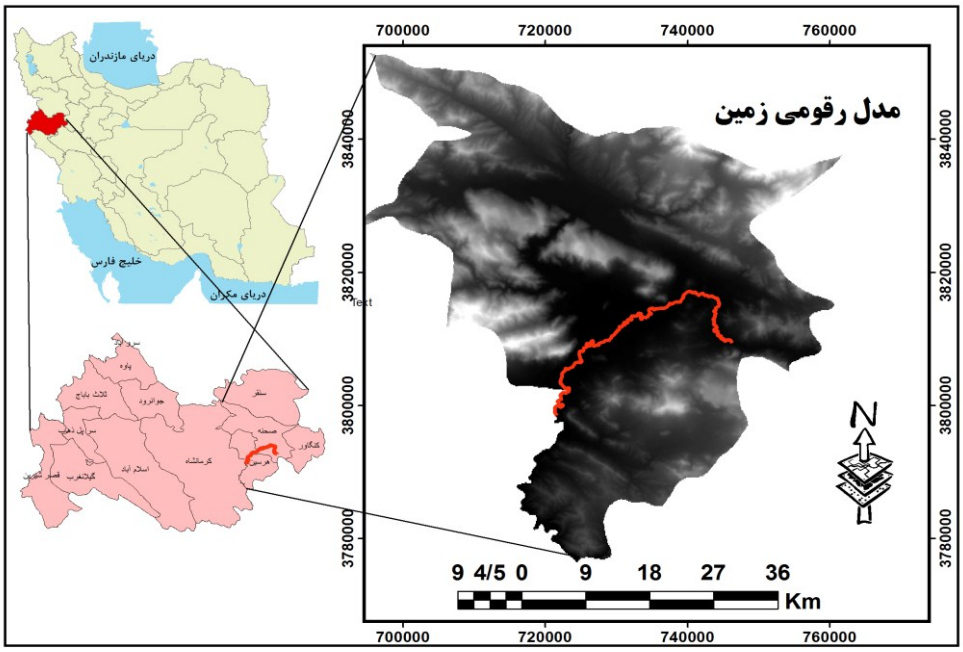
بخش های مختلف بسیار پایین است. نتایج آن‌ها نشان داد جهت تشخیص خط مرزی رودخانه تحلیل مولفه‌های اصلی از روش‌های دیگر کاراتر است. بیشتر مطالعات در مورد رودخانه‌های بزرگ با عمق زیاد صورت گرفته و تحقیقات کمتری در زمینه‌ی رودخانه‌های کم عمق و کم عرض انجام شده است. در رودخانه‌های کم‌عمق و کم‌عرض با پهنای برابر و یا کمتر از یک پیکسل ۳۰ متری لندست، امکان اختلاط داده‌های طیفی عوارض همسایه به‌شدت افزایش می‌یابد و ویژگی‌های بازتابی آب تا حد زیادی از ویژگی بستر رودخانه متاثر می‌شود (طاهریان و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۲). بنابراین نیاز به بررسی عملکرد تکنیک‌های استخراج آب در داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد. در این تحقیق شاخص‌های استخراج آب بر روی تصاویر ماهواره‌ای سری لندست اعمال خواهد شد و با محاسبه آستانه، سطوح آبی از غیر آبی جدا خواهد شد، تا قابلیت‌های داده‌های ماهواره‌ای هر چه بیشتر نمایان شود. صحت کلی و ضریب کاپا معیارهای خوبی برای انتخاب بهترین شاخص می‌باشند علاوه بر آن در این تحقیق از تفسیر بصری می‌توان بهره برد.

روش تحقیق

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

رودخانه گاماسیاب از چشمه‌های آهکی واقع در ۲۱ کیلومتری جنوب شرقی نهاوند واقع در استان همدان از دامنه‌های شمالی ارتفاعات گرین به نام سراب گاماسیاب سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از سمت نهاوند با جهت شرقی – غربی وارد شهرستان‌های کنگاور، هرسین و بیستون کرمانشاه شده و سپس در بیستون با دور زدن کوهستان وارد منطقه فرامان شده و با جهت شمالی جنوبی به مسیر خود ادامه می‌دهد و پس از دریافت آب سایر شاخه‌های فرعی و جریانات سطحی حوضه‌های مجاور به قره‌سو می‌پیوندد. برای انجام این مطالعه یک بازه‌ی ۸۰ کیلومتری از رودخانه انتخاب شده است که در طول جغرافیایی ″۴۳ ′۴۰ ۴۷ تا ″۴۷ ′۲۰ ۴۷ و عرض جغرافیایی ″۴۷ ′۲۳ ۳۴ تا ″۳۸ ′۱۰ ۳۴ قرار گرفته است. شکل(۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]



شکل(۱). منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

اغلب از تصاویر چند طیفی[1] لندست برای استخراج پهنه‌های آبی استفاده می‌شود. در نتیجه، بیشتر روش‌های استخراج آب بر اساس استفاده از داده‌های لندست است (فیزیا[2] و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۵). در این مطالعه نیز از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای ماه می ۲۰۱۷ مصادف با اردیبهشت ۱۳۹۶، تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ برای ماه مارس ۲۰۰۰ مصادف با اسفند ۱۳۷۸ و تصویر ماهواره‌ای لندست ۵ برای ماه می ۱۹۸۷ مصادف با اردیبهشت ۱۳۶۶ با قدرت تفکیک ۳۰ متر استفاده شده است. لازم به ذکر است تصاویر اخذ شده فاقد هرگونه پوشش ابر می‌باشند. علاوه بر این از عکس هوایی سال ۱۳۸۲ با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰، که از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شده و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و داده‌های SRTM ۹۰ متری و همچنین باند پانکروماتیک تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۲۰۱۰ با قدرت تفکیک مکانی ۵/۸ متر هم برای بررسی موقعیت رودخانه استفاده شده است. لازم به ذکر است عکس هوایی منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ مختصات‌دار شده‌اند. در این عملیات از نقاط مشترک در عکس و نقشه توپوگرافی نظیر خطوط جاده‌ای، یال‌های کوهستان و شبکه‌های آبراهه‌ای که در طی این مدت تغییری نداشته‌اند استفاده شده‌است.

1.MultiSpectral
2.Feyisa

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

مواد و روش ها

در فرآیند تصحیحات اتمسفری گام اول محاسبه‌ی مقدار رادیانس می‌باشد و از مقدار رادیانس به فرآیند تصحیحات اتمسفری مورد نظر خواهیم رسید. بدین خاطر تصحیحات اتمسفری انجام می‌شود، که اثر پخش و جذب امواج الکترومغناطیس در محدوده‌ی امواج مرئی و مادون قرمز، از بین برده شود. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار ENVI، تصحیح اتمسفری با روش FLAASH بر روی تصاویر انجام شد. به این معنی که تصویر به رادیانس رابطه (۱) و بازتاب[1] رابطه (۲) تبدیل شد. بعد از نرمال کردن، تصویر برای اعمال شاخص‌ها آماده می‌باشد.

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$$ رابطه(۱)

$$\rho_\lambda = (\pi L_\lambda d^2) / (E_{sun} \cos\theta)$$ رابطه(۲)

در روابط(۲ و ۱) L_λ معرف رادیانس طیفی در بالای اتمسفر، بر حسب $W/(m^2 \times sr \times \mu m)$ (وات بر متر مربع در استرادیان در میکرومتر)، M_L و A_L رادیانس، Q_{cal} باند خام و ρ_λ معرف بازتاب، E_{sun} میانگین بازتابش خورشید بر فراز جو بر حسب $W/(m^2 \times \mu m)$ (وات بر متر مربع در میکرومتر)، θ زاویه اوج[2] خورشیدی بر حسب درجه، d فاصله زمین تا خورشید و π نیز ۳,۱۴۱۵۹۲ می‌باشد. در واقع برای تفکیک آب‌های سطحی از پدیده‌های دیگر، سه روش اصلی وجود دارد: الف) استفاده از اطلاعات باندهای طیفی (راندکست[3] و همکاران، ۱۹۸۷: ۴۹۹) ب) طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده (لو و وانگ[4]، ۲۰۰۷: ۸۴۱) ج) استفاده از شاخص‌های آب (جیانگ[5] و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰۷۱) سهولت اجرا و صحت نتایج حاصل از شاخص‌های آب بیش از دیگر روش‌ها می‌باشد، بنابراین از این روش به‌منظور بررسی آب‌های سطحی استفاده‌ی گسترده‌ای می‌شود.

مفهوم و اصول شاخص‌های استخراج آب مورد استفاده در این تحقیق در زیر توضیح داده شده است:

۱) Normalized Difference Water Index (NDWI)

اولین شاخص پیشنهادی استخراج آب می‌باشد. این شاخص توسط مک فیتز[6] در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد شده است تا آب را در تصاویر و داده‌های سنجش از دوری آشکار سازی کند. وی از باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و سبز برای این منظور استفاده کرد. با توجه به این‌که آب در باند سبز دارای انعکاس بالا و در باند مادون قرمز نزدیک دارای انعکاس پایین است شاخص NDWI به‌صورت رابطه(۳) تعریف می‌شود (McFeeters, 1996):

$$NDWI=\frac{(Green-NIR)}{(Green+NIR)}$$ رابطه(۳)

NDWI با استفاده از این ویژگی آب که در طول موج سبز دارای انعکاس بیشتری نسبت به طول موج مادون قرمز است اثر پدیده‌های غیر آبی هم‌چون خاک و پوشش گیاهی را کم می‌کند. حد آستانه‌ی صفر توسط مکفیتز

3.Reflectance
4.Solar zenith angle
5.Rundquist
6.Lu & Weng
7.Jiang
1.McFeeters

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

پیشنهاد شد که مقادیر مثبت نشان دهنده‌ی آب و مقادیر منفی نشان دهنده‌ی پدیده‌های غیر آبی هم‌چون خاک و پوشش گیاهی است (مک‌فیتز و همکاران، ۱۹۹۶: ۱۴۲۸).

۲) Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI):

ژو[1] با جایگذاری باند مادون قرمز میانی(باند پنجم سنجنده TM) با مادون قرمز نزدیک در فرمول NDWI، به MNDWI رسید. هدف اصلی MNDWI کاهش و حذف نویز ایجاد شده در NDWI بود. معادله‌ای که توسط ژو ارائه شد به‌صورت رابطه(۴) می‌باشد:

$$MNDWI=\frac{(Green-MIR)}{(Green+MIR)}$$ رابطه(۴)

نتایجی که از MNDWI به‌دست می‌آید عبارتند از:

۱) مقادیر مثبت نشان دهنده‌ی آب می‌باشند چرا که آب در باند MIR بیشتر از NIR جذب می‌شود.

۲) مقادیر منفی نشان دهنده‌ی عناصر و پدیده‌های انسان ساخت می‌باشد چرا که این پدیده‌ها در باند MIR نسبت به باند NIR انعکاس بیشتری دارند.

۳) خاک و پوشش گیاهی دارای ارزش منفی هستند (ژو، ۲۰۰۶: ۳۰۲۶).

۳) Automated Water Extraction Index (AWEI):

شاخص استخراج خودکار آب (AWEI) در سال ۲۰۱۴ توسط فیزیا و همکاران برای بهبود صحت طبقه بندی آب در مناطقی که دارای سطوح سایه و تاریک هستند، ارائه شد. آن‌ها از پنج باند لندست در توسعه این شاخص استفاده کردند. هدف AWEI آشکارسازی و بارزسازی آب از سایر پدیده‌ها با اعمال ضرایب مختلف می‌باشد. شاخص AWEI در دو بعد توسعه یافت، یکی برای حذف پیکسل‌های سایه و دیگری حذف پیکسل‌های غیر آب که شامل پدیده‌های تیره‌ی انسان ساخت در مناطق شهری است (فیزیا و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۶). AWEI را می‌توان برای تشخیص آب از غیر آب تحت شرایط محیطی مختلف استفاده کرد (جاواکو همکاران، ۲۰۱۵: ۱۹۹). معادلاتی که توسط فیزیا و همکاران ارائه شد به‌صورت روابط(۶ و ۵) می‌باشد:

$$AWEI_{no\ shadow} = ۴\times(Green-SWIR۱)-(۰,۲۵\times NIR+۲,۷۵\times SWIR۲) \quad (۵)$$

$$AWEI_{shadow} = Blue+۲,۵\times Green-۱,۵\times (NIR+SWIR۱)-۰,۲۵\times SWIR۲ \quad (۶)$$

فیزیا و همکاران شرایطی را مطرح کردند که بر اساس آن AWEI می‌تواند نتایج موثر و کارآمدی را به صورت زیر ارائه دهد:

۱) در شرایطی که مسئله‌ی عمده سایه و پدیده‌های دیگر هم‌چون برف و یخ و آلبیدوی بالای سطوح انسان ساخت است استفاده از AWEI_sh به تنهایی باعث تفکیک آب از پدیده‌های غیر آبی می‌شود.

۲) اگر سایه در تصویر کم باشد استفاده از AWEI_nsh می‌تواند باعث تفکیک آب از سایر سطوح گردد.

۳) زمانی که سطوح دارای آلبیدوی زیاد و سایه هستند استفاده از هر دو AWEI_nsh و AWEI_sh باعث تفکیک و جدا سازی آب می‌شود.

2.Xu

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

۴) زمانی که سطح دارای آلبیدوی بالا نیست و هیچ سایه‌ای وجود ندارد تفاوتی بین AWEI_nsh و AWEI_sh وجود ندارد (فیزیا و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۶).

مقدار آستانه بهینه برای AWEI، همان طور که توسط فیزیا و همکاران توصیه می‌شود، از ۰,۱۵- تا ۰,۰۴۵ متغیر است. در این مطالعه، مقدار آستانه برای ایجاد هماهنگی بین شاخص‌های دیگر صفر در نظر گرفته شده است. در حقیقت بر اساس نتایج تحقیقات ما، انتخاب آستانه‌ی صفر نتایج بهتری نسبت به سایر شاخص‌ها خواهد داشت.

۴) Water Ratio Index (WRI)

شاخص نسبت آب (WRI) یکی دیگر از شاخص‌های آب است که در سال ۲۰۱۰ توسط شین و لی[1] به‌صورت رابطه(۷) تعریف شده است (شین و لی، ۲۰۱۰: ۳):

$$WRI=\frac{Green+Red}{NIR+SWIR1}$$ رابطه(۷)

وجه تمایز و برتری شاخص‌های متفاوت در پایداری آستانه‌ها برای تفکیک پدیده مورد نظر در مناطق و زمان‌های گوناگون است. هر چه این آستانه‌ها پایدارتر باشند، استفاده از شاخص شمول بیشتری می‌یابد و قابلیت کشف تغییرات افزایش پیدا می‌کند. در واقع اهمیت مطالعات کشف تغییرات و افزایش دقت چنین مطالعاتی به پایداری آستانه‌ها در شاخص مورد استفاده وابسته است. استفاده از اطلاعات بازتابندگی سطحی[2] تصاویر به‌جای ارزش‌های رقومی ممکن است آستانه‌های پایدارتری با قابلیت استفاده در مقیاس‌های وسیع برای شاخص‌های مورد استفاده ارائه دهد (فیشر[3] و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۷۳). آستانه‌های هر شاخص با آزمون و خطا و مقایسه با نقشه‌های مرجع و همچنین تفسیر بصری تعیین می‌شوند جدول(۱).

جدول(۱). شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق

شاخص	رابطه	مقدار پیکسل‌های آب	منبع
NDWI	(Green-NIR)/(Green+NIR)	بزرگتر از صفر	McFeeters (1996)
MNDWI	(Green-MIR)/(Green+MIR)	بزرگتر از صفر	Xu (2006)
$AWEI_{no\ shadow}$	4×(Green-SWIR1)-(0.25×NIR+2.75×SWIR2)	بزرگتر از صفر	Feyisa et al(2014)
$AWEI_{shadow}$	Blue+2.5×Green-1.5×(NIR+SWIR1)-0.25×SWIR2	بزرگتر از صفر	Feyisa et al(2014)
WRI	(Green+Red)/(NIR+SWIR1)	بزرگتر از یک	Shen & Li (2010)

1.Shen & Li
1.surface reflectance
2.Fisher

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

صحت سنجی نتایج

صرف اعمال شاخص‌ها و آستانه گذاری نمی تواند معیاری برای مقایسه انواع شاخص‌ها باشد. لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. از این رو ضریب کاپا[1] و صحت کلی[2] معیارهای مناسبی برای این امر می‌باشند. طبقه بندی پیکسل پایه شامل طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده است. در طبقه بندی نظارت نشده پیکسل‌هایی که دارای خواص طیفی مشابه هستند در یک گروه با عنوان خوشه جمع می‌شوند. در این طبقه بندی کاربر تعداد کلاس‌ها را مشخص می‌کند. اما در طبقه بندی نظارت شده کاربر نمونه‌های آموزشی را معرفی کرده و بر اساس این نمونه‌ها طبقه بندی صورت می‌گیرد (کاپلن و افدن، ۲۰۱۷: ۱۴۴). در این تحقیق بعد از طبقه بندی به روش کم‌ترین فاصله[3] ضریب کاپا و صحت کلی برای هر کدام از شاخص‌ها محاسبه شد. صحت کلی که به عنوان یک معیار ارزش گذاری صحت طبقه بندی است از جمع درآیه‌های قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه(۸) به‌دست می‌آید:

$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{k} x_{ii}$$ رابطه(۸)

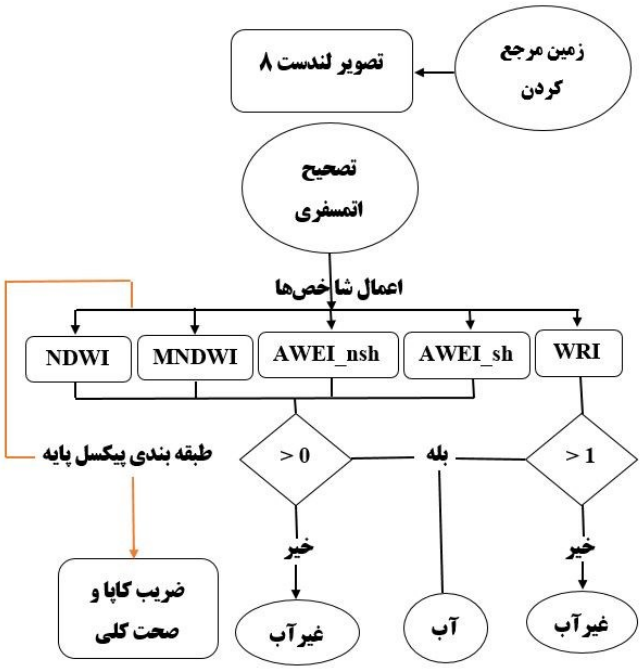
که در آن، OA صحت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum x_{ii}$ مجموع درآیه‌های قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد (جنسن[4]، ۲۰۱۵: ۵۶۹). صحت کلی یک برآورد کلی از صحت طبقه بندی است. از محدودیت‌های این روش این است که پیکسل‌هایی که به اشتباه به طبقه‌ای اختصاص یافته‌اند و پیکسل‌هایی که به عنوان طبقه واقعی خود طبقه بندی نشده‌اند در محاسبه لحاظ نمی‌شوند. ضریب کاپا یک شاخص آماری است که از ماتریس خطا به‌دست می‌آید و صحت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملا تصادفی بیان می‌کند. معادله محاسبه ضریب کاپا به‌صورت رابطه(۹) بیان می‌شود:

$$\widehat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^{k} x_{ii} - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} \times x_{+j})}{N^2 - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} \times x_{+j})}$$ رابطه(۹)

که در آن، $\widehat{K}$ ضریب کاپا، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum x_{ii}$ مجموع درآیه‌های قطر اصلی ماتریس خطا، x_{i+} مجموع سطر i ام در ماتریس خطا و x_{+j} مجموع ستون jام در ماتریس خطا می‌باشد (جنسن، ۲۰۱۵: ۵۶۸). در مواردی که مقایسه صحت طبقه بندی مورد توجه است از ضریب کاپا استفاده می‌شود. دامنه کاپا بین صفر و یک می‌باشد که عدد یک نشان دهنده‌ی همسویی صد درصد نقشه طبقه بندی شده با واقعیت زمینی است. ضریب کاپای بالای ۰٫۸ نشان دهنده قوی بودن و همسو بودن طبقه بندی با واقعیت زمینی است. و اگر این مقدار بین ۰٫۴ تا ۰٫۸ باشد یک طبقه بندی متوسط و کمتر از ۰٫۴ نشان دهنده طبقه بندی ضعیف می‌باشد (جنسن، ۲۰۱۵: ۵۷۰) شکل(۲).

3.Kappa Coefficient
4.Overall Accuracy
5.Minimum Distance
1.Jensen

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]



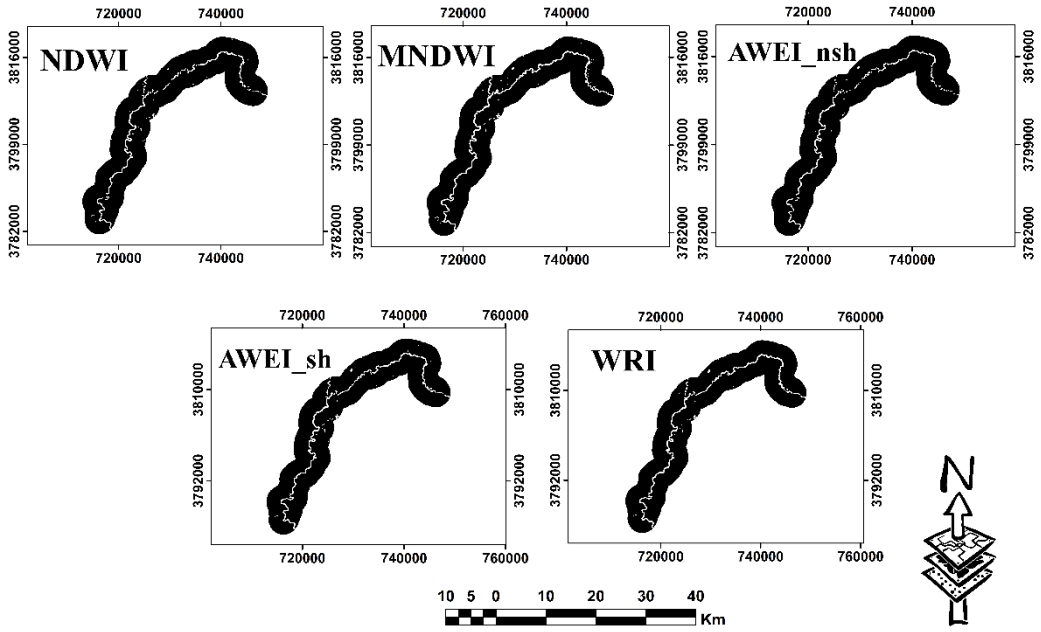
شکل(۲). فلوچارت روش کار

نتایج

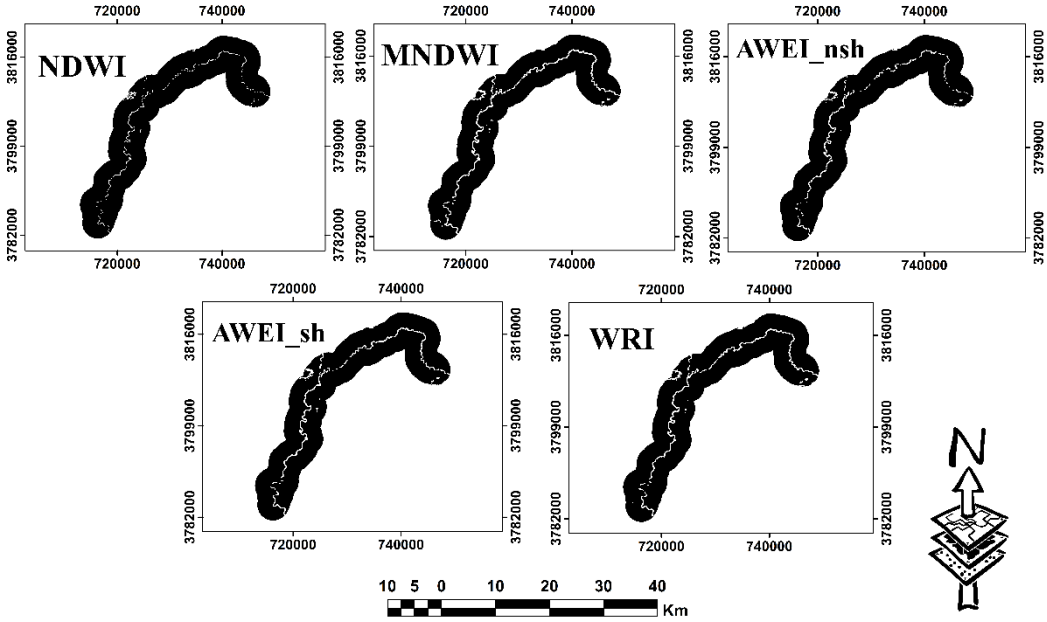
بازتابندگی کم آب‌ها در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک باعث افزایش قابلیت تفکیک این پدیده در این طول موج از دیگر پدیده‌ها می‌شود. در این تحقیق، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر)، از طریق اعمال شاخص‌های: NDWI، MNDWI، AWEI_ no shadow، AWEI_shadow و WRI و با لحاظ آستانه‌های مورد نظر، به صورت دستی برای طبقه بندی تصاویر به دو کلاس آب و غیر آب اعمال شد. و همان طور که در اشکال(۵ - ۳) نشان داده شده، رودخانه گاماسیاب در منطقه مورد مطالعه با شاخص‌های مطرح شده استخراج گردیده؛ که از لحاظ بصری برای هر بیننده‌ای قابل درک می‌باشد. باید خاطر نشان کرد که با تفسیر بصری نقشه‌های تولید شده، آستانه‌های انتخاب شده برای استخراج رودخانه در منطقه مورد مطالعه، مطلوب ارزیابی می‌شود. در این تحقیق چهار شاخص استخراج آب استفاده شد. علاوه بر آن اعمال شاخص‌ها و آستانه گذاری نمی‌تواند معیاری برای مقایسه شاخص‌ها باشد، زیرا تفاوت‌های جزیی به‌صورت بصری قابل تشخیص نیست. نتایج روش شناسی کاربردی نشان می‌دهد که هیچ شاخص آبی نمی‌تواند سطوح آبی را از سطوح سایه و سطوحی که آلبیدوی پایینی دارند جدا کند. در محیط‌هایی، بویژه سایه‌ها که سطوح غیر آب دارای بازتاب طیفی کمی هستند، روشهای طبقه بندی ساده ممکن است پیکسل‌های آب را از پیکسل‌های غیر آب متمایز نکند (ورپورتر[1] و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۰۳۹). در حقیقت استخراج پهنه‌های آبی در مناطقی که پوشش زمینی دارای آلبیدوی پایین است (مانند ساختمان‌ها، آسفالت، سایه‌ها و ابرها) می‌تواند به مقدار قابل ملاحضه‌ای کاهش یابد.

1.Verpoorter

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

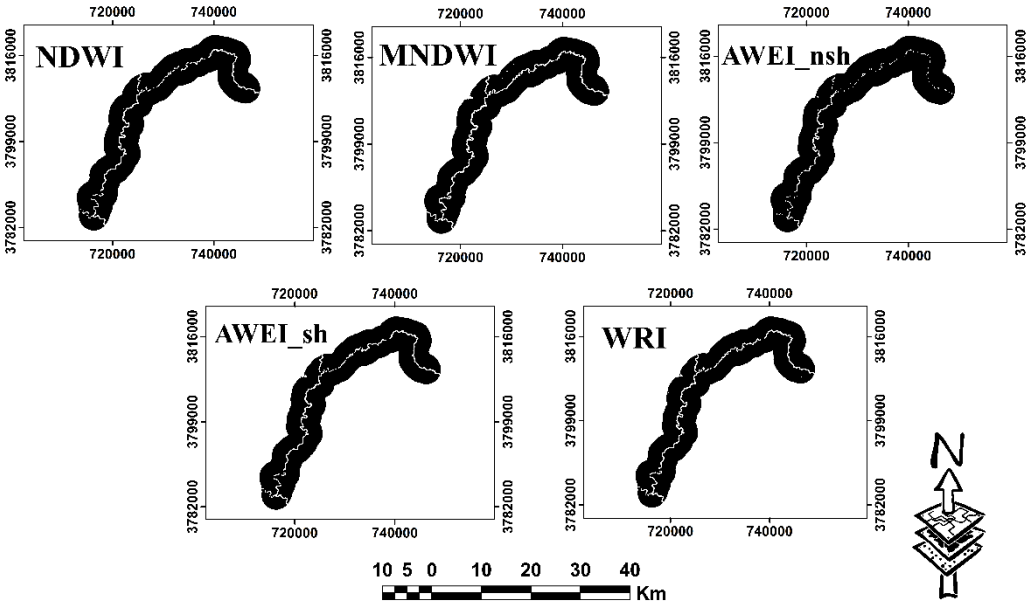


شکل(۳). اعمال شاخص‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه (لندست ۸)



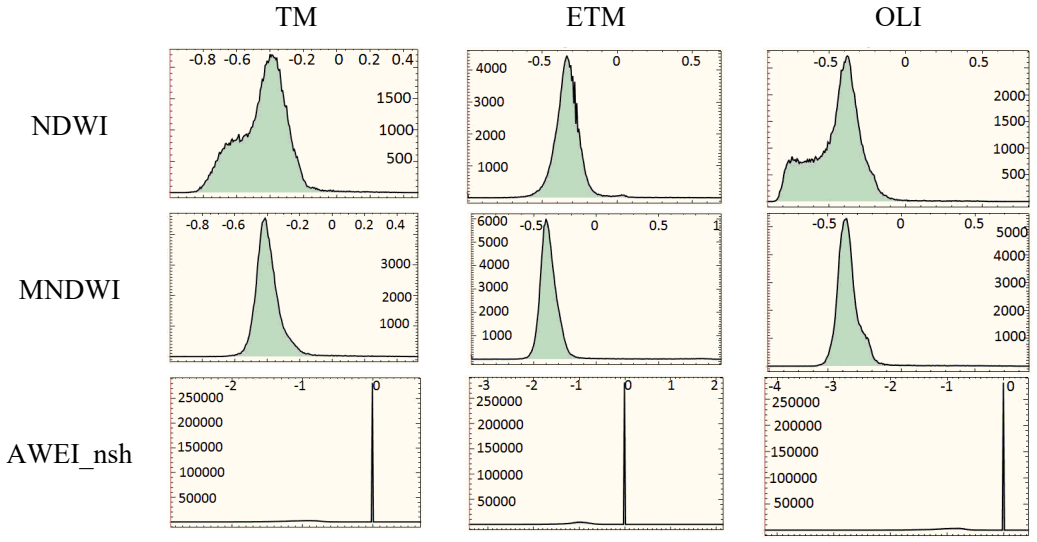
شکل(۴). اعمال شاخص‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه (لندست ۷)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

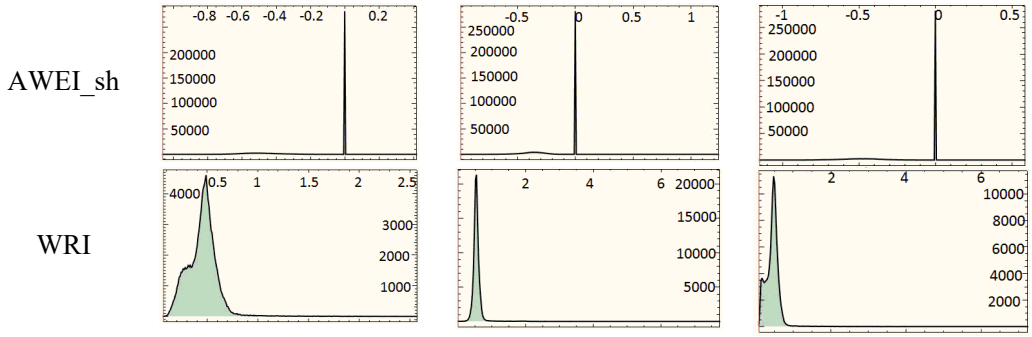


شکل(۵). اعمال شاخص‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه (لندست ۵)

هیستوگرام تصاویر، دامنه و طیفی از سطوح خاکستری را برای شاخص مربوطه را نشان می‌دهد که قله‌ها نشان دهنده‌ی مناطق آبی و مرطوب است. این هیستوگرام‌ها که شاخص‌های طیفی آب را نشان می‌دهند در حقیقت یک پارامتر می‌باشند که از طریق عملیات ریاضی بر روی دو یا چند باند حاصل شده‌اند و بر اساس مشخصات طیفی، یک آستانه مناسب برای جدا کردن دو کلاس (آب و غیرآب) از یکدیگر بر روی تصویر اعمال می‌شود. شکل(۶) هیستوگرام برخی شاخص‌های مطرح شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. باید خاطر نشان کرد که آستانه تعیین شده در پایین هر قله قرار دارد.



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]



شکل(۶). هیستوگرام شاخص‌های اعمال شده در منطقه مورد مطالعه

تحقیقات پیشین نشان می‌دهد هر اندازه واریانس بین عوارض آبی و غیر آبی بیشتر باشد پدیده‌ها بهتر تفکیک شده و احتمال آب بودن عوارض به حداقل می‌رسد (لی[1] و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۵۳۷). در این مطالعه توانایی تصاویر لندست برای استخراج رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در هیستوگرام شاخص‌های AWEI_no shadow و AWEI_shadow واریانس معنی نداشته و فراوانی بقیه نقاط نیز صفر است، سایر هیستوگرام‌ها نیز تقریبا دارای واریانس برابر هستند که اختلاف فاحشی با هم ندارند از نظر تفسیر بصری نیز همان گونه که در شکل(۳) آمده در تمامی شاخص‌ها رودخانه به خوبی استخراج شده است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های ماهواره لندست برای استخراج پهنه‌های آبی منتهی به نتایج مطلوبی می‌شود. در حقیقت تمامی شاخص‌های استفاده شده توانایی خوبی برای استخراج رودخانه در منطقه مورد مطالعه دارند. اما برای انتخاب بهترین شاخص برای استخراج رودخانه صرف اعمال شاخص کافی نیست زیرا تفاوت‌های جزیی با بررسی بصری قابل تشخیص نیست. بنابراین برای انتخاب بهترین شاخص بعد از طبقه بندی به روش کم‌ترین فاصله صحت کلی و ضریب کاپا برای هر کدام از شاخص‌ها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که شاخص AWEI_sh با صحت کلی ۹۹,۰۹ درصد و ضریب کاپای ۰,۹۸ در سنجنده TM و با صحت کلی ۹۸,۱۸ درصد و ضریب کاپای ۰,۹۶ در سنجنده ETM و شاخص AWEI_nsh با صحت کلی ۹۹,۰۹ درصد و ضریب کاپای ۰,۹۸ در سنجنده OLI بهترین جواب را در بین شاخص‌ها به خود اختصاص داده است. این بدان معنی است که این رویکرد به راحتی قادر به استخراج آب از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد اشکال(۶ و ۵).

جدول(۲). صحت کلی و ضریب کاپا

	TM		ETM		OLI	
	صحت‌کلی(درصد)	ضریب‌کاپا	صحت‌کلی(درصد)	ضریب‌کاپا	صحت‌کلی(درصد)	ضریب‌کاپا
NDWI	۹۵,۴۵	۰,۹۰	۹۵,۴۵	۰,۹۰	۸۶,۳۶	۰,۷۲
MNDWI	۹۶,۳۶	۰,۹۲	۹۷,۲۷	۰,۹۴	۹۴,۵۵	۰,۸۸
AWEI_nsh	۸۸,۱۸	۰,۷۴	۹۵,۴۵	۰,۹۰	۹۹,۰۹	۰,۹۸
AWEI_sh	۹۹,۰۹	۰,۹۸	۹۸,۱۸	۰,۹۶	۹۶,۳۶	۰,۹۲
WRI	۹۴,۵۵	۰,۸۸	۹۲,۷۳	۰,۸۳	۹۰	۰,۷۷

1.Li

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

در جمع‌بندی تحقیق فعلی می‌توان روش‌های استخراج آب را به سه گروه تقسیم کرد: (۱) شاخص‌های غیر نرمال آب (۲) شاخص‌های نرمال آب (۳) روش طبقه بندی نظارت نشده. شاخص‌های غیر نرمال آب بر اساس تجزیه و تحلیل‌های طیفی هستند، که بر روی اطلاعات طیفی صورت می‌گیرند که حاصل این تجزیه و تحلیل، نتایجی منطقی است (ژی و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۸۳۲). در این مطالعه از شاخص‌های غیر نرمال WRI و AWEI برای استخراج آب استفاده شده است. در محیط‌هایی که سطوح دارای آلبیدوی پایین و یا همراه با سایه هستند شاخص‌هایی که از دو باند استفاده می‌کنند ممکن است به‌طور دقیق بین پیکسل‌های آب و غیر آب تمایز و تفکیک قائل نشوند. وجود سایه‌ها در تصاویر به علت الگوی بازتابی مشابه با مناطق آبی ممکن است باعث طبقه بندی اشتباه این مناطق شود، و این شباهت دقت استخراج پهنه‌های آبی را کاهش داده و در نتیجه تجزیه و تحلیل‌های بین فواصل زمانی مشخص را تغییر دهد (ورپورتر و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۰۴۱). وجود سایه‌ها در تصویر ممکن است باعث عدم طبقه بندی شود که این امر از شباهت الگوی بازتاب طیفی سایه با آب ناشی می‌شود. این شباهت ممکن است دقت پهنه‌های آبی استخراج شده را کاهش داده و تجزیه و تحلیل بین فواصل زمانی مشخص را تغییر دهد (فری[1] و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۶۴). بنابراین، AWEI را می‌توان برای استخراج آب با دقت بالا، به ویژه در مناطق کوهستانی که دارای سایه هستند و مهم‌ترین منبع خطا برای طبقه بندی به‌شمار می‌روند، را به‌کار برد. هدف اصلی AWEI این است که با استفاده از باندهای مختلف و اعمال ضرایب بین پیکسل‌های آب و غیر آب تمایز قائل شود. عوارضی که دارای آلبیدوی پایینی هستند ممکن است دقت استخراج آب‌های سطحی و آستانه‌ای که برای جدا سازی آب از سایر عوارض سطحی زمین تعریف می‌شود را تغییر دهند. AWEI_nsh برای حذف پیکسل‌های غیر آب، مانند مناطق تاریک و عوارض انسان ساخت ساخته شده است. AWEI_sh با حذف پیکسل‌های سایه‌ای که AWEI_nsh نتوانسته حذف کند صحت کلی را بهبود می‌بخشد. فیزیا و همکاران هدف از ایجاد این شاخص را استخراج آب در حضور انواع مختلف نویزهای محیطی با ارائه‌ی یک آستانه‌ی پایدار بیان کردند. در این تحقیق نیز تاکید بر استفاده از AWEI افزایش جداسازی سطوح آبی و غیر آبی مانند سایه‌ها و عوارض انسان ساختی هم‌چون روستاهای مسیر رودخانه است که الگوی بازتابی یکسانی دارند. هنگام استفاده از روش‌های طبقه بندی نظارت نشده برای استخراج آب می‌توان به تحقیق کلویبر[2] و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد که ابتدا سطح را به ده کلاس طبقه بندی کرده و سپس این ده کلاس را به دو کلاس آب و غیر آب تقسیم کردند. اما شاخص‌های نرمال آب، شاخص‌هایی هستند که به‌طور گسترده برای استخراج پهنه‌های آبی از آن‌ها استفاده می‌شود. در این مطالعه نیز از ترکیب باندهای مختلف برای استخراج رودخانه استفاده شد، به‌عنوان مثال اگر از ترکیبی از باند پنج TM (باند SWIR) و باند دو (باند سبز) استفاده شود می‌توان عوارضی که آلبیدوی پایینی دارند را از آب متمایز کرد. علاوه بر این اگر از باند پنج TM و باند سه (باند قرمز) استفاده شود، می‌توان زمین لخت را به راحتی از آب تشخیص داد. برای ارزیابی عملکرد هر یک از باندهای سنجنده OLI در استخراج آب، ما شاخص‌های نرمال آب را گسترش دادیم و آن‌ها را به دو گروه مرئی و مادون قرمز به‌صورت رابطه(۱۰) تقسیم کردیم:

1.Frey
1.Kloiber

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

رابطه(۱۰) $$NDWI_{nm}=\frac{(\rho_{visible}-\rho_{infrared})}{(\rho_{visible}+\rho_{infrared})}$$

که در آن $\rho_{visible}$ نشان دهنده‌ی مقدار بازتاب در باندهای مرئی (باند ۱ تا ۴) و $\rho_{infrared}$ نشان دهنده‌ی مقدار بازتاب در باندهای مادون قرمز (باند ۵ تا ۷) می‌باشد. لازم به ذکر است باند ۹ که برای تشخیص ابرهای سیروس طراحی شده، در این تحقیق برای استخراج آب مورد استفاده قرار نگرفته است. شاخص‌های نرمال اعمال شده بر روی تصاویر سه سنجنده لندست حاکی از آن است که شاخص $NDWI_{25}$ یا همان شاخص MNDWI در سنجنده ETM با صحت کلی ۹۷,۲۷ درصد بهترین جواب را در بین این شاخص‌ها داشته، علت ضعیف بودن شاخص NDWI نسبت به MNDWI در هر سه تصویر را می‌توان استفاده از باند مادون قرمز (NIR) دانست که بیشتر نشان دهنده‌ی انعکاس پلانکتون[1]هاست. با رشد و تکثیر جلبک‌های پلانکتونی به‌ویژه جلبک‌های آبی-سبز که در بعضی قسمت‌های رودخانه گسترش یافته‌اند یک لایه‌ی سبز رنگ در سطح آب ایجاد می‌کنند که به‌طور جدی مانعی برای استخراج آب در این باند می‌باشد. در حقیقت تغییرات فصلی و روزانه در زاویه خورشید، ترکیبات جوی و تغییرات در خواص بیوفیزیکی و شیمیایی آب مانند، تغییرات فیتوپلانکتون‌ها ممکن است بر الگوی بازتابی آب در باندهای مختلف تاثیر داشته باشد. علاوه بر این دو پارامتر صحت کلی و ضریب کاپا برای شاخص MNDWI مقادیر بالاتری را نسبت به شاخص NDWI نشان می‌دهد و خصوصا در سنجنده‌ی ETM تفاوت اندکی بین AWEI_sh و MNDWI وجود دارد که درستی این مدعا را ثابت می‌کند. ژو نشان داد که شاخص MNDWI در کاهش و از بین بردن نویزهای حاصل از عوارض غیر آبی و استخراج آب نسبت به شاخص NDWI عملکرد بهتری دارد. لی و همکاران نیز در تحقیقی که به مقایسه دو شاخص NDWI و MNDWI بر روی تصاویر TM، ETM و ALI انجام دادند اظهار داشتند که شاخص MNDWI علاوه بر این‌که آب را استخراج می‌کند تواما اثر پوشش گیاهی، خاک و عوارض انسان ساخت را کاهش و حتی حذف می‌کند. فیشر و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعه‌ی خود، به نزدیکی بسیار شاخص‌های مستخرج از دو سنجنده‌ی ETM و OLI در تفکیک آب‌های سطحی اشاره داشتند و با توجه به این نتایج انتظار می‌رود به‌صورت قانونی عمومی برای تمامی مناطق مصداق داشته باشد. MNDWI در مقایسه با NDWI برای تمایز آب در بسیاری از مناطق انسان ساخت و شهری مناسب‌تر است (سارپا و اوزچلیک، ۲۰۱۶: ۳۸۶). NDWI به‌صورت کامل قادر به استخراج آب از سایر عوارض نیست. برای این امر به جای باند مادون قرمز از باند مادون قرمز میانی استفاده شد و شاخص MNDWI به‌دست آمد که در استخراج آب بهتر از شاخص NDWI عمل می‌کند (ژو، ۲۰۰۶: ۳۰۲۸). این نتیجه با تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی داده‌های طیفی سازگار است (جی[2] و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۳۱۱) که نشان می‌دهد استفاده از باند مادون قرمز میانی در شاخص MNDWI به‌صورت مناسب‌تر آب را از سایر پدیده‌ها استخراج می‌کند. در حقیقت مهم‌ترین وجه روش در این تحقیق ارزیابی صحت است. معیارهایی که برای مقایسه شاخص‌ها در این تحقیق استفاده شد صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشد، که قبل از آن طبقه بندی به روش کم‌ترین فاصله با نمونه‌های آموزشی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند انجام شد. آب در باندهای مادون قرمز دارای انعکاس بسیار کمی است اما این فاکتور در باندهای مرئی مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. ما از این ویژگی طیفی آب برای بارزسازی و استخراج

2.plankton
1.Ji

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

آب در تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌کنیم. آستانه‌ی بهینه باید در پایین‌ترین موقعیت قله‌ی هیستوگرام تصویر شاخص انتخاب شود. در این تحقیق همان گونه که در شکل(۷) مشاهده می‌کنید در شاخص WRI این مقدار یک و برای سایر شاخص‌ها مقدار صفر تعیین شده است که مقادیر بیشتر از آستانه تعیین شده (صفر و یک) نشان دهنده‌ی آب و مقادیر کمتر از آستانه تعیین شده نشان دهنده‌ی عوارض غیر آبی است. لازم به ذکر است در مواردی که تصویر دارای کیفیت پایین و تعداد پیکسل‌های مخلوط آب و غیر آب زیاد باشد مقدار آستانه می‌تواند تغییر کند که با استخراج هیستوگرام مربوطه می‌توان به این مقدار دست یافت (لی و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۵۴۴؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۰۷۳). چرا که یک انحراف کوچک از آستانه بهینه منتهی به نتایج اشتباه خواهد شد. در حقیقت ویژگی شاخص اعمال شده و کیفیت تصویر عواملی هستند که بر روی مقدار آستانه تاثیر دارند. صحت کلی به‌دست آمده در اکثر شاخص‌های اعمال شده مقادیر بالا و قابل اعتمادی را نشان می‌دهد که گواهی بر انتخاب مطلوب آستانه‌ها در این شاخص‌ها می‌باشد. همان طور که قبلا گفته شد شاخص‌های غیرنرمال از اطلاعات طیفی تصاویر استفاده می‌کنند که پیچیدگی الگوریتم بیشتری نسبت به شاخص‌های نرمال دارند بنابراین نتایج آن‌ها بهتر از شاخص‌های نرمال است. در این تحقیق نیز شاخص‌های مختلف در محیط نرم افزار ENVI طی دوره‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد شاخص‌های به‌دست آمده نشان داد که شاخص AWEI با صحت کلی ۹۹٫۰۹ درصد دربین تمامی شاخص‌ها بهترین جواب را به ما می‌دهد. آن‌چه که توسط محققین دیگر بیان شده است نشان می‌دهد که صحت نقشه‌های تولیدی به طور مستقیم به تجربه کاربر بستگی دارد. مزیت فرآیندهای استخراج در این تحقیق مبین این است که نویسندگان به ناحیه مورد مطالعه و مورفولوژی رودخانه آشنایی کامل دارند. در این تحقیق هدف اصلی ما تحلیل و ارزیابی شاخص‌های آب برای استخراج رودخانه گاماسیاب در تصاویر سری ماهواره لندست بود. با این حال این یافته‌ها ممکن است برای مناطق دیگر قابل اعمال نباشد.

نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها از حساس‌ترین سامانه‌های محیطی به‌شمار می‌روند که تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آن‌ها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سامانه‌های ژئومورفولوژی نباشد. روش‌های سنجش از دور ماهواره‌ای از روش‌های متداول شناسایی آب‌های سطحی می‌باشند. در این میان تصاویری برای شناسایی پهنه‌های آبی مناسب هستند که از ماهواره‌هایی تهیه شده باشند که دارای باندهای جذبی آب باشند. ماهواره لندست از جمله ماهواره‌های پرکاربرد در این زمینه می‌باشد. با توجه به حد آستانه مناسب و منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شاخص AWEI دارای عملکرد مناسبی بوده و دقت بالایی در شناسایی آب‌های سطحی دارد. آستانه مورد استفاده در این تحقیق از روی هیستوگرام شاخص‌ها استخراج شده که دقت استخراج رودخانه را بالا می‌برد. ضمن این‌که سنجنده OLI به دلیل این‌که قدرت تفکیک رادیومتریکی بالاتری دارد، در انجام این مطالعات قابلیت‌های بیشتری دارد این در حالی است که استفاده از داده‌های رادار هزینه بردار است. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص NDWI نسبت به شاخص MNDWI ضعیف‌تر عمل کرده که علت آن را می‌توان در باند استفاده شده جستجو کرد. علاوه‌بر آن نزدیکی صحت کلی و ضریب کاپای MNDWI به AWEI دلیلی بر قوی بودن این شاخص است. به طور کلی قابلیت دو شاخص مذکور برای تفکیک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

رودخانه‌های کم‌عرض و کم‌عمق مطلوب ارزیابی می‌شود و آستانه‌ی پایدار این شاخص‌ها در فرآیند کشف تغییرات عملکرد موثر و قابل قبولی دارند. باید خاطر نشان کرد که استخراج رودخانه صرفاً با استفاده از تعریف آستانه برای شاخص‌های آب میسر نیست. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده ویژگی‌های طیفی آب و پوشش حاشیه رودخانه بررسی شود تا بتوان بین پیکسل‌های خالص و مخلوط آب تمایز قائل شد. افزون بر این بررسی ویژگی‌های فیزیکی دیگر آب مانند مواد معلق، عمق و جنس بستر در شناسایی رفتار طیفی رودخانه موثر خواهد بود.

منابع

اصغری، صیاد؛ پوراحمد، مهدی. (۱۳۹۴). **شناسایی و استخراج تغییرات رودخانه‌ی زرینه‌رود در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای**، هیدروژئومورفولوژی، (۵): ۱۶-۱.

شریفی، محمد؛ پرنون، فاطمه. (۱۳۹۶). **مورفومتری و بررسی تغییرات مولفه‌های هندسی رودخانه‌ی قره‌سو طی دوره‌ی ۶۰ ساله با تاکید بر پایداری رودخانه**، هیدروژئومورفولوژی، (۱۳): ۶۲-۴۳.

طاهریان، الهام؛ خواستار بروجنی، میلاد و صمدی، حسین. (۱۳۹۴). **مقایسه شاخص‌های آب به منظور تفکیک خودکار رودخانه‌های کم‌عرض و کم‌عمق در تصاویر لندست**، سنجش از دور و GIS ایران، ۷(۴): ۱۱۶-۹۹.

راهداری، وحید؛ ملکی، سعیده؛ راهداری، میثم؛ محمودی، سعید؛ پور ملایی، نیره؛ علیمرادی، محمدرضا؛ آبتین، الهام؛ کدخدایی، مهدی و پورمنافی، سعید. (۱۳۹۵). **تجارب و پیامدهای انتقال آب بین حوضه‌ای در جهان بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی در تهیه نقشه عمق آب و اراضی مجاور ذخیره‌گاههای آبی**، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲(۳): ۱۴۱-۱۳۰.

Du, Z, Li, W, Zhou, D, Tian, L, Ling, F, Wang, H. 2014. **Analysis of Landsat-8 OLI imagery for land surface water mapping**, Remote Sensing Letters, 5(7): 672-681.

Feyisa, G, Meilby, H, Fensholt, R, Proud, S. 2014. **Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery**, Remote Sensing of Environment, 140: 23-35.

Fisher, A, Flood, N, Danaher, T. 2016. **Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia**, Remote Sensing of Environment, 175: 167-182.

Frey, H, Huggel, C, Paul, F, Haeberli, W. 2010. **Automated detection of glacier lakes based on remote sensing in view of assessing associated hazard potentials**, Grazer Schriften Geogr Raumforsch, 45: 261-272.

Henderson, F.M. 1995. **Environmental factors and the detection of open surface water areas with X-band radar imagery**, International Journal of Remote Sensing, 16(13): 2423-2437.

Jawak, S.D, Kulkarni, K, Luis, A.J. 2015). **A Review on Extraction of Lakes from Remotely Sensed Optical Satellite Data with a Special Focus on Cryospheric Lakes,** Advances in Remote Sensing, 4: 196-213.

Jensen, J.R, (2015), **Digital Image Processing**, 4th Edition, University of South Carolina.

Ji, L, Zhang, L, Wylie, B, 2009. **Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(11): 1307-1317.

Jiang, H, Feng, M, Zhu, Y, Lu, N, Huang, J, Xiao, T. 2014. **An Automated Method for Extracting Rivers and Lakes from Landsat Imagery**, Remote Sensing, 6: 5067-5089.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]

Kaplan, G, Avdan, U. 2017. **Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery,** European Journal of Remote Sensing, 50(1): 143-149.
Kloiber, S.M, Brezonik, P.L, Bauer, M.E. 2002. **Application of Landsat Imagery to Regional Scale Assessments of Lake Clarity**, Water Research, 36: 4330-4340.
Kwang, C, Osei Jnr, E.M, Amoah, A.S. 2018. **Comparing of Landsat 8 and Sentinel 2A using Water Extraction Indexes over Volta River**, Journal of Geography and Geology, 10: 1-7.
Li, W, Du, Z, Ling, F, Zhou, D, Wang, H, Gui, Y, Sun, B, Zhang, X. 2013. **A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index TM, ETM+ and ALI**, Remote Sensing, 5: 5530-5549.
Lu, D, Weng, Q. 2007. **A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance**, International Journal of Remote Sensing, 28: 823-870.
Mcfeeters, S.K. 1996. **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**, International Journal of Remote Sensing, 17(7): 1425-1432.
Ozesmi, S.L, Bauer, M.E. 2002. **Satellite Remote Sensing of Wetlands**, Wetlands Ecology and Management, 10: 381-402.
Rundquist, D.C, Lawson, M.P, Queen, L.P, Cerveny, R.S. 1987. **The Relationship between Summer- Season Rainfall Events and Lake- Surface Area**, JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 2: 493-508.
Sarp, G, Ozcelik, M, 2017. **Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey**, Journal of Taibah University for Science, 11: 381-391.
Shen, L, Li, C, 2010. **Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm**, Geoinformatics, 2010 18th International Conference on IEEE.
Verpoorter, C, Kutser, T, Tranvik, L. 2012**. Automated mapping of water bodies using Landsat multispectral data**, Limnology and Oceanography: Methods, 10: 1037-1050.
Xie, H, Luo, X, Xu, X, Pan, H, Tong, X. 2016. **Evaluation of Landsat 8 OLI imagery for unsupervised inland water extraction**, International Journal of Remote Sensing, 37(8): 1826-1844.
Xu, H. 2006. **Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery**, International Journal of Remote Sensing, 27(14): 3025-3033.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.58.3.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.58.53]