نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶

Vol.5, No.2, Summer 2017

۹۹-۱۲۲

مقایسه عملکرد خردـ پیکسلی دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ در تفکیک رودخانه‌های کم عرض و کم عمق

الهام طاهریان[۱]، میلاد خواستار بروجنی[۲*]، حسین صمدی[۳]

۱- کارشناس مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد

۲- کارشناس مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد و دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲

چکیده

نگهداری سدهای مخزنی به‌عنوان یکی از منابع تأمین آب شرب و تولید انرژی دارای اهیمت ویژه است. رسوبات حمل شده توسط رودخانه‌ها با ورود به مخازن سد موجب کاهش عمر مفید آن‌ها می‌شوند. احداث سازه‌های مهندسی در مناطق فرسایش‌پذیر رودخانه یکی از مهم‌ترین اقدامات کنترلی جهت تنظیم جریان رسوبات ورودی به سدها است. شناسایی مناطق پرخطر جهت احداث سازه‌های مهندسی با بررسی ریخت‌شناسی رودخانه با استفاده از فناوری سنجش از دور میسر خواهد بود. استخراج مرز رودخانه به طور معمول با کمک شاخص‌های آب صورت می‌پذیرد. در بین انواع محیط‌های آبی، بررسی رودخانه‌های کم عرض و کم عمق با استفاده از داده‌های چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی متوسط با چالش‌های اساسی روبروست. اختلاط طیفی سایر پدیده‌ها با آب از معضلاتی است که بررسی‌های طیفی به‌منظور تفکیک رودخانه را پیچیده می‌سازد. در این مطالعه به قابلیت خرد پیکسلی کارآمدترین شاخص‌های آب شامل MNDWI و $AWEI_{shadow}$ مستخرج از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، به منظور بررسی تفکیک پیکسل‌های مخلوط آب با استفاده از آماره‌های مختلف صحت‌سنجی شامل نمودار ROC، صحت کلی، صحت کاربر، صحت تولید کننده و خطاهای ارتکاب و حذف پرداخته شده است. نتایج حاصل از صحت‌سنجی کارایی شاخص‌ها برای تفکیک پیکسل‌های خالص آب نشان دهنده قابلیت مناسب هر دو شاخص در تفکیک چنین پیکسل‌هایی است، اما در مورد پیکسل‌های مخلوط آب، شاخص MNDWI نسبت به شاخص $AWEI_{shadow}$ صحت بیشتری کسب کرده است. سهم زیادی از خطای ارتکاب رخ داده برای شاخص MNDWI به بیرون‌زدگی‌های سنگی و برای شاخص $AWEI_{shadow}$ به سایه‌های توپوگرافی مربوط می‌شود. در نهایت نتایج نشان داد استفاده از روش‌های بارزسازی لبه به عنوان یک روش پردازشی کمکی جهت اصلاح خطای ارتکاب، دقت مرز استخراجی رودخانه را تا حد زیادی افزایش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: ریخت‌شناسی رودخانه، سنجنده OLI، پیکسل خالص، پیکسل‌های مخلوط، بارزسازی لبه، صحت‌سنجی

*نویسنده مکاتبه کننده: چهارمحال و بختیاری، بروجن، خیابان نواب صفوی، نواب ۶ پلاک ۴، کدپستی: ۸۸۷۱۶۶۸۴۸۴

تلفن: ۰۹۱۳۲۸۵۲۳۴۷

Email: khastar1365@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

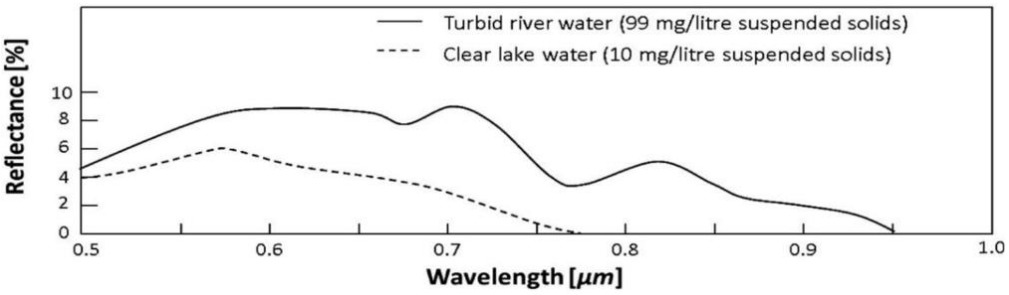
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

۱- مقدمه

رودخانه‌ها مهم‌ترین شکل آب‌های سطحی با ماهیتی پویا و ناپایدار هستند که متأثر از شرایط محیطی خود دستخوش دگرگونی‌ها و تغییر شکل فراوان می‌شوند. شناخت رفتار رودخانه‌هایی که به سدهای بزرگ وارد می‌شوند از دو جنبه اساسی قابل اهمیت است: الف) بار رسوب ورودی به‌عنوان یکی از پارامترهای کاهنده عمر سد و کیفیت آب ذخیره شده مطرح می‌شود که با توجه به نوع رودخانه و بستر آن متغیر است؛ لذا احداث سازه‌های مهندسی در مناطقی با حساسیت فرسایشی زیاد می‌تواند تا حد زیادی در کنترل رسوبات ورودی به سد مؤثر باشد. ب) مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار رودخانه‌ها در شرایط بحرانی سیلاب در صورتی امکان‌پذیر است که شناخت کافی از رفتار این پدیده وجود داشته باشد [۱]. بنابراین شناخت رفتار این پدیده موجب تصمیم‌گیری‌های صحیح مبنی بر اجتناب از احداث مناطق مسکونی، جاده‌ها، پل‌ها و حتی اراضی کشاورزی در مناطق پرخطر خواهد شد. بررسی ریخت‌شناسی رودخانه‌ها و آگاهی از تغییرات آن یکی از پارامترهایی است که می‌تواند بر مدیریت هرچه بهتر مخازن آب تأثیرگذار باشد. ریخت‌شناسی رودخانه یکی از زمینه‌های پژوهشی علم مهندسی رودخانه است که اطلاعات مفیدی در مورد شکل هندسی، فرم بستر، پروفیل طولی، مقاطع عرضی و تغییر شکل آن‌ها در طول زمان به‌دست می‌دهد [۲].

گسترش کاربرد و زمینه‌های استفاده از فناوری سنجش از دور برای کشف تغییرات محیطی در سال‌های اخیر باعث شده است بسترهای مناسب برای ورود این فناوری به شاخه مهندسی رودخانه نیز فراهم شود [۳]. در این بین قدیمی‌ترین آرشیو داده‌های ماهواره‌ای برای ریخت‌شناسی رودخانه‌ها به تصاویر چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی متوسط مربوط می‌شود. تصاویر سری‌های مختلف ماهواره لندست یکی از کامل‌ترین آرشیوها در این زمینه است که قابلیت‌ها و دسترسی عمومی باعث افزایش روزافزون کاربرد آن‌ها در علوم مختلف شده است [۴، ۵ و ۶].

از اساسی‌ترین پارامترها در مطالعات ریخت‌شناسی، تعیین مرز رودخانه در بازه‌های زمانی مختلف است. یکی از متداول‌ترین روش‌ها در این خصوص جداسازی پیکسل‌های آب از سایر پیکسل‌ها با استفاده از شاخص‌های آب در تصاویر چندطیفی است [۷]. اساس توسعه این شاخص‌ها به رفتار طیفی آب در جذب طیف مادون قرمز مربوط می‌شود، اختصاصی بودن این رفتار وجه تمایز یا به‌عبارت دیگر اثر انگشت طیفی پدیده آب است. همان‌طور که در شکل (۱) نیز نشان داده شده است، جذب بیشتر و متعاقب آن بازتاب کمتر در طول موج‌های مرئی و جذب کامل انرژی در محدوده مادون قرمز نزدیک و میانی از بارزترین خصوصیت آب زلال و عمیق هستند [۸].



شکل ۱: مقایسه درصد انعکاس طیفی آب زلال و آب گل‌آلود (به نقل از مالیناسکی و همکاران (۲۰۱۵)).

این ویژگی در مورد آب به‌حدی متمایز کننده است که آب زلال و عمیق به‌راحتی از بقیه پدیده‌ها قابل تفکیک است. ونهلمانت و رادیک (۲۰۱۴) و داگلیاتی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعات خود

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

به این خصوصیت طیفی آب اشاره داشته‌اند [۹ و ۱۰]. از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی که با توجه به این مفهوم گسترش یافته‌اند می‌توان به دو شاخص تفاضل نرمال شده آب اصلاح شده (MNDWI[1]) و شاخص استخراج خودکار آب در مناطق با سایه ($AWEI^{2}_{shadow}$) اشاره کرد [۷].

شاخص MNDWI اولین بار توسط زو در سال ۲۰۰۶ با جایگزینی باند مادون قرمز میانی به‌جای باند مادون قرمز نزدیک در شاخص تفاضل آب نرمال شده (NDWI[3]) توسعه یافت [۱۱]. زو (۲۰۰۶) قابلیت این شاخص را برای تفکیک دریاچه با پس‌زمینه زمین و گیاهان، نواحی ساحلی در کنار مناطق شهری و رودخانه با پس زمینه گیاهان و مناطق مسکونی بررسی کرد. به‌طور معمول مقدار این شاخص برای پدیده‌های غیر آب مانند زمین، گیاهان و مناطق مسکونی منفی است و مقادیر بیش از صفر به آب مربوط می‌شوند. این شاخص اصلاح شده، آستانه‌های پایدارتری نسبت به شاخص NDWI دارد [۱۱].

فیزا و همکاران (۲۰۱۴) یک شاخص استخراج خودکار آب با نام $AWEI^{4}_{shadow}$ برای تفکیک خودکار آب از دیگر پدیده‌ها ارائه کردند [۷]. اشاره به معادل انگلیسی واژه سایه در این شاخص نشان دهنده کارایی این شاخص در تفکیک آب از سایر پدیده‌ها در تصاویر با سایه مناطق کوهستانی، ساختمان‌ها و ابرها دارد.

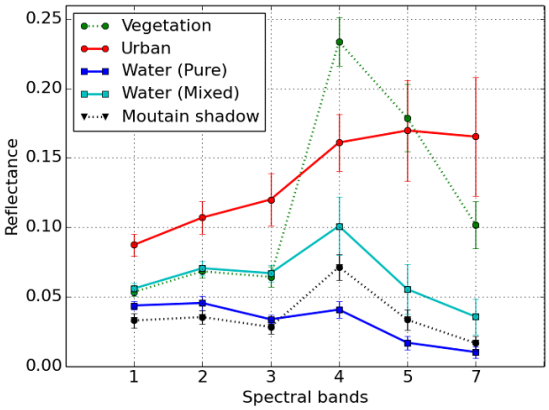
با توجه به پایداری آستانه‌ها، این دو شاخص کاربردهای وسیعی داشته و محققین بسیاری به بررسی محیط‌های آبی[5] با استفاده از این دو شاخص پرداخته‌اند [۱۲، ۱۳ و ۱۴]. از مهم‌ترین مطالعاتی که به مقایسه و صحت‌سنجی عملکرد دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ پرداخته‌اند می‌توان به مطالعه فیزا و همکاران (۲۰۱۴) و فیشر و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد [۷ و ۱۵]. فیزا و همکاران (۲۰۱۴) قابلیت‌های دو شاخص مورد اشاره را در تفکیک محیط‌های آبی شامل مخازن کوچک آب شیرین، دریاچه‌های بزرگ، بنادر و دریا با خصوصیات شیمیایی، گل‌آلودگی، عمق و سیمای ظاهری مختلف کشورهای دانمارک، سوئیس، اتیوپی، آفریقای جنوبی و نیوزلند آزمودند [۷]. فیشر و همکاران (۲۰۱۶) نیز به بررسی و مقایسه مهم‌ترین شاخص‌های آب شامل دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ پرداخته‌اند. در مطالعه این پژوهشگران محیط‌های آبی مختلف مانند دریاچه، مخزن سد، سیلاب‌ها، رودخانه‌های بزرگ و اقیانوس در قسمت شرقی استرالیا مورد توجه قرار گرفته است [۱۵].

با وجود قابلیت زیاد این شاخص‌ها در تفکیک محیط‌های آبی، جیانگ و همکاران (۲۰۱۴) به سه نقطه ضعف اساسی برای روش آستانه‌گذاری شاخص‌های آب اشاره کردند: (۱) عدم کارایی برای شناسایی پیکسل‌های مخلوط، (۲) اختلاط محیط‌های آبی با نویزهای پس‌زمینه و (۳) عدم پایداری مقادیر آستانه برای مکان‌ها و زمان‌های مختلف تصویربرداری [۱۶]. در واقع هر پیکسل ۳۰ متری ماهواره لندست سطحی معادل ۹۰۰ متر مربع را پوشش می‌دهد، لذا طیف انعکاسی از این سطح در بررسی رودخانه‌های کم‌عرض (با عرضی معادل ۳۰ متر یا کمتر) عمدتاً منحصر به محیط آبی نخواهد بود و پدیده‌های دیگر را نیز شامل می‌شود. این اختلاط طیفی عاملی است که می‌تواند کارایی شاخص‌ها در تفکیک محیط آبی را کاهش دهد [۱۱]. علاوه بر این بررسی طیف انعکاسی پدیده‌های مختلف نشان می‌دهد، طیف انعکاسی برخی پدیده‌ها نیز شباهت بسیاری به طیف انعکاسی آب داشته و همین موضوع احتمال

[1] Modified Normalised Difference Water Index
[2] Automated Water Extraction Index
[3] Normalised Difference Water Index
[4] Index Automated Water Extraction
[5] Water bodies

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

خطـای ارتکـاب[1] را افـزایش مـی‌دهـد، شـکل (۲) نشان دهنده رفتار طیفـی پدیـده‌هـایی شـامل پوشـش گیاهی، مناطق شهری و سایه‌های توپوگرافی بـه همـراه آب خالص و آب مخلوط است [۱۶].



شکل ۲: میانگین و انحراف معیار بازتابندگی سطحی پنج نوع پوشش اراضی مختلف (به نقل از جیانگ و همکاران (۲۰۱۴)).

جیانگ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود تحت عنوان ارائه روش استخراج خودکار رودخانه‌هـا و دریاچـه‌هـا از تصاویر لندست به اهمیت پیشبرد روش‌هـای پردازشـی تصاویر در کنار استفاده از آستانه بهینه شاخص‌های آب اشاره داشته‌انـد. در واقـع مطالعـه جیانـگ و همکـاران (۲۰۱۴) از معدود منابع پژوهشی است کـه بـه بررسـی رفتار رودخانه‌های کم عرض و کم عمق (عرضی معـادل یا کمتر از سه پیکسل لندسـت) بـا اسـتفاده از تصـاویر چند طیفی پرداخته است، در ایـن پـژوهش اسـتفاده از روش‌هـای بارزسـازی لبـه بـه عنـوان روش مکمـل آستانه‌گذاری از شـاخص‌هـای آب بـرای افـزایش دقـت استخراج مـرز رودخانـه پیشـنهاد شـده اسـت. در ایـن شرایط استفاده از روش‌های پردازشی خرد پیکسلی[2] نیز می‌تواند کمک زیادی در افزایش صحت نقشـه آب‌هـای سطحی داشته باشد [۱۷]. جیانگ و همکـاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود به اهمیت پـردازش خـرد پیکسـلی اشـاره داشـته‌انـد، امـا در روش پیشـنهادی خـود از این بررسی‌ها صرف نظر نموده‌اند. از مهم‌ترین مطالعاتی کـه بـه بررسـی صـحت خـرد پیکسـلی اسـتخراج مـرز رودخانه پرداخته‌اند می‌توان به مطالعه فیـزا و همکـاران (۲۰۱۴) اشاره کرد. این محققان صحت خـرد پیکسـلی تفکیک پیکسل‌های مرزی مخلوط با توجـه بـه خطـای ارتکـاب و حـذف[3] و در دو طبقـه آب و غیـر آب سنجیده‌انـد و نشـان داده‌انـد شـاخص $AWEI_{shadow}$ بـا اکتساب مقادیر صحت بیشتر در مقیاس خـرد پیکسـلی قابلیت تفکیک آب از سایر پدیده‌هـا را در پیکسـل‌هـای مخلوط افزایش داده است [۷].

در چنین مطالعاتی عـلاوه بـر توجـه بـه روش، انتخـاب منطقه مورد مطالعـه نیـز از اهمیـت زیـادی برخـوردار اسـت. محـیط‌هـای آبـی ماننـد منـاطق شـهری رفتـار پیچیده‌ای نشان می‌دهند، املاح معدنی موجـود در آب، میزان رسوبات معلق، پوشش گیـاهی، عمـق، پوشـش و جنس بستر همه از عواملی هستند که به طور مسـتقیم بـر طیـف انعکاسـی اثرگـذار هسـتند [۱۸]. رودخانه‌های کم‌عرض و کم عمـق پیچیـده‌تـرین رفتـار انعکاسـی را در بـین محـیط‌هـای مختلـف آبـی نشـان مـی‌دهنـد [۱۶]. هـدف از ایـن مطالعـه بررسـی صـحت نتـایج حاصـل از کـاربرد همزمـان روش آسـتانه‌گـذاری شـاخص‌هـای آب، پـردازش‌هـای خـرد پیکسلی و روش بارزسازی عوارض خطـی بـرای تعیـین مـرز رودخانـه‌هـای کـم عـرض و کـم‌عمـق در شـرایط توپوگرافی شدید است که توسط سایر پژوهشگران مورد بررسی قرار نگرفته است. در پـژوهش حاضـر سـعی بـر این است تـا ضـمن بررسـی قابلیـت خـرد پیکسـلی دو شـاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ در تفکیـک آب در پیکسل‌های مخلوط، روند تـداخل بازتـاب طیفـی سـایر پدیده‌ها به‌صورت جامع‌تر از مطالعات پیشین با آب‌های سطحی کم عمق مورد ارزیابی قرار گیرد.

[1] commission
[2] Sub-pixel
[3] omission

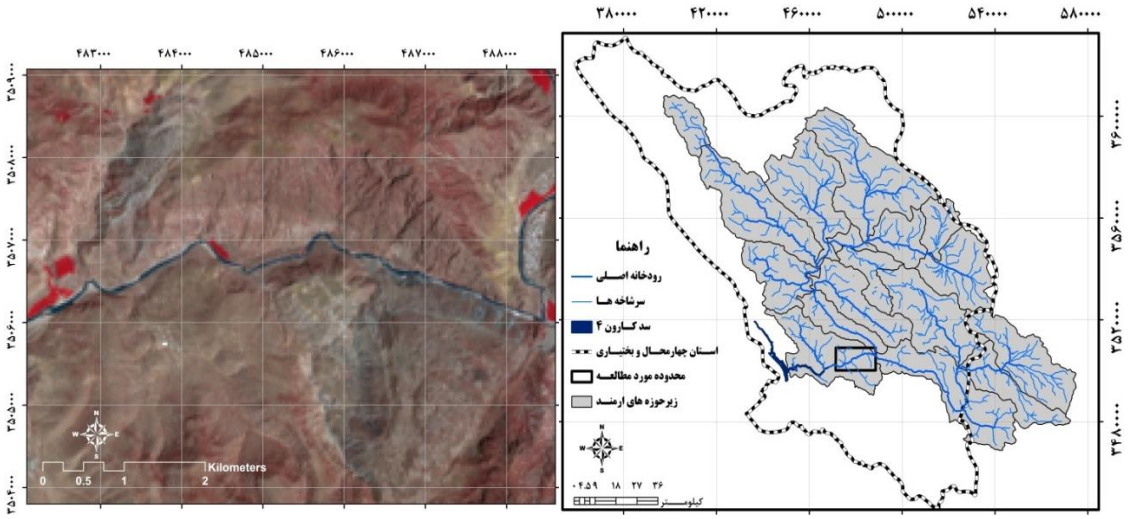
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

۲- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

در ادامه به معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده در تحقیق پرداخته می‌شود.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رشته‌کوه‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه مهم‌ترین و بزرگ‌ترین رودخانه‌های ایران هستند، اما شرایط توپوگرافی منطقه مانع از گسترش عرضی و عمقی این رودخانه‌ها شده است. به‌همین علت است که اکثر رودخانه‌های جاری در این استان به‌ندرت عرضی بیش از ۵۰ متر و عمقی بیش از ۴ متر پیدا می‌کنند. رودخانه آرمند با عرض متوسط حدود ۴۰ متر و عمقی معادل ۴ متر در زمان سیلاب‌های شدید یکی از نمونه‌های بارز چنین رودخانه‌هایی است. حوضه آبریز این رودخانه بسیار گسترده است و قسمت عمده‌ای از مناطق جنگلی و غیرجنگلی استان چهارمحال و بختیاری با وسعت معادل ۹۰۶۲ کیلومتر مربع را در برمی‌گیرد. در این مطالعه مهم‌ترین قسمت این رودخانه به طول ۱۱ کیلومتر در حد فاصل روستای معدن تا روستای دشتینه از دهستان ارمند مورد بررسی قرار گرفته است. این منطقه بین ۴۸۲۰۰۰ و ۴۸۸۰۰۰ متر شمالی و ۳۵۰۴۰۰۰ و ۳۵۰۹۰۰۰ متر شرقی در سیستم مختصات UTM واقع شده است. شکل (۳) موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمایی از منطقه مود مطالعه در محدوده زیرحوزه‌های ارمند به همراه ترکیب رنگی کاذب (NIR, RED, GREEN) ماهواره لندست

علت انتخاب این محدوده تمرکز پوشش‌های مختلف اراضی در این منطقه است. محدوده مورد مطالعه با حداقل ارتفاع ۱۰۰۰ متر و حداکثر ارتفاع ۲۵۹۶ متر دارای توپوگرافی کوهستانی است، از نظر آب و هوایی اقلیم‌های مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب و مرطوب دارد و در محدوده جنگل‌های بلوط قرار گرفته است. آب این رودخانه در مواقع غیر سیلابی زلال است. با توجه به‌اینکه برنج‌کاری در این منطقه رواج دارد، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی در این محدوده به‌صورت متراکم و در کنار رودخانه‌ها گسترش یافته‌اند.

۲-۳- داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره لندست در این مطالعه مربوط به سنجنده OLI لندست ۸ از نوع بازتابندگی سطحی[1] یعنی تولیدات سطح بالا و مربوط به گذر ۱۶۴ و ردیف

[1] Surface reflectance

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

۳۸ هستند که با استفاده از اطلاعات بازتابندگی سنجنده MODIS و توسط نرم‌افزار LEDAPS[1] تهیه شده‌اند. این داده‌ها از پورتال سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده امریکا (USGS) قابل دسترسی هستند. استفاده از اطلاعات بازتابندگی سطحی باعث می‌شود آستانه‌های پایدارتری از شاخص‌های آب قابل استخراج باشد. داده‌های بازتابندگی سطحی پایه‌ای‌ترین پارامتر سطحی در محدوده طول موج‌های انعکاسی خورشید (به طور مثال رنگی و مادون قرمز) هستند که ورودی ابتدایی لازم برای ساخت سایر پارامترهای ژئوفیزیکی مانند انواع شاخص‌ها، آلبیدو، شاخص سطح برگ و غیره را فراهم می‌آورند [۷]. تصحیح ژئودتیک این محصولات به صحت نقاط کنترل زمینی و قدرت تفکیک DEM مورد استفاده برای Orthorectify کردن تصاویر بستگی دارد [۱۹]. تصاویر مورد استفاده در این مطالعه فاقد ابر بوده و در ۱۵ آگوست سال ۲۰۱۳ میلادی منطبق با ۲۴ مرداد ماه سال ۱۳۹۲ شمسی اخذ شده‌اند. علت انتخاب فصل خشک به‌عنوان بازه زمانی مورد مطالعه این است که در طول فصل خشک مرز و الگوی رودخانه بهتر قابل تشخیص است و احتمال وجود تصاویر بدون پوشش ابر افزایش یافته و در نهایت موجب سهولت بررسی‌های طیفی در تفکیک آب از سایر عوارض به ویژه پوشش گیاهی و دیگر شرایط زمین می‌شود. بکی و گن (۲۰۱۲) در پژوهشی پیرامون بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه جامونا، انتخاب تصاویر در فصل خشک را موجب افزایش دقت تعیین مرز رودخانه دانستند [۲۰].

آمار مربوط به دبی، عمق و رسوب رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری ارمند به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری به محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد در فاصله زمانی بین برداشت تصاویر مرجع گوگل ارث و تصاویر ماهواره لندست هیچ یک از این پارامترها تغییر چشمگیری نداشته است و فرض بر این است که شرایط رودخانه از لحاظ عمق، سرعت و وضعیت بستر در پایدارترین حالت ممکن قرار دارد. شکل (۴) روند تغییرات دبی، عمق و رسوب رودخانه را در فاصله زمانی اخذ تصاویر گوگل ارث و لندست نشان می‌دهد.

۳- روش‌ها

شرح کلی روش انجام این پژوهش در شکل (۵) و در قالب نمودار جریان کار نشان داده شده است. اگر این مطالعه به دو بخش اصلی تقسیم شود در یک مرحله به بررسی قابلیت استخراج آب از تصاویر لندست در سطح پیکسل و با استفاده از شاخص‌های آب پرداخته می‌شود و در مرحله دیگر قابلیت خرد پیکسلی این تصاویر همراه با روش بارزسازی عوارض خطی برای تفکیک محتوای آب هر پیکسل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه به تشریح مراحل مختلف انجام مطالعه پرداخته می‌شود.

۳-۱- محاسبه شاخص‌ها

رابطه (۱و ۲) به ترتیب نحوه محاسبه شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ را نشان می‌دهند.

$$MNDWI=(pb2-pb5)/(pb2+pb5) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه pb2 نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند سبز معادل باند ۲ سنجنده TM و pb5 نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند مادون قرمز میانی معادل باند ۵ سنجنده TM است.

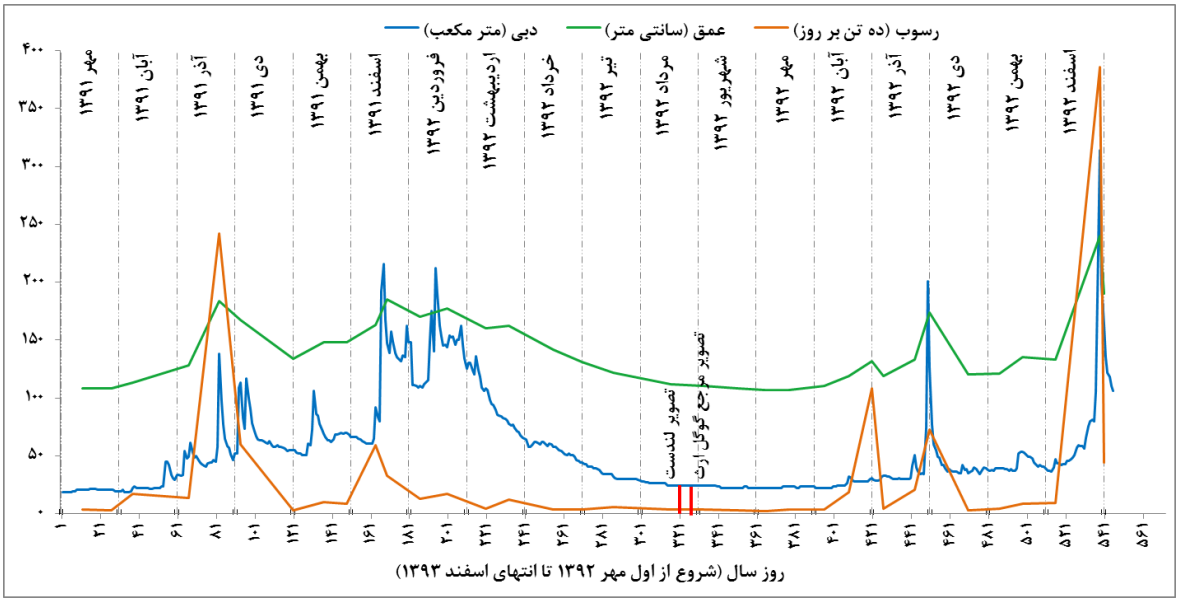
$$AWEI_{shadow}=\rho b1+2.5\times\rho b2-1.5\times(\rho b4+\rho b5)-0.25\times\rho b7 \quad \text{رابطه (۲)}$$

pb1 در این رابطه نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند آبی معادل باند ۱ سنجنده TM، pb2 نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند قرمز معادل باند ۳ سنجنده TM، pb4 نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند مادون قرمز نزدیک معادل باند ۴ سنجنده TM، pb5

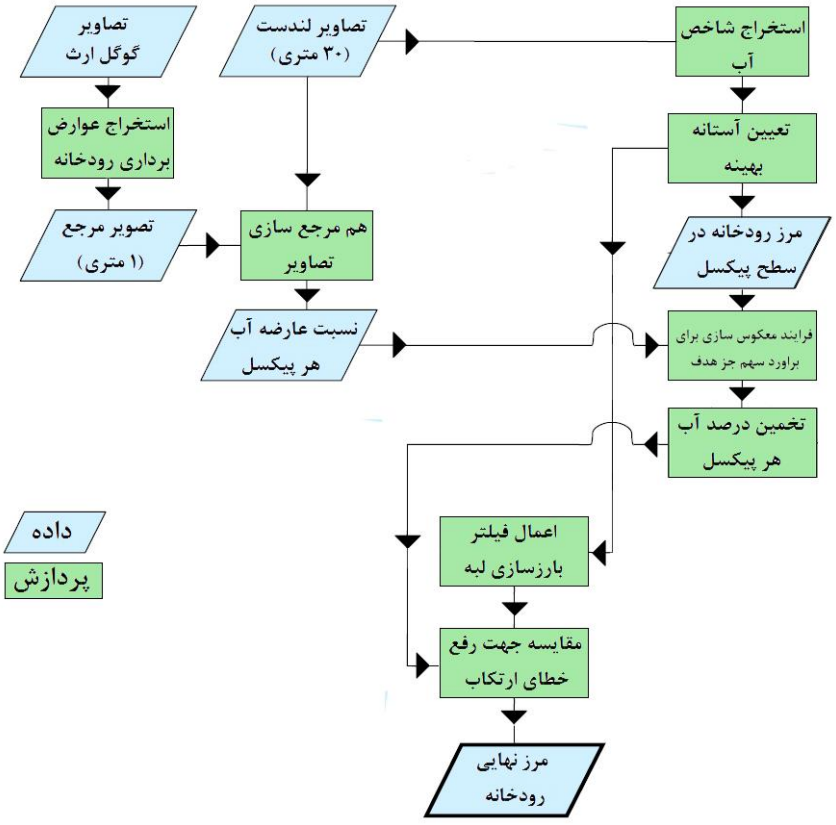
[1] Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند مادون قرمز میـانی معـادل بانـد ۵ سـنجنده TM و در نهایـت pb7 نیـز نشان دهنده بازتابندگی سطحی باند مادون قرمز میـانی معادل باند ۷ همان سنجنده است.



شکل ۴: روند تغییرات دبی، عمق و رسوب در فاصله زمان برداشت تصاویر گوگل ارث و لندست در ایستگاه هیدرومتری ارمند



شکل ۵: نمودار جریان کار برای ستخراج اتوماتیک رودخانه در مقیاس خردـ پیکسل از تصاویر لندست

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

۳-۲- تعیین آستانه بهینه برای استخراج مرز رودخانه در سطح پیکسل

آستانه‌گذاری یکی از روش‌های متداول برای طبقه‌بندی عوارض موجود در تصاویر پس از استخراج شاخص‌ها است [۱۵]. بررسی عملکرد شاخص‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی پیکسل‌های رودخانه با استفاده از روش مقایسه آستانه‌ها با کمک منحنی‌های عملیاتی دریافت کننده (ROC[1]) میسر خواهد بود. محور عرض‌ها در منحنی ROC نشان دهنده نرخ مطلق پیکسل‌هایی است که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و محور طول‌ها بیانگر نرخ مطلق پیکسل‌هایی است که به درستی طبقه‌بندی نشده‌اند.

به‌طور واضح آستانه بهینه، آستانه‌ای است که نسبت نرخ مطلق پیکسل‌های درست به پیکسل‌های نادرست حداکثر باشد؛ این نقطه بالاترین نقطه‌ای است که به سمت چپ نمودار تمایل پیدا می‌کند. محاسبه نسبت سطح زیر هر منحنی برای هر آستانه به کل سطح زیر منحنی نیز نشان دهنده خلاصه آماری از صحت هر شاخص است، به این صورت که شاخص کامل سطحی معادل ۱ و شاخص تصادفی سطحی معادل ۰/۵ خواهد داشت [۲۱].

علاوه بر اطلاعات حاصل از تفسیر منحنی ROC آماره‌های دیگری نیز برای صحت‌سنجی نتایج حاصل وجود دارد. خطای ترکیبی[2]

یکی از این آماره‌ها است [۱۵]. رابطه (۳) نحوه محاسبه این خطا را نشان می‌دهد.

$$\text{Combined Error}=100-TPR+FPR \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه TPR[3] نشان دهنده نرخ پیکسل‌هایی است که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و FPR[4] نیز نشان دهنده نرخ پیکسل‌هایی است که به‌درستی طبقه‌بندی نشده‌اند.

علاوه بر خطای ترکیبی، صحت کلی، صحت تولید کننده، صحت کاربر، خطای حذف و خطای ارتکاب نیز به‌عنوان آماره‌های صحت‌سنجی آستانه بهینه مورد محاسبه قرار گرفتند. با تعیین آستانه بهینه در این مرحله می‌توان مرز رودخانه را در سطح پیکسل استخراج نمود، در ادامه روش‌های تحلیل خرد پیکسلی برای استخراج دقیق مرز رودخانه تشریح می‌شوند.

۳-۳- شناسایی اجزاء هدف در ترکیب طیفی هر پیکسل

در بررسی‌های خرد پیکسلی، استفاده از داده‌هایی با قدرت تفکیک مطلوب‌تر نسبت به تصاویر مورد بررسی باعث می‌شود مرز پدیده‌های مختلف با دقت بیشتری از یکدیگر جدا شده و بر این اساس امکان بررسی جزء هدف در هر پیکسل تصویر فراهم شود [۲۲]. در این مطالعه با این رویکرد و می‌توان نسبت واقعی آب در هر پیکسل را مشخص نمود و مطابق با رفتار طیفی پیکسل‌هایی با نسبت‌های معین اختلاط، در مورد قابلیت تفکیک عارضه آب در هر پیکسل اظهار نظر نمود. بنابراین در مرحله اول به‌منظور استخراج مرز رودخانه در سطح خرد پیکسل از عوارض بُرداری رودخانه ارمند مستخرج از تصاویر گوگل ارث استفاده شد. آخرین تصاویر گوگل ارث موجود از منطقه مورد مطالعه به روز ۱۸ ماه آگوست سال ۲۰۱۳ میلادی (۲۷ مرداد ۱۳۹۲) مربوط می‌شوند. این تصاویر داده‌های مرجع این مطالعه را تشکیل می‌دهند. از آن‌جا که این داده‌ها مبنای سنجش قابلیت خرد پیکسلی شاخص‌ها هستند، لزوم انطباق تاریخ اخذ تصاویر ماهواره‌ای لندست با تاریخ برداشت تصاویر گوگل ارث برای کاهش اریبی ناشی از تغییرات محیط‌های آبی در طول زمان مطرح می‌شود و انتخاب تصاویر در محدوده زمانی یکسان موجب کاهش آثار اتمسفری و اختلاف زاویه تابش و کمینه کردن خطای احتمالی می‌شود

[1] Receiver Operating Characteristics
[2] Combined Error
[3] True Positive Rate
[4] False Positive Rate

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

[۷]. به همین دلیل از تصاویر آرشیوی ماهواره لندست در نزدیک‌ترین تاریخ به تاریخ برداشت تصاویر گوگل ارث استفاده شد. استفاده از تصاویر گوگل ارث به‌عنوان واقعیت زمینی مرسوم نیست و معمولاً از داده‌های تجاری برای تهیه نقشه واقعیت زمینی استفاده می‌شود، اما هزینه زیاد و محدودیت دسترسی به داده‌های ابرمکانی باعث می‌شود در برخی موارد از تصاویر گوگل ارث به عنوان داده مرجع استفاده شود. فیزا و همکاران (۲۰۱۴) و جیانگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز از تصاویر گوگل ارث به‌عنوان مرجع صحت‌سنجی در مطالعات خود استفاده کرده‌اند [۷، ۱۶]. پس از زمین مرجع‌سازی دقیق تصاویر گوگل ارث با کمک نقاط کنترل زمینی و با RMSE حدود ۲ متر، استخراج مرز رودخانه ارمند با روش تحلیل بصری از تصاویر گوگل ارث برای افزایش دقت نتایج انجام شد. شکل (۶) نحوه استخراج بُردار مرز رودخانه را نشان می‌دهد.

پس از استخراج مرز رودخانه از روش تعیین جزء پیکسل برای تعیین نسبت اجزاء (خشکی و آب) در هر پیکسل استفاده شد به این صورت که نقشه بُرداری به سلول[1] با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر تبدیل شد [۲۳]. اعتبار این روش تا حد زیادی وابسته به صحت تصحیحات هندسی داده‌های مورد استفاده دارد [۲۴]. در اینجا عملیات پیش‌پردازشی تصاویر ضرورت می‌یابد ولی از آنجا که تصاویر لندست مورد استفاده در این مطالعه از نوع بازتابندگی سطحی هستند از خطای ناشی از اثرات اتمسفر، شدت روشنایی و هندسه دید به دور خواهند بود [۱۹]، لذا تصحیحات اتمسفری و سنجنده برای این تصاویر ضرورتی ندارد. در مورد خطاهای هندسی نیز سازمان فضایی آمریکا تصحیحات هندسی با دقتی مطلوب‌تر از ۰٫۴ پیکسل را برای آرشیو موجود تصاویر لندست تضمین نموده است [۱۹].

[1] Raster

این میزان دقت برای پردازش‌های پیکسلی کفایت خواهد کرد، اما اطمینان از زمین مرجع و هم‌مرجع‌سازی[2] دقیق‌تر تصاویر لندست و گوگل ارث برای پردازش‌های خرد پیکسلی باعث شد نقشه‌های پوششی کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مبنای بررسی دقت هندسی تصاویر و جمع‌آوری نقاط کنترل زمینی در این مطالعه باشند.

پس از تصحیح هندسی تصاویر لندست مورد استفاده، با توجه به داده‌های بُرداری سلولی شده به تعیین فراوانی اجزا تصویر پرداخته می‌شود. از آنجا که پدیده‌ها در این مطالعه پدیده‌هایی با مقیاس ماکروسکوپی هستند با تقریب خوبی می‌توان رفتار آن‌ها را خطی در نظر گرفت. به‌عبارت دیگر، فرض بر این بوده که سطح هر پیکسل به‌صورت خطی بر اساس نسبت پدیده‌های موجود به چند قسمت تبدیل شده و در مقابل نور تابیده شده به پدیده‌ها به‌صورت خطی پاسخ بازتابی داده است. رابطه در نظر گرفته شده برای این مدل رابطه خطی زیر بوده و هدف یافتن نسبت اجزا یا مقادیر a_i در آن است [۲۵].

رابطه (۴)

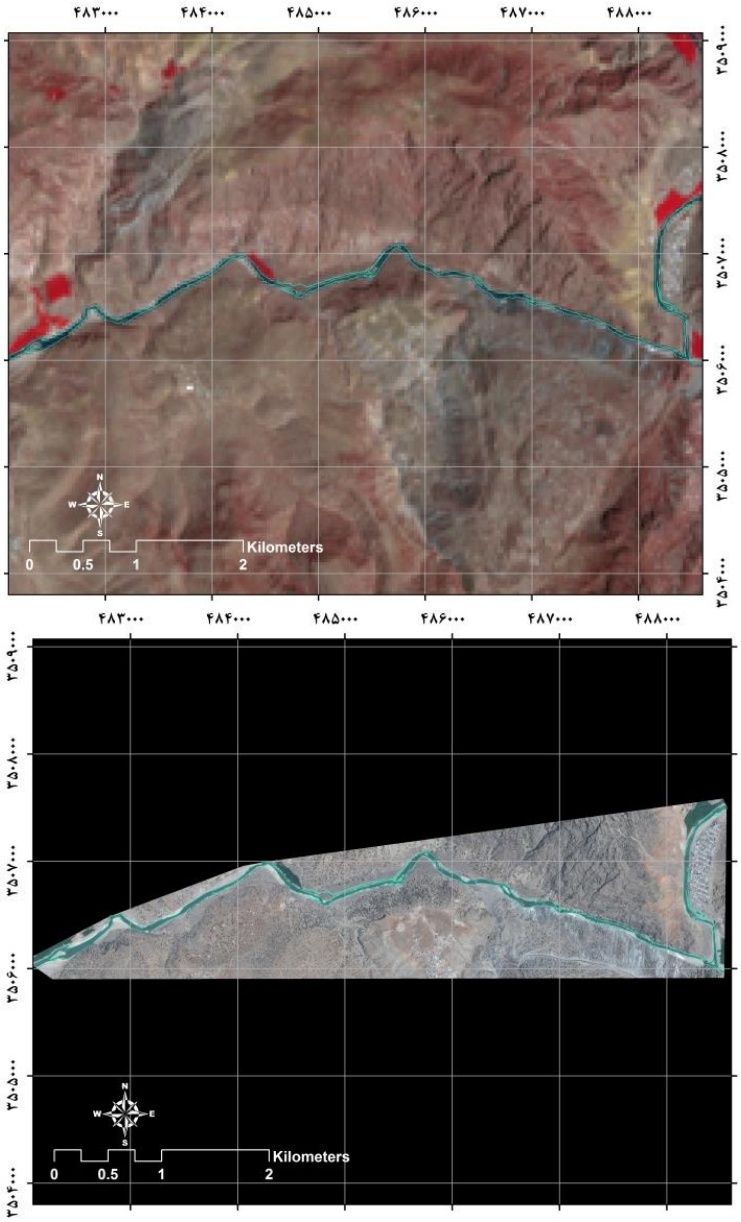
$$X = a_1 s_1 + a_2 s_2 + \cdots + a_M s_M + w = \sum_{i=1}^{M} a_i s_i + w = Sa + w$$

در معادله با M تعداد اجزا تشکیل دهنده ترکیب، S ماتریس اجزای تشکیل دهنده ترکیب و w عبارتست از خطای بوجود آمده در اثر نویز ناشی از سنجنده، خطای مقادیر عددی درنظر گرفته شده برای اجزای ترکیب و سایر مواردی که در مدل‌ها که a_i در نظر گرفته نشده‌اند. در این مدل خطی ترکیب، اگر به مسأله به‌صورت فیزیکی توجه شود مقادیر بدست آمده برای همان نسبت اجزاء هستند نباید عددی منفی باشد و مجموع آن‌ها باید معادل یک باشد [۲۶]. از آنجا که هر پیکسل در لایه برداری سلولی شده مرجع

[2] Registration

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

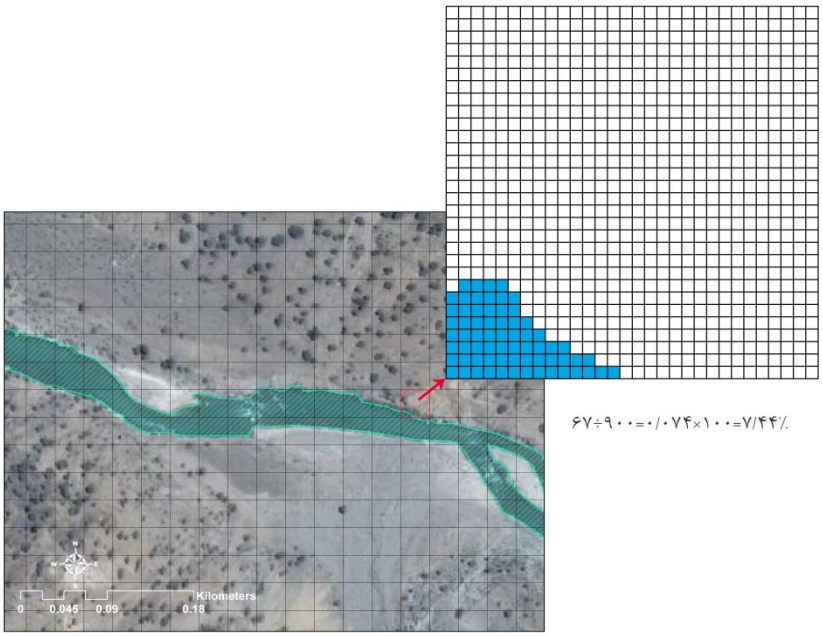
ابعادی معادل ۱ متر مربع دارد، هر پیکسل لندست ۹۰۰ پیکسل سلولی شده را در بر می‌گیرد. برای تعیین نسبت آب در هر پیکسل لندست می‌توان تعداد پیکسل‌های ۱ متر مربعی مربوط به عارضه آب در پیکسل مورد بحث را بر ۹۰۰ تقسیم نمود [۲۷]. شکل (۷) نمای شماتیک پیکسلی را نشان می‌دهد که ٪۷/۴۴ محتوای آب دارد.



شکل ۶: مرز برداری رودخانه: شکل سمت راست تصاویر ماهواره لندست؛ شکل سمت چپ تصویر گوگل ارث

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



شکل ۷: نحوه تعیین نسبت آب در هر پیکسل لندست با استفاده از عوارض برداری مستخرج از تصاویر گوگل ارث

۳-۴- فرایند معکوس‌سازی برای برآورد سهم اجزا

با برازش خط به ابر نقاط بین متغیر مستقل یعنی میزان آب واقعی موجود در هر پیکسل مخلوط و متغیر وابسته یعنی مقدار شاخص آب، رابطه دو متغیر مشخص شده و در صورت وجود همبستگی کافی امکان تخمین آب موجود در هر پیکسل مخلوط فراهم می‌شود. با استفاده از ضریب همبستگی به‌عنوان ابزاری آماری می‌توان به تعیین نوع و درجه رابطه متغیر کمی مستقل با متغیر کمی وابسته پرداخت. این ضریب همبستگی شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می‌دهد. فقط در صورت وجود همبستگی کافی می‌توان مقدار آب موجود در هر پیکسل را با توجه به میزان شاخص آب همان پیکسل تخمین زد.

۳-۵- اعمال روش‌های بارزسازی لبه برای کاهش اثر خطای ارتکاب

با استفاده از روش‌های خرد پیکسلی در صورت وجود همبستگی کافی بین آب موجود در هر پیکسل و ارزش شاخص می‌توان به تقریب میزان آب هر پیکسل پرداخت. تا این مرحله قابلیت تخمین آب موجود در هر پیکسل بوجود می‌آید اما همچنان شباهت رفتار طیفی پیکسل‌های مخلوط آب با سایر پدیده‌ها باعث می‌شود امکان رخداد خطای ارتکاب در طبقه‌بندی عوارض وجود داشته باشد. این نقیصه به رفتار طیفی پدیده‌ها بازمی‌گردد و استفاده از روش‌های خرد پیکسلی نمی‌تواند در رفع این خطا مؤثر باشد. برای کاهش خطای ارتکاب در این مطالعه از روش‌های بارزسازی لبه استفاده شد. اعمال این روش‌ها باعث استخراج اطلاعات با فرکانس زیاد و در نهایت ایزوله و یا تشدید نمودن جزئیات محلی شامل عوارض خطی مثل رودخانه می‌شود [۲۸]. با این رویکرد می‌توان به تفکیک مرز دقیق رودخانه در مناطقی که خطای ارتکاب دقیقاً در حاشیه عارضه خطی رودخانه رخ داده است، پرداخت. در این مطالعه از فیلتر لاپلاسین[1] استفاده شده است [۲۹]. از اپراتور لاپلاسین

[1] Laplacian

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

مطابق رابطه (۵) برای محاسبه مشتق دوم تابع (تصویر) $f(x,y)$ استفاده می‌شود:

رابطه (۵) $$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

لاپلاسین در فضای گسسته تصویر به این صورت محاسبه می‌شود:

رابطه (۶)

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1,y) + f(x-1,y) - 2f(x,y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x,y+1) + f(x,y-1) - 2f(x,y)$$

$$\nabla^2 f = f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)$$

این فیلتر بدون توجه به جهت لبه عمل می‌کند. فیلتر لاپلاسین به‌وسیله کرنلی[1] با ارزش مرکزی حداکثر که توسط وزن‌های منفی در جهت شمال به جنوب و شرق به غرب و ارزش صفر در گوشه‌های کرنل احاطه شده است، بر ارزش‌های حداکثری موجود در تصویر تأکید می‌کند [۳۰].

۴- نتایج و بحث

در این بخش به ارائه ارزیابی های مختلف از نتیجه صحت سنجی عملکرد شاخص های می پردازیم.

۴-۱- ارزیابی پیکسل‌های خالص

نتایج صحت‌سنجی عملکرد دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ در تفکیک پیکسل‌های خالص آب با استفاده از نمودار ROC و سایر آماره‌های صحت سنجی در شکل (۸) و جدول (۱) ارائه شده است.

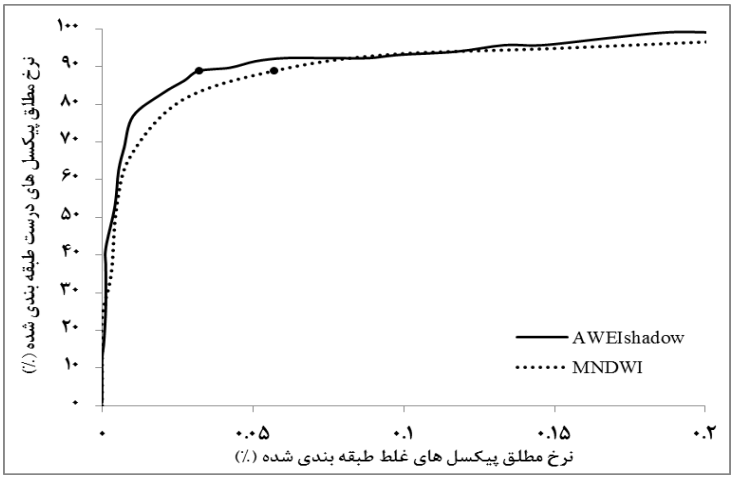
با توجه به نمودار ROC نمایش داده شده در شکل (۸) مشاهده می‌شود که آستانه بهینه برای هر دو شاخص تا حد بسیار زیادی به سمت بالا و چپ نمودار متمایل شده است، این موضوع نشان دهنده این است که هر دو شاخص توانایی زیادی در تفکیک پیکسل‌های خالص آب دارند. با توجه به نرخ مطلق پیکسل‌هایی که به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند، شاخص $AWEI_{shadow}$ توانسته تا حدود ۹۰٪ پیکسل‌ها را به‌درستی به طبقه آب خالص هدایت کند این در حالی است که همین نرخ برای شاخص MNDWI حدود ۸۹٪ است. از سوی دیگر با توجه به تمام آماره‌های صحت‌سنجی جدول (۱) می‌توان گفت، شاخص $AWEI_{shadow}$ در مقایسه با شاخص MNDWI صحت نسبی بیشتری در تفکیک پیکسل‌های آب خالص داشته است.

نکته قابل توجه در تفسیر نتایج صحت‌سنجی به بررسی علت رخداد خطای ارتکاب مربوط می‌شود، در واقع خطای ارتکاب برای هر دو شاخص به پیکسل‌هایی مربوط می‌شود که محتوای آب بسیار زیادی (به‌طور متوسط بیش از ۸۵٪) داشته‌اند و به میزان بسیار محدود با سایر پدیده‌ها اختلاط پیدا کرده‌اند. این بدین معنا است که محتوای بسیار زیاد آب در این پیکسل‌ها باعث شده طیف بازتابی به طیف آب خالص نزدیک باشد. در مورد پیکسل‌های خارج شده از طبقه آب که معمولاً با خطای حذف مورد بحث قرار می‌گیرند، می‌توان محدودیت عمق (در برخی مناطق تا چند سانتی‌متر) و تداخل شدید طیفی با ویژگی‌های بستر رودخانه را در کسب این نتایج مؤثر دانست.

[1] kernel

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



شکل ۸: صحت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به پیکسل‌های آب خالص رودخانه برای آستانه‌های مختلف با استفاده از نمودار ROC

جدول ۱: نتایج آماری صحت‌سنجی طبقه‌بندی پیکسل‌های خالص آب با استفاده از شاخص‌های مختلف

پارامتر	تعداد پیکسل‌ها	$AWEI_{shadow}$	MNDWI
سطح زیر نمودار ROC (٪)	۱۶۵۲۸۸	۹۹٫۹۷	۹۹٫۹۵
آستانه بهینه شاخص	۱۶۵۲۸۸	۴۲۶	۰٫۰۵
خطای ترکیبی	۱۶۵۲۸۸	۱۱٫۱۴	۱۱٫۱۷
صحت کلی (٪)	۱۶۵۲۸۸	۹۹٫۹۶	۹۹٫۹۴
صحت تولید کننده طبقه آب (٪)	۱۶۵۲۸۸	۶۶٫۲۴	۵۲٫۵۳
صحت کاربر طبقه آب (٪)	۱۶۵۲۸۸	۸۸٫۸۹	۸۸٫۸۹
خطای حذف (٪)	۱۱۷	۱۱٫۱۱	۱۱٫۱۱
خطای ارتکاب (٪)	۱۶۵۱۷۱	۰٫۰۳۲	۰٫۰۵۷

هیستوگرام مقادیر شاخص‌های آب برای پیکسل‌های خالص آب نیز نشان دهنده قابلیت بسیار زیاد تفکیک‌پذیری بین آب خالص و سایر پیکسل‌های غیر آب است. این هیستوگرام در شکل (۹) نمایش داده شده است.

در این هیستوگرام قله‌ها مکان تراکم و تمرکز مقادیر مربوط به پیکسل‌های مرجع آب خالص و پیکسل‌های خالص غیر آب را نشان می‌دهند و خطوط نقطه چین سبز رنگ نشان دهنده آستانه‌های بهینه برای طبقه‌بندی پیکسل‌های آب هستند. همان‌طور که این شکل دیده می‌شود آستانه بهینه در واقع مرز مشخص بین پیکسل‌های خالص آب و خالص غیر آب است. رفتار طیفی متمایز آب خالص و پدیده‌های غیر آب باعث می‌شود آستانه بهینه مرز کاملی برای تفکیک پدیده هدف یعنی آب خالص ایجاد کند. این نتایج نشان می‌دهد عملکرد این دو شاخص در تفکیک پیکسل‌های خالص آب در عمل به شاخص کامل[1] بسیار نزدیک است.

۴-۲- ارزیابی پیکسل‌های مخلوط با مدل‌سازی اثرات پس زمینه

جداسازی پیکسل‌های مخلوط رودخانه از سایر پیکسل‌ها و استخراج میزان آب در این پیکسل‌ها مسئله

[1] Perfect index

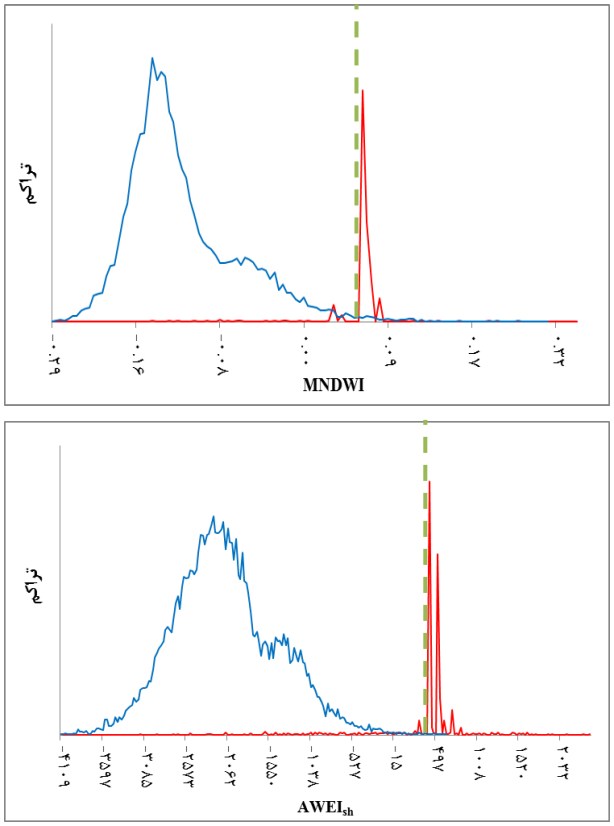
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

اساسی در این مطالعه است. فیشر و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود عنوان کردند یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث تعدد پیکسل‌های مخلوط می‌شود نسبت محیط به مساحت بدنه آبی است. در واقع کاهش این نسبت باعث افزایش تعداد پیکسل‌های مخلوط در حاشیه محیط‌های آبی می‌شود و به‌طور مشخص حداکثر این نسبت به رودخانه‌ها اختصاص دارد. در این مطالعه نیز نسبت قابل توجهی از پیکسل‌ها به پیکسل‌های مخلوط مربوط می‌شود و از این لحاظ شاخص بهینه باید قابلیت مناسبی در تفکیک این پیکسل‌ها از پیکسل مربوط به سایر پدیده‌ها داشته باشد. مدل‌سازی عملکرد دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ در مقیاس خرد پیکسل، راهی برای تفکیک آب رودخانه از پس زمینه است. در واقع انتخاب مدلی که بتواند باعث شناسایی اثرات پس زمینه با توجه به مقدار شاخص‌ها شود، نقش مهمی در سهولت جداسازی قسمت‌های ادغام شده رودخانه از سایر عوارض دارد. بررسی عملکرد خرد پیکسلی شاخص‌ها با برازش منحنی و انتخاب معادله خطی با بیشترین همبستگی بین پیکسل‌های مخلوط انجام شد تا بر اساس مقدار شاخص بتوان درصد آب موجود در هر پیکسل را مشخص کرد. شکل (۱۰) معادله خطی را نشان می‌دهد که با توجه به عوارض مخلوط در محدوده مورد مطالعه برای شاخص MNDWI برازش یافته است.

رابطه (۷) رابطه خط برازش یافته برای شاخص MNDWI را نشان می‌دهد.

رابطه (۷) $y=129.11x+68.665$

در این رابطه y یا متغیر مستقل نشان دهنده درصد آب موجود در هر پیکسل و x یا متغیر وابسته نشان دهنده میزان شاخص MNDWI است.



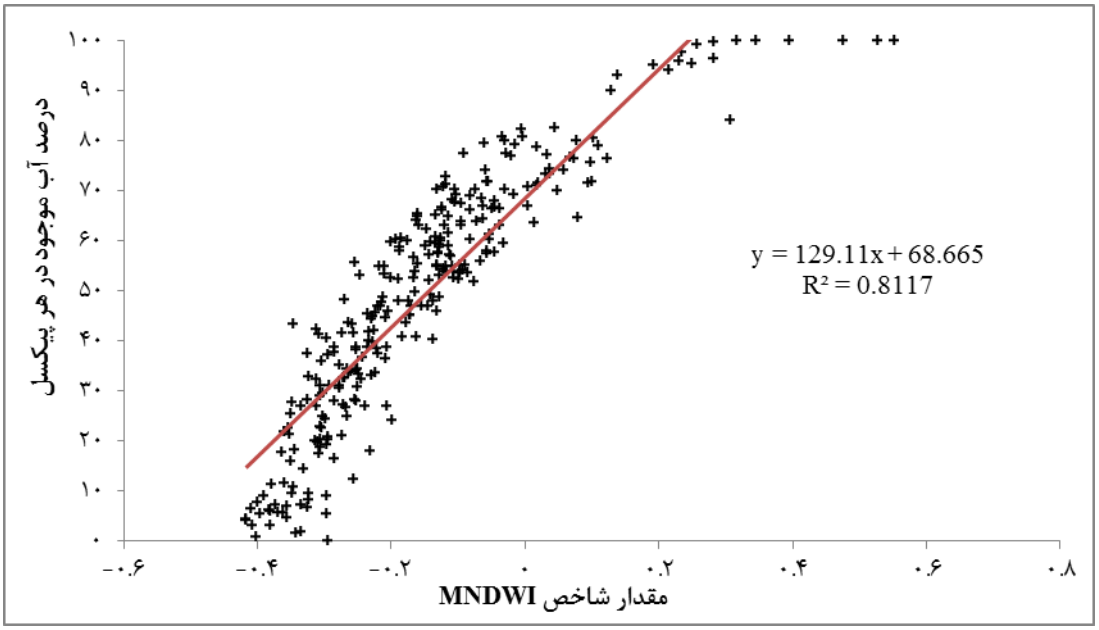
شکل ۹: هیستوگرام مقادیر شاخص‌های آب برای پیکسل‌های مرجع آب خالص (قرمز) و خالص غیر آب (آبی).

میزان همبستگی (R^2) گزارش شده برای این معادله معادل ۰٫۸۱۱۷ است. در ادامه رابطه فوق با کمک ۲۰ درصد باقی مانده داده‌ها صحت‌سنجی شد، نتایج حاصل از تعیین خطای جذر میانگین مربعات (RMSE[1]) به‌عنوان شاخص ارزیابی این رابطه نشان می‌دهد مقدار این خطا برای شاخص MNDWI معادل ۱۲٫۰۸ است و درصد خطای مشاهدات نیز معادل ۲۰٫۲۹ درصد است.

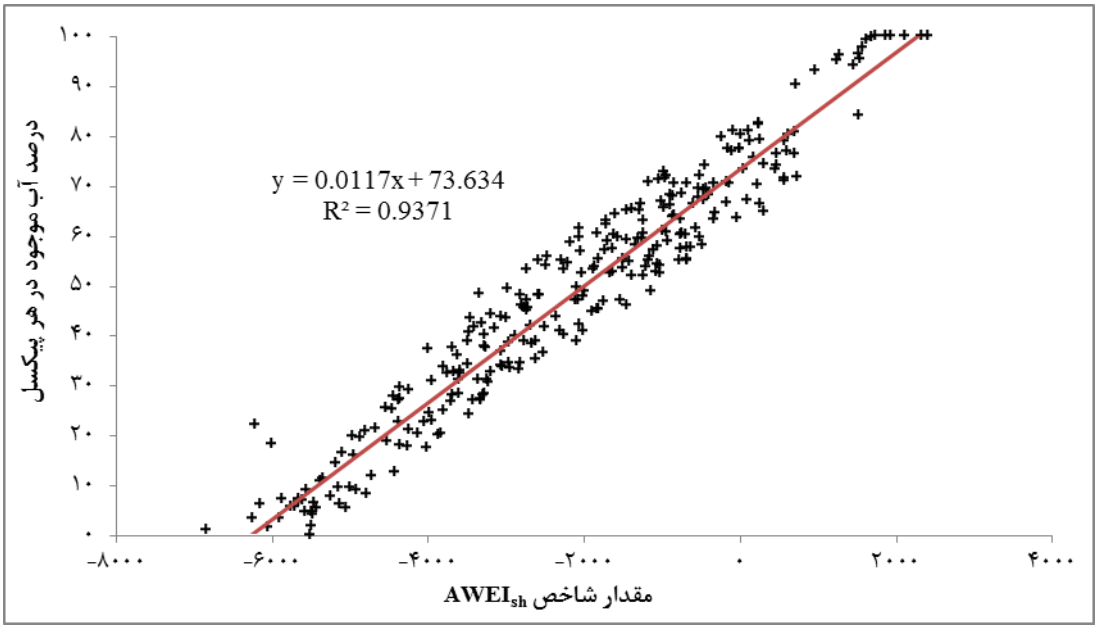
شکل (۱۱) معادله خطی را نشان می‌دهد که با توجه به عوارض مخلوط در محدوده مورد مطالعه برای شاخص $AWEI_{shadow}$ برازش یافته است.

[1] Root Mean Square Error

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



شکل ۱۰: تحلیل همبستگی مقدار شاخص MNDWI و درصد آب موجود در هر پیکسل مخلوط



شکل ۱۱: تحلیل همبستگی مقدار شاخص AWEIshadow و درصد آب موجود در هر پیکسل مخلوط

رابطه (۸) رابطه خط برازش یافته برای شاخص $AWEI_{shadow}$ را نشان می‌دهد.

رابطه (۸) $y=0.0117x+73.634$

در این رابطه y یا متغیر مستقل نشان دهنده درصد آب موجود در هر پیکسل و x یا متغیر وابسته نشان دهنده میزان شاخص $AWEI_{shadow}$ است.

میزان همبستگی (R^2) گزارش شده در این معادله معادل ۰/۹۳۷۱ است؛ این میزان همبستگی نشان می‌دهد این شاخص قابلیت زیادی در تخمین آب

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

موجود در پیکسل‌های مخلوط دارد. در ادامه رابطه فوق با کمک ۲۰ درصد باقی مانده داده‌ها صحت‌سنجی شد، نتایج حاصل از تعیین خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) به‌عنوان شاخص ارزیابی این رابطه نشان می‌دهد مقدار این خطا برای شاخص $AWEI_{shadow}$ معادل ۸/۴ است و درصد خطای مشاهدات نیز معادل ۶/۵۵ درصد است.

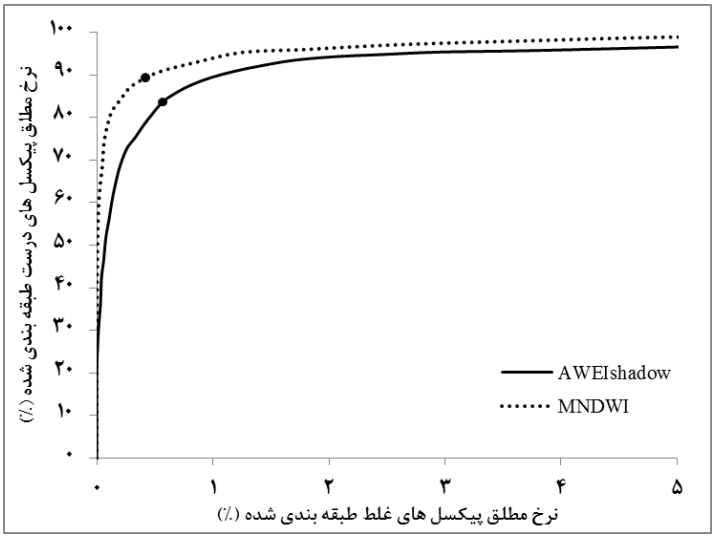
مقادیر همبستگی بین دو متغیر مستقل میزان آب موجود در هر پیکسل و مقدار شاخص، برای هر دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ به اندازه‌ای است که بتوان عملکرد خرد پیکسلی آن‌ها را تأیید نمود، چنان‌که وانگ و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود عملکرد خرد پیکسلی شاخص آب EWI را با همبستگی ۰/۷۲۲۳ برای معادله خطی برازش داده شده، تأیید کردند [۱۷]. با این وجود میزان همبستگی گزارش شده در این مطالعه برای شاخص $AWEI_{shadow}$ به مقدار چشمگیری بیش از شاخص MNDWI است.

تا این بخش قابلیت تخمین میزان آب موجود در پیکسل‌های مخلوط توسط دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ اثبات شد، اما اثبات عملکرد خرد پیکسلی این شاخص‌ها به تنهایی نمی‌تواند تضمین کننده قابلیت طبقه‌بندی خودکار پیکسل‌های مختلط آب از سایر پدیده‌ها باشد. بررسی قابلیت طبقه‌بندی خودکار میزان آب در تمام پیکسل‌های تصویر نیازمند انجام فرآیند صحت‌سنجی طبقه‌بندی خودکار پیکسل‌های مخلوط برای شاخص‌ها ارائه شده است. نتایج صحت‌سنجی طبقه‌بندی پیکسل‌های مخلوط در نمودار شکل (۱۲) و جدول (۲) نشان داده شده است.

همان‌طور که در نمودار ROC شکل (۱۲) قابل مشاهده است، آستانه‌ها همچنان نرخ مطلوبی از پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده را نشان می‌دهند، اما نرخ پیکسل‌هایی که به غلط وارد طبقه مخلوط آب شده‌اند، افزایش قابل توجهی داشته است. نتایج نشان می‌دهد شاخص MNDWI نسبت به شاخص $AWEI_{shadow}$ با کسب مقادیر بیشتر برای کلیه آماره‌های صحت‌سنجی، دقت بیشتری برای تفکیک پیکسل‌های مخلوط با آب دارد. در واقع در شاخص MNDWI تعداد پیکسل‌های ورودی از سایر طبقات به طبقه مخلوط آب نسبت به شاخص $AWEI_{shadow}$ کمتر بوده و خطای ارتکاب کمتر بیانگر این موضوع است. خطای ارتکاب رخ داده برای شاخص MNDWI، بیشتر به پدیده بیرون‌زدگی سنگی (۶۹٪ از کل پیکسل‌هایی که به غلط وارد طبقه مخلوط شده‌اند) مربوط می‌شود و سایر پدیده‌ها همچون سایه توپوگرافی و مناطق مسکونی نقش محدودتری در بروز این خطا داشته‌اند. این در حالی است که ۷۸٪ از پیکسل‌هایی که با ورود غلط به طبقه مخلوط آب باعث افزایش خطای ارتکاب شاخص $AWEI_{shadow}$ شده‌اند، به پدیده سایه‌های توپوگرافی مربوط می‌شوند. با توجه به اینکه شاخص $AWEI_{shadow}$ برای تفکیک آب از سایر پدیده‌ها در مناطق سایه‌دار توسعه یافته است [۷]، تناقض مشخصی بین کارایی و روش توسعه شاخص برای منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دیده می‌شود. علاوه بر خطای ارتکاب، مقادیر گزارش شده برای خطای حذف نیز برای شاخص MNDWI نسبت به شاخص $AWEI_{shadow}$ کمتر است، این موضوع نیز نشان دهنده قابلیت بیشتر شاخص MNDWI در این منطقه است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



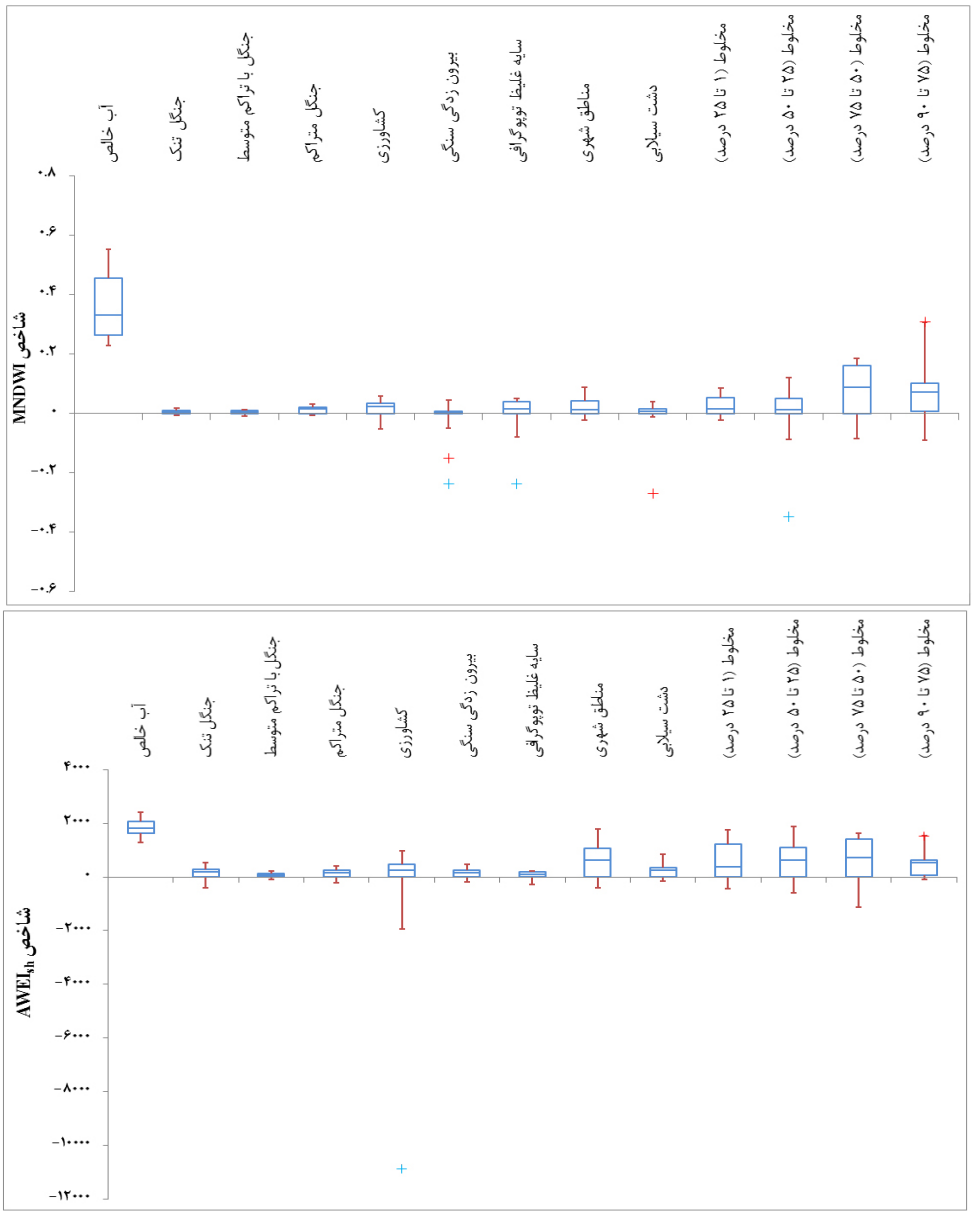
شکل ۱۲: صحت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به پیکسل‌های مخلوط آب رودخانه برای آستانه‌های مختلف با استفاده از نمودار ROC

جدول ۲: نتایج آماری صحت‌سنجی طبقه‌بندی پیکسل‌های مخلوط آب با استفاده از شاخص‌های مختلف

پارامتر		تعداد پیکسل‌ها	$AWEI_{shadow}$	MNDWI
سطح زیر نمودار ROC (٪)		۱۶۵۲۸۸	۹۹٫۵۲	۹۹٫۷
آستانه بهینه شاخص		۱۶۵۲۸۸	-۲۷۷۳	-۰٫۲۶
خطای ترکیبی		۱۶۵۲۸۸	۲۲٫۴۱	۱۱٫۹۱
صحت کلی (٪)		۱۶۵۲۸۸	۹۹٫۳۲	۹۹٫۶۳
صحت تولید کننده طبقه آب (٪)		۱۶۵۲۸۸	۵۱٫۰۳	۶۸٫۴۵
صحت کاربر طبقه آب (٪)		۱۶۵۲۸۸	۸۳٫۶۲	۸۶٫۹۸
خطای حذف (٪)		۱۴۰۷	۱۵٫۰۲	۱۱٫۹۴
خطای ارتکاب (٪)		۱۶۳۸۸۱	۰٫۵۴۶	۰٫۲۰۵
	دشت‌های سیلابی (پیکسل)		۲	۱
	سایه توپوگرافی (پیکسل)		۶۹۹	۱۹
	کشاورزی (پیکسل)		۰	۰
	جنگل‌های تنک (پیکسل)		۰	۰
	جنگل‌های با تراکم متوسط (پیکسل)		۰	۰
	جنگل‌های متراکم (پیکسل)		۰	۰
	نیزارها (پیکسل)		۰	۰
	بیرون زدگی‌های سنگی (پیکسل)		۱۹۳	۲۷۷
	مناطق مسکونی (پیکسل)		۰	۳۹
	مخلوطی از چند عارضه به‌صورت هم زمان (پیکسل)		۰	۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

بررسی پراکنش مقادیر دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ برای پوشش‌های مختلف شامل: آب خالص و مخلوط، اراضی کشاورزی، جنگل‌های بلوط با تاج پوشش‌های متفاوت، دشت‌های سیلابی، رخنمون‌های سنگی، مناطق شهری و سایه‌های توپوگرافی غلیظ به تفسیر نتایج صحت‌سنجی کمک خواهد کرد. شکل (۱۳) نمودار جعبه‌ای شاخص‌های MNDWI و $AWEI_{shadow}$ را برای پوشش‌های مختلف نشان می‌دهد. پیکسل‌های مورد استفاده برای ترسیم نمودار جعبه‌ای از خالص‌ترین پوشش‌ها انتخاب شده‌اند. این نمودارها در واقع مرکزیت، پراکندگی و چولگی داده‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۱۳: نمودار جعبه‌ای برای نمایش آماره‌های شاخص‌های آب برای پدیده‌های مختلف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

در شکل (۱۳) از جعبه برای نمایش فاصله بین چارک اول و سوم استفاده شده است و خط داخل جعبه میانه (چارک دوم) را مشخص می‌کند. حداقل و حداکثر مقدار داده نیز خارج از جعبه مشخص شده است. علاوه بر این نمونه‌های خارج از محدوده نیز به‌صورت نقطه نشان داده شده‌اند.

مطابق شکل (۱۳) برای هر دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ امکان تفکیک کامل پدیده آب خالص بخاطر رفتار طیفی متمایز با سایر پدیده‌ها وجود دارد، در واقع فاصله زیادی بین حداقل و حداکثر میزان شاخص و چارک‌های اول، دوم و سوم پدیده آب خالص با سایر پدیده‌ها وجود دارد. جیانگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود به این قابلیت اشاره داشته‌اند [۱۶].

در تفسیر نتایج نمودار جعبه‌ای شاخص MNDWI برای پدیده‌های مختلف می‌توان به این نکته‌ها اشاره کرد: الف) می‌توان گفت توزیع داده‌ها برای اکثر پوشش‌ها به جز جنگل تنک، جنگل با تراکم متوسط و جنگل متراکم و بیرون زدگی سنگی تقریباً نامتقارن است. ب) توزیع داده‌ها برای اکثر قریب به اتفاق پدیده‌ها بجز سه پوشش کشاورزی، مخلوط (۵۰ تا ۷۵ درصد) و مخلوط (۷۵ تا ۹۰) چوله به راست هستند. ج) بیشترین پراکندگی داده‌ها نیز به پوشش آب خالص و مخلوط (۵۰ تا ۷۵ درصد) مربوط می‌شود. د) با توجه به مجموع آماره‌ها امکان اختلاط پیکسل‌های مناطق شهری و سایه‌های غلیظ توپوگرافی با پیکسل‌های مخلوط آب بیشتر وجود دارد.

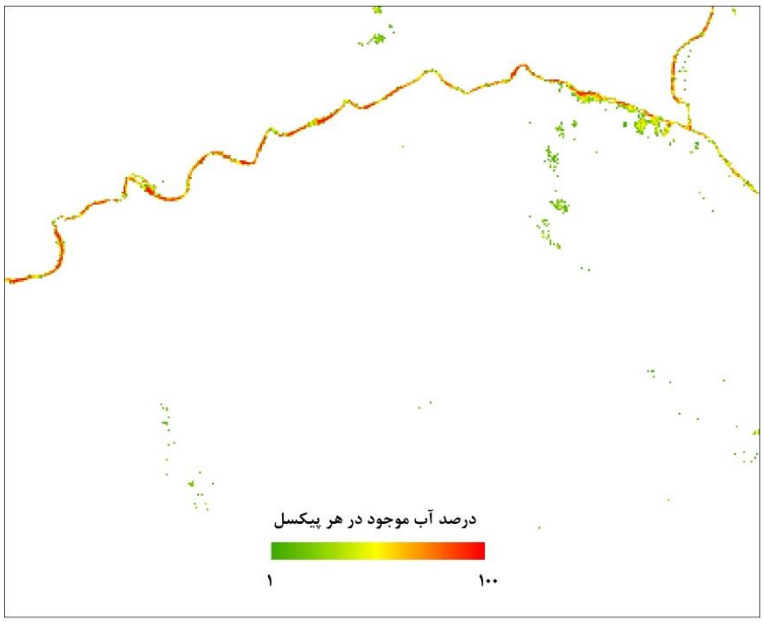
در مورد شاخص $AWEI_{shadow}$ نیز به این نکته‌ها می‌توان اشاره کرد: الف). می‌توان گفت توزیع داده‌ها برای اکثر پوشش‌ها به جز آب خالص، جنگل با تراکم متوسط، و جنگل متراکم و بیرون زدگی سنگی و مخلوط (۲۵ تا ۵۰ درصد) تقریباً نامتقارن است. ب) توزیع داده‌ها برای اکثر قریب به اتفاق پدیده‌ها بجز مخلوط (۲۵ تا ۵۰ درصد) و مخلوط (۷۵ تا ۹۰ درصد) چوله به راست هستند. ج) بیشترین پراکندگی داده‌ها نیز به پوشش مناطق شهری، مخلوط (۱ تا ۲۵ درصد)، مخلوط (۲۵ تا ۵۰ درصد) و مخلوط (۵۰ تا ۷۵ درصد) مربوط می‌شود. د) با توجه به مجموع آماره‌ها امکان اختلاط پیکسل‌های مناطق شهری و دشت‌های سیلابی با پیکسل‌های مخلوط آب بیشتر وجود دارد.

خروجی نهایی مراحل تعیین آستانه بهینه و تخمین میزان آب موجود در پیکسل‌ها به ترتیب در شکل‌های (۱۴ و ۱۵) برای شاخص‌های MNDWI و $AWEI_{shadow}$ نشان داده شده است.

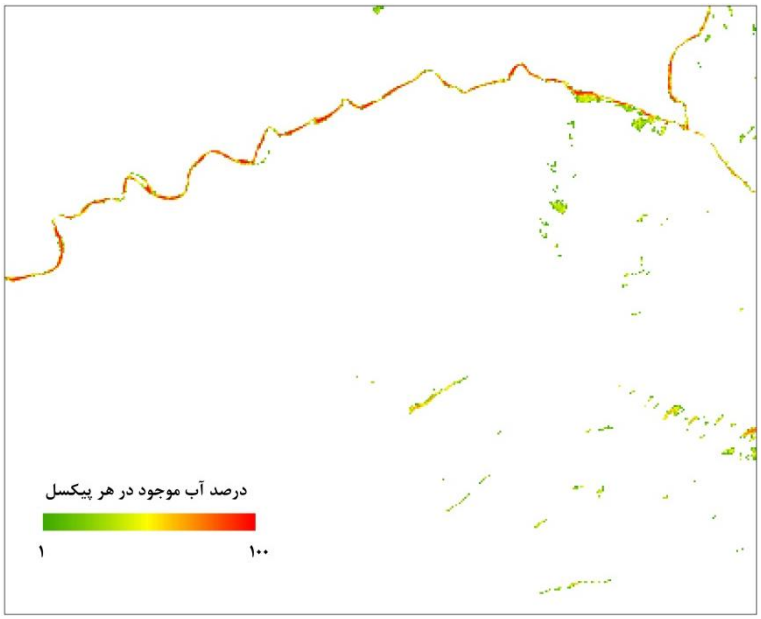
شکل‌های (۱۴ و ۱۵) به‌طور واضح تفاوت کارایی آستانه بهینه برای دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ را نشان می‌دهند. خطای ارتکاب در محدوده مورد مطالعه برای شاخص MNDWI کمتر بوده است. از طرف دیگر شاخص $AWEI_{shadow}$ قابلیت بیشتری در تخمین آب پیکسل‌های مخلوط نشان داده است. در ادامه به بررسی نتایج بارزسازی لبه برای رفع خطای ارتکاب و افزایش دقت استخراج رودخانه از تصاویر لندست پرداخته شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



شکل ۱۴: میزان آب تخمین زده شده در هر پیکسل توسط شاخص MNDWI

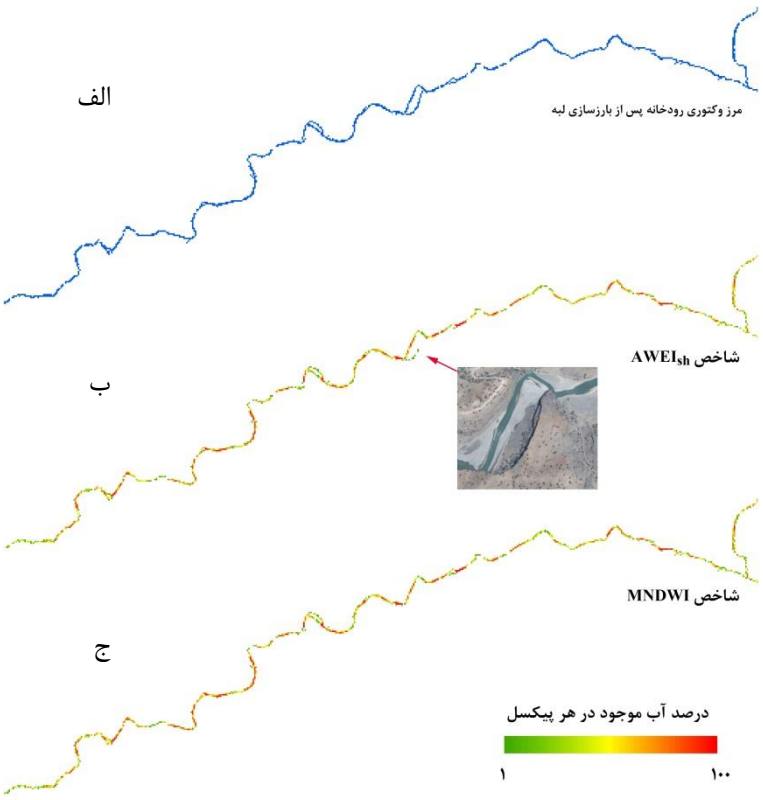


شکل ۱۵: میزان آب تخمین زده شده در هر پیکسل توسط شاخص AWEIsh

۴-۴- بارزسازی لبه به منظور تعدیل اثـر خطـای ارتکاب

پس از اعمال روش بارزسازی لبه، محدوده رودخانـه بـا استفاده از این تکنیک از سایر مناطق جدا شد. این مرز در قسمت "الف" شـکل (۱۶) نشـان داده شـده اسـت. در نهایت خروجی حاصل از آسـتانه‌گـذاری دو شـاخص کـه پیشـتر در شـکل‌هـای (۱۴ و ۱۵) ارائـه شـده بـود بوسـیله مـرز اسـتخراج شـده بـا روش بارزسـازی لبـه بـرش داده مـی‌شـود. خروجـی نهـایی ایـن روش در شکل (۱۶) نشان داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]



شکل ۱۶: خروجی نهایی مرز رودخانه پس از اعمال روش آستانه‌گذاری بهینه، پردازش‌های خرد پیکسل و بارزسازی لبه برای دو شاخص MNDWI و AWEIshadow

همانطور که در شکل (۱۶) نیز دیده می‌شود مرز رودخانه و درصد آب استخراج شده با دو شاخص MNDWI و $AWEI_{shadow}$ شباهت زیادی با یکدیگر دارند اما نکته قابل توجه که می‌تواند نشان دهنده قابلیت بیشتر شاخص MNDWI در این مطالعه باشد توانایی این شاخص در مجزا نمودن سایه‌ای است که بر اثر بریدگی توپوگرافی بوجود آمده و به‌صورت یک عارضه خطی کاملاً در امتداد رودخانه قرار گرفته است. این عارضه با استفاده از شاخص $AWEI_{shadow}$ به‌طور کامل از مرز رودخانه تفکیک نشده است.

دیلابا و همکاران (۲۰۰۲) و جیانگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز برای بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌های کم عرض پس از استخراج شاخص‌های آب به اعمال فیلترهای بارزسازی لبه روی تصاویر پرداختند تا قابلیت تفکیک رودخانه به‌عنوان یک پدیده خطی را از سایر عوارض افزایش دهند. در واقع استفاده از روش بارزسازی لبه توانسته است کارایی روش را در استخراج خودکار مرز رودخانه تا حد زیادی افزایش دهد و به رفع خطاهای طیفی ناشی از همپوشانی طیفی پوشش‌های مختلف اراضی در محدوده مورد مطالعه منجر شود.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج کلی این مطالعه نشان می‌دهد صحت استفاده از شاخص‌های مختلف برای تفکیک عوارض خطی آبی تا حد زیادی به ماهیت پوشش اراضی موجود در منطقه مورد مطالعه بستگی دارد، به این معنا که مقیاس مطالعه نقش بسیار مهمی در انتخاب شاخص بهینه خواهد داشت. به‌طور کلی قابلیت شاخص‌های MNDWI و $AWEI_{shadow}$ در تفکیک پیکسل‌های آب خالص به‌صورت خودکار بسیار زیاد و البته

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

مشابه است. در مورد قابلیت تخمین میزان آب موجود در هر پیکسل نیز اگرچه میزان همبستگی بین مقدار شاخص و میزان آب موجود در پیکسل برای هر دو شاخص به اندازه‌ای بود که قابلیت خرد پیکسلی این شاخص‌ها تأیید شود، اما اختلاط طیفی پیکسل‌های مخلوط با سایر عوارض، صحت طبقه‌بندی خودکار پیکسل‌های مخلوط را به شدت کاهش داد.

استفاده از روش بارزسازی لبه به‌عنوان یک روش تکمیلی در مرحله پس طبقه‌بندی باعث رفع مشکل اختلاط طیفی پدیده‌های مختلف با پیکسل‌های مخلوط شد. پس از انجام مرحله پس طبقه‌بندی مشخص شد شاخص MNDWI در این مطالعه عملکرد بهتری در تفکیک خودکار رودخانه کم عرض و کم عمق داشته و از این نظر بر شاخص $AWEI_{shadow}$ برتری دارد. علیرغم کسب نتایج مطلوب در طبقه‌بندی خودکار پیکسل‌های مخلوط رودخانه‌های کم عرض و کم عمق، همچنان پیشرفت این روش‌ها با استفاده از عملگرهای طیفی و مکانی متصور است. لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی بررسی جامع‌تری در مورد عمق، جنس بستر و رسوبات معلق موجود در رودخانه و اثر این عوامل در تفکیک خرد پیکسلی آب در پیکسل‌های مخلوط رودخانه صورت پذیرد. علاوه بر این تناقض مشخصی در عملکرد شاخص $AWEI_{shadow}$ دیده می‌شود، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به‌طور جامع‌تری به بررسی عملکرد این شاخص در تفکیک آب از سایه‌های توپوگرافی پرداخته شود.

مراجع

[1] M. Kummu, and O. Varis, "Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River", Geomorphology, Vol.85, pp.275-293, 2007.

[2] B.F. Edwards, and D.H. Smith, "River meandering dynamics", Physical Review E. 65, 046303, 2002.

[3] L.C. Smith, "Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: A review. Hydrological processes", Vol.11, pp.1427-1439, 1997.

[4] M. Onderka, and P. Pekárová, "Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data", Science of the Total Environment, Vol.397, pp.238-243, 2008.

[5] A.J. Henshaw, A.M. Gurnell, W. Bertoldi, and N.A. Drake, "An assessment of the degree to which Landsat TM data can support the assessment of fluvial dynamics, as revealed by changes in vegetation extent and channel position, along a large river", Geomorphology, Vol.202, pp.74-85, 2013.

[6] J. Li, M.E. Donselaar, S.E.H. Aria, R. Koenders, and A.M. Oyen, "Landsat imagery-based visualization of the geomorphological development at the terminus of a dryland river system", Quaternary International, Vol.352, pp.100-110, 2014.

[7] G.L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, and S.R. Proud, "Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery", Remote Sensing of Environment, Vol.140, pp.23-35, 2014.

[8] R. Malinowski, G. Groom, W. Schwanghart, and G. Heckrath, "Detection and Delineation of Localized Flooding from WorldView-2 Multispectral Data", Remote Sensing, Vol.7, pp.14853-14875, 2015.

[9] Q. Vanhellemont, and K. Ruddick, "Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8", Remote Sensing of Environment, Vol.145, pp.105-115, 2014.

[10] A.I. Dogliotti, K.G. Ruddick, B. Nechad, D. Doxaran, and E. Knaeps, "A single algorithm to retrieve turbidity from remotely-sensed data in all coastal and estuarine waters", Remote Sensing of Environment, Vol.156, pp.157-168, 2015.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

[11] H. Xu, "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery", International Journal of Remote Sensing, Vol.27, pp.3025-3033, 2006.

[12] K. Rokni, A. Ahmad, A. Selamat, and S. Hazini, "Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery", Remote Sensing, Vol.6, pp.4173-4189, 2014.

[13] K. Zhai, X. Wu, Y. Qin, and P. Du, "Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations", Geo-spatial Information Science, Vol.18, pp.32-42, 2015.

[14] L. Ji, X. Geng, K. Sun, Y. Zhao, and P. Gong, "Target detection method for water mapping using landsat 8 oli/tirs imagery", Water, Vol.7, pp.794-817, 2015.

[15] A. Fisher, N. Flood, and T. Danaher, "Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia", Remote Sensing of Environment, Vol.175, pp.167-182, 2016.

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

[17] S. Wang, M.H.A. Baig, L. Zhang, H. Jiang, Y. Ji, H. Zhao, and J. Tian, "A Simple Enhanced Water Index (EWI) for Percent Surface Water Estimation Using Landsat Data", Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of, Vol.8, pp.90-97, 2015.

[18] S.K. Alavipanah, "interpretation process". In Remote sensing application in geo science (soil science)., Tehran: Tehran University press. 2003, 478.

[19] NASA. Landsat 7 science data users handbook. Online. 2012.

[20] A.B.M. Baki, and T.Y. Gan, "Riverbank migration and island dynamics of the braided Jamuna River of the Ganges–Brahmaputra basin using multi-temporal Landsat images", Quaternary International, Vol.263, pp 148-161, 2012.

[21] T. Fawcett, "An introduction to ROC analysis", Pattern recognition letters, Vol.27, pp.861-874, 2006.

[22] P. ziaeean, M. Faragzadeh, A.J. mosivand and M. omidali, "Subpixel water temperature estimation of Urmia lake using un mixing approach of thermal infrared satellite images", Journal of Geospatial Information Technology, Vol.1, pp.75-88, 2014.

[23] D.L.B. Jupp, "Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters." Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone. 1988.

[24] J.E. Pardo-Pascual, J. Almonacid-Caballer, L.A. Ruiz, and J. Palomar-Vázquez, "Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision", Remote Sensing of Environment, Vol.123, pp.1-11, 2012.

[25] N. Keshava, J. Kerekes, D. Manolakis, and G. Shaw, "An algorithm taxonomy for hyperspectral unmixing". Proceeding of SPIE, Vol. 4049, pp.42-63. 2000.

[26] M. Argani, M.R. Sarajian and S. Homayouni, "Subpixel urban area changes mapping using Spectral Mixing Analysis", presented at the Geomatics. Tehran, 2006.

[27] G.I. Sentlinger, S.J. Hook, and B. Laval, "Sub-pixel water temperature estimation from thermal-infrared imagery using vectorized lake features". Remote Sensing of Environment, Vol.112, pp.1678-1688. 2008.

[28] J.A. Richards, and X. Jia, "Remote sensing digital image analysis-hardback", Springer. 331. 2006.

[29] O.R. Vincent, and O. Folorunso, "A descriptive algorithm for sobel image edge detection". In Proceedings of Informing

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

Science & IT Education Conference (InSITE), Vol. 40, pp. 97-107. 2009.

[30] J.A. Richards, "Geometric Processing and Enhancement: Image Domain Techniques", In Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer, 503. 2013.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.2, Summer 2017

Comparison of sub pixel MNDWI and AWEIshadow indices capability for shallow and narrow river extraction

Elham Taherian [1], Milad Khastar-Broujeni [2]*, Hossein Samadi-Broujeni [3]

1- Expert at the Water Resource Research Center, Shahrekord University.
2- Ph.D student of water structures, Water science and engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad., and expert at Water Resource Research Center.
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Shahrekord

Abstract

Preservation of large dams as one of the energy and water suppliers is of utmost importance. Sediments carried by the rivers to the reservoir can reduce the dam's useful lifetime. Construction of engineering structures in the most erodible sections can control entrance sediments flow to the dams. Locating high-risk areas for construction of engineering structures will be possible with river morphology, by means of remote sensing technology and extract river boundary using water index. Monitoring of the narrow and shallow rivers using multispectral and medium spatial resolution data as the oldest archived data is facing to the most challenges among the various water bodies. In this study sub-pixel capability of the most efficient water indices include MNDWI and AWEIshadow extracted OLI sensor Landsat was investigated by accuracy assessments statistics such as ROC curves, user accuracy, producer accuracy and commission and omission errors. The results of accuracy assessments statistics for water pure pixel showed the effectiveness for both indices, but in the case of mixed pixels, MNDWI was earned more accuracy than AWEIshadow. A large portion of commission error occurred for MNDWI was related to Rocky protrusions and for AWEIshadow to topographic shadows. Finally results shown that enhancement methods as suplementary method for commision error correction can be useful to river boundry extraction.

Key words:. River morphology, OLI sensor, pure pixel, mixed pixel, enhancement methods, accuracy assessment

Correspondence Address: Navab Safavi ave, Navab 6 st, No:4, P.O box: 8871668484, Borujen, Chaharmahal va bakhtiari, Iran.
Tel: +98 9132852347.
Email : khastar1365@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.99]