

بررسی و مقایسه الگوریتم‌های شیء‌گرا در استخراج پهنه‌های آبی با تصاویر ماهواره سنتینل

محمدحسین رضایی مقدم^۱

کیوان محمدزاده^۲

مجید پیشنماز احمدی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۴/۱۳

چکیده

منابع آبی در گذر زمان و با افزایش جمعیت در حال کاهش می‌باشد، لذا مدیریت این منابع بسیار ضروری است. در مطالعه حاضر بخشی از رود آجی‌چای بنابه شرایط خاص منطقه از نظر توپولوژی و محیط پیرامونی انتخاب و به‌منظور استخراج پهنه‌های آبی از دو روش نزدیک‌ترین همسایگی و فازی شیء‌گرا استفاده شد. برای بهبود نتایج، نتایج حاصل از اعمال شاخص‌های استخراج آب به‌عنوان لایه‌های کمکی به همراه تصویر ماهواره سنتینل 2A در نرم‌افزار eCognition به‌کار برده شد. به‌منظور انجام پردازش شیء‌گرا ابتدا واحدهای پردازش ایجاد گردید، سپس در روش نزدیک‌ترین همسایگی جهت بهبود نتایج، فضای نمونه‌های برداشتی با استفاده از الگوریتم FSO بهینه گردید. در روش فازی شیء‌گرا پس از محاسبه درجه‌های عضویت پهنه‌های آبی استخراج شد. بررسی نتایج نشان داد که روش فازی شیء‌گرا (دقت کلی ۹۸ درصد) نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایگی (دقت کلی ۹۵ درصد) نتایج بهتری را در استخراج دقیق پهنه‌های آبی ارائه می‌دهد. روش نزدیک‌ترین همسایگی کارایی لازم برای تشخیص پهنه‌های آبی از عوارضی نظیر جاده‌ها، سایه و ابر را ندارد و این عوارض را به‌عنوان پهنه‌های آبی طبقه‌بندی می‌کند که باعث کاهش کیفیت و دقت طبقه‌بندی می‌شود، ولی در روش فازی شیء‌گرا به‌دلیل محاسبه درجه‌های عضویت این مشکل مرتفع گردیده و باعث افزایش دقت استخراج پهنه‌های آبی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌های آبی، سنجش از دور، شیء‌گرا، تصاویر سنتینل 2A.

۱- استاد دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول) rezmogh@tabrizu.ac.ir

۲- دانش آموخته سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز keyvan.mohammadzadeh@yahoo.com

۳- دانش آموخته سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز majid.ahmadi1990@yahoo.com

۱- مقدمه

آب یکی از منابع پویا و ضروری برای محیط زیست می باشد که نقش حیاتی در زندگی بشر، توسعه جوامع و تغییر اقلیم دارد. پهنه های آبی در گذر زمان و با افزایش سرعت شهرنشینی و برداشت بیش از حد منابع آبی، سد سازی، آلودگی محیط زیست، افزایش کشاورزی و تخریب محیط زیست در حال کاهش می باشد. بنابراین انجام اقداماتی برای بازیابی و پایش اطلاعات مربوط به پهنه های آبی جهت مدیریت و اتخاذ تصمیمات در مباحث محیط زیست ضروری است (Niemczynowicz, 1999: 12; Varis et al., 2001:96). ایران به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک، مطابق با تعاریف بین المللی شرایط ویژه ای را به لحاظ تنش آبی تجربه می نماید. ایران دارای شرایط تنش آبی زیاد می باشد که در بسیاری از مناطق آن مصارف آب به مراتب بسیار بیش تر از ۴۳ درصد آب تجدیدپذیر بوده، به طوری که در اکثر حوضه های کشور بهره برداری از منابع آب عملاً بیش تر از کل آب تجدیدپذیر سالانه آن است. در این شرایط، کمایابی آب توسعه منطقه را به شدت تحت تأثیر خود قرار داده است (مجیدی، ۱۳۹۷: ۱۵۷).

تشخیص دقیق پهنه های آبی به منظور بسیاری از امور کاربردی نظیر؛ پایش محیط زیست (Wang et al, 2013: 4) تهیه نقشه های پوشش اراضی و کاربری، ارزیابی سیلاب ها و پایش و کشف پدیده خشکسالی بسیار حائز اهمیت می باشد (Senaras et al, 2014: 4935). دستیابی به اطلاعات در کوتاه ترین زمان و با کم ترین هزینه از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تصمیم گیری است. در سال های اخیر استفاده از روش های نوین، کم هزینه و سریع مانند فناوری سنجش از دور، به علت توانایی در شناسایی پدیده ها همواره مورد توجه متخصصین، مدیران و تصمیم گیران بوده است. اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره ای کمک زیادی به مطالعه پدیده های مختلف می کند و می تواند در تشخیص تغییرات پدیده ها و درک شرایط محیط بسیار راهگشا باشد (راهمادری و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۳ و علوی پناه و همکاران، ۱۳۹۰).

۲۲. در طی چند دهه گذشته، استفاده از فناوری سنجش از دور برای تشخیص پدیده ها توجه محققان مختلف را به خود معطوف ساخته است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۳). در حال حاضر فناوری سنجش از دور یکی از تکنیک های برتر موجود برای استخراج نقشه های پوششی اراضی محسوب می شود که با کم ترین هزینه در مدت زمان کوتاه دستیابی به اطلاعات ارزشمند را میسر می سازد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۲). روش های پردازش تصاویر رقومی در حالت کلی به دو دسته کلاسیک و پیشرفته تقسیم می شود که روش های طبقه بندی نظارت نشده و نظارت شده جزء روش های کلاسیک و روش طبقه بندی شیء گرا جزء روش های پیشرفته محسوب می شوند. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بر اساس اطلاعات طیفی دارای محدودیت هایی است بنابراین برای افزایش دقت طبقه بندی باید از منابع اطلاعاتی دیگری استفاده شود. (2009 Chen et al).

در راستای استفاده از قابلیت های تصاویر سنجش از دور برای شناسایی پهنه های آبی، تکنیک های پردازش شیء گرا به عنوان روش های نوین این امکان را با دقت بالایی فراهم می آورند. این در حالی است که روش های کلاسیک در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای توانایی محدودی در جدا نمودن کلاس هایی که اطلاعات طیفی مشابهی داشته و در هم ادغام می شوند، دارد. و این امر موجب کاهش صحت روش های طبقه بندی پیکسل پایه می گردد (Yan, 2003: 1). به همین منظور در تحقیق حاضر جهت دستیابی به نقشه هایی با دقت بالا در شناسایی پهنه های آبی، از روش پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای استفاده گردید. مطالعات مختلفی در بحث کاربرد سنجش از دور در مدیریت منابع آب صورت گرفته است از جمله: (Yang et al, 2015) با استفاده از تصاویر لندست ۸ و روش های خوشه بندی فازی یک روش استخراج سطحی سیستماتیک با استفاده از مکمل بین شاخص های آب و یک خوشه بندی فازی تصویر ارائه دادند که این روش نسبت به روش های قبلی دقت طبقه بندی را بهبود بخشیده است. (Jawak and Luis, 2015) توسط ماهواره

آبی را بر اساس ویژگی‌های طیفی تصاویر ماهواره GF-1 مطالعه نمودند. در این پژوهش از شاخص‌های پیکسل مبنا (PRI^۱) از جمله شاخص NDWI جهت استخراج پهنه‌های آبی به ویژه در نواحی شهری استفاده شد. این پژوهشگران نشان دادند که پهنه‌های دقیق آبی بدست آمده از هفت تصویر GF-1 مورد بررسی قرار گرفته اند. سه تصویر با پس زمینه پیچیده و شرایط آبی به منظور مقایسه کمی روش‌های پیشنهادی با NDWI و طبقه‌بندی با روش SVM مورد استفاده قرار گرفت که دقت بالاتر و کارایی روش پیشنهادی را تأیید کرد (Mondejar and Tongco 2019). در پژوهشی از باند مادون قرمز نزدیک لندست ۸ به عنوان شاخص استخراج آب استفاده کردند. در این تحقیق از شاخص‌های NDWI، MNDWI، AWEI و باند مادون قرمز نزدیک (NIR) جهت استخراج آب استفاده شد. این مطالعه نشان داد که باند مادون قرمز در بخش پهنه‌های آبی و غیرآبی بیشترین کنتراست را داشته و آستانه بهینه ۰/۱۲۸ جهت استخراج آب، دقت کلی ۰/۹۹۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۸۶ درصد بدست می‌دهد. بنابراین، مطالعه فوق نشان می‌دهد که سنجش از دور می‌تواند به سرعت و به طور مکرر و دقیق پهنه‌های آب را استخراج نموده یا تشخیص دهد. (باقری و همکاران، ۱۳۹۵)، تغییرات پهنه آبی دریاچه بختگان از سال ۱۳۵۵ تا سال ۱۳۹۳ را بررسی نمودند. برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای Landsat و نیز داده‌های بارندگی و دبی ایستگاه در حوضه‌ی دریاچه‌ی بختگان و رودخانه‌ی کر استفاده کردند. در این مطالعه از روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال به منظور طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. نتایج حاصل نمایانگر آن بود که کاهش بارندگی و مهمتر از آن افزایش سطوح زیر کشت آبی در بالادست دریاچه بختگان و در نتیجه افزایش مصرف آب برای آبیاری، باعث خشک شدن کامل دریاچه بختگان شده‌اند. (ملکی و همکاران، ۱۳۹۷)، الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون را با فاصله زمانی کوتاه با استفاده از تصاویر لندست ۸ سنجنده OLI بررسی نمودند. نقشه پهنه

World View 2 و شاخص‌های آب نظیر NDWI پهنه‌های آبی را در منطقه قطب جنوب مورد شناسایی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا نظیر World View2 در ترکیب با شاخص‌های آب نظیر شاخص نرمال شده آب NDWI می‌توان به طور قابل ملاحظه‌ای توانایی استخراج نیمه اتوماتیک پهنه‌های آبی را بالا برد (Yang et al, 2015).

با استفاده از تصاویر لندست و روش‌های یادگیری عمیق و تغذیه ماتریس با شاخص‌های آب و الگوریتم ماشین پشتیبان بردار و شبکه عصبی به استخراج پهنه‌های آب اقدام کرده و در نهایت این روش‌ها را، از روش‌های استخراج پیشین استخراج آب با استفاده از سنجش از دور موفق تر ارزیابی کردند (Ko et al, 2015).

با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی، بازتاب طیفی بالای جو و شاخص‌های آب از تصاویر لندست ۸ پهنه‌های آبی را استخراج کردند. در این تحقیق آنها نتیجه گرفتند که استفاده از تصاویر ۱۲ بیتی لندست ۸ و روش الگوریتم جنگل تصادفی در استخراج پهنه‌های آبی از دیگر روش‌ها بهتر عمل کرده و پهنه‌های آبی را صرف نظر از توپولوژی و ویژگی‌های رودخانه و محیط اطراف، به خوبی استخراج می‌کند (Li et al, 2015).

از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و شاخص‌های مختلف آب و الگوریتم SRM برای استخراج پهنه‌های آبی و حذف مزاحمت‌های سایه برای استخراج آب استفاده کردند. آنها برای استخراج پهنه‌های آبی از چهار روش پیکسل پایه توسط شاخص نرمال شده آب و تقسیم میانگین توسط NDWI و الگوریتم SVM استفاده کرده‌اند. با مقایسه نتایج، روش SVM را بهترین روش برای حذف سایه‌ها معرفی کرده‌اند (Kaplan and Avdan, 2017). با استفاده از تصاویر ۱۰ متری سنتینل ۲ و همچنین شاخص نرمال شده آب (NDWI)، به بررسی استخراج پهنه‌های آب پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش طبقه‌بندی شی‌گرای تصاویر ماهواره‌ای در کنار استفاده از شاخص‌های آب می‌تواند در بهبود طبقه‌بندی و استخراج پهنه‌های آبی و همچنین حذف خطای‌های ناشی از توپوگرافی و سایر کمک کند. (Zhang et al, 2018)، پهنه‌های

آبی و کاربری و پوشش اراضی با استفاده از روش هیبرید تهیه شد. نتایج صحت سنجی نقشه‌های تولید شده نشان داد این روش در مناطق با تنوع کاربری و پوشش اراضی بسیار مناسب است. با استفاده از نتایج این مطالعه مشخص شد که هامون هیرمند مدت زمان کوتاه‌تری در مقایسه با سایر قسمت‌های تالاب، دارای آب می‌باشد که لزوم برنامه ریزی به منظور حمایت از مردم محلی در این منطقه را تأیید می‌کند. باتوجه به مواد مذکور، این مطالعه به منظور استخراج پهنه‌های آبی با دو روش نزدیک‌ترین همسایگی و فازی شی‌گرا صورت گرفته و مقایسه این روش‌ها از لحاظ دقت استخراج پهنه‌های آبی از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

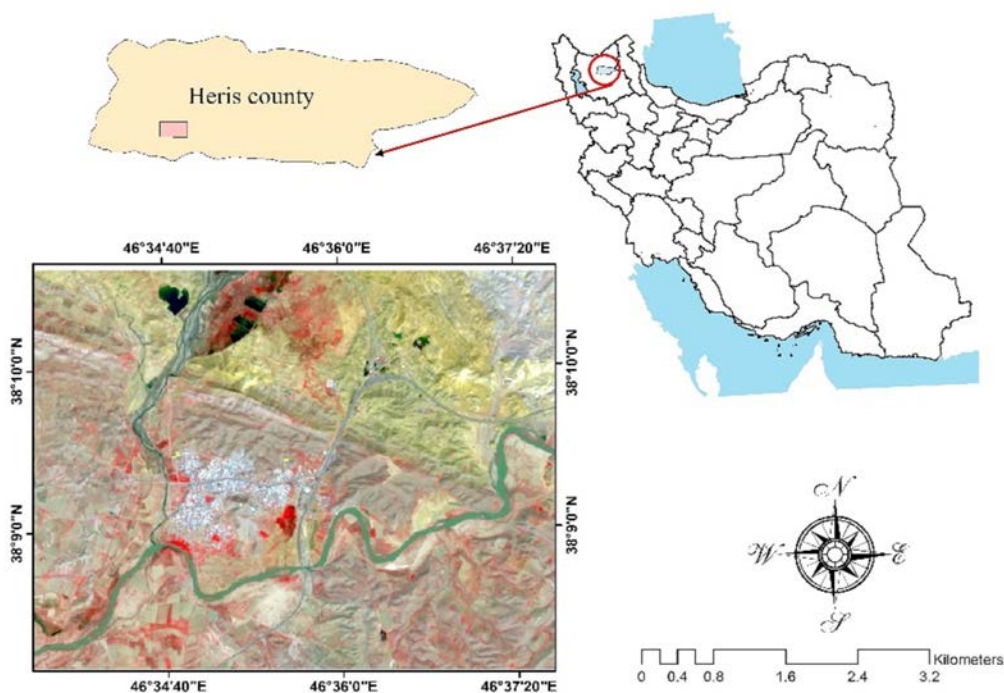
این رو به نام آجی‌چای یا تلخه‌رود معروف شده است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۹). در مطالعه حاضر بخشی از منطقه در نزدیکی شهر خواجه از توابع شهرستان هریس با مساحت ۲۸ کیلومتر مربع به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است. با توجه به هدف مطالعه حاضر، سعی شده است در انتخاب منطقه مورد مطالعه عوارض خطی، زمین‌های زراعی، سایر عوامل توپوگرافی و انسان ساخت (عوامل سایه‌انداز) که در استخراج پهنه‌های آبی با کلاس آب تداخل ایجاد کرده و دقت طبقه‌بندی را کاهش می‌دهند، مورد توجه قرار گیرد.

۳- مواد و روش

در این مطالعه به منظور شناسایی و استخراج دقیق پهنه‌های آبی در منطقه مورد مطالعه از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و روش‌های شی‌گرا استفاده شد. برای افزایش دقت استخراج پهنه‌های آبی از شاخص‌های مختلفی که در استخراج آب بهتر عمل می‌کنند، استفاده و به عنوان لایه‌های کمکی در روش شی‌گرا به کار گرفته شدند.

۲- منطقه مورد مطالعه

رودخانه آجی‌چای (تلخه رود) از ارتفاع ۳۴۰۰ متری دامنه‌های جنوب و جنوب غربی کوه سبلان سرچشمه می‌گیرد. آب رودخانه ابتدا شیرین است، ولی به دلیل عبور از طبقات نمکی و رسوبات تبخیری میوسن، مواد محلول آن افزایش یافته، بر میزان شوری آن افزوده می‌شود، از



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

یک شیء تصویری بزرگ‌تر ادغام می‌شود. منظور از ادغام، ترکیب اشیا بر اساس نزدیک‌ترین شیء موردنظر می‌باشد. در هر مرحله که زوجی از شیء‌های تصویری ادغام می‌شوند، به‌صورت رَشدهای کوچک در ناهمگنی معین نشان داده می‌شود. اگر این رَشدهای کوچک از آستانه‌ی تعریف‌شده به‌وسیله پارامتر مقیاس تجاوز کند، فرایند سگمنت‌سازی متوقف خواهد شد. در طول فرایند سگمنت‌سازی، تمام تصویر سگمنت‌سازی شده و شیء‌های تصویری بر اساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند.

۳- ۱- الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه

در فرآیند طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، پیکسل‌ها بر اساس وزن‌شان به کلاس‌های مختلف نسبت داده می‌شود (طبقه‌بندی نرم) در این روش طبقه‌بندی، پیکسل آمیخته از یک درجه عضویت برای هر کلاس برخوردار است و براساس منطق فازی متناسب با بیشترین درجه عضویت در یک کلاس خاص طبقه‌بندی می‌شوند (Myint, 2011: 1150). به هنگام استفاده از طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه، بالاترین درجه عضویت، نزدیک‌ترین فاصله از یک نمونه معین را نشان می‌دهد. برای هرکدام از شیء‌های تصویری افزایش شیب تابع نزدیک‌ترین همسایه می‌تواند باعث افزایش نتیجه بهترین طبقه‌بندی گردد (Wijaya et al, 2015: 34).

به‌منظور کاربرد روش فازی در طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه، توابع عضویت چندبعدی به‌طور اتوماتیکی تولید گردیده است. تمام کلاس‌های ارزیابی در این الگوریتم به‌وسیله ارزیابی ارزش‌هایی در محدوده صفر (عدم ارزیابی) تا یک (ارزیابی کامل) انجام می‌شود. بدیهی است که شیء‌های تصویری مستقر در فضای عوارض نمونه‌ها، از درجه عضویت بالایی برای آن کلاس برخوردارند. در این پژوهش جهت دستیابی به نتایج بهتر و با دقت بیشتر علاوه بر اطلاعات طیفی، از برخی شاخص‌ها نظیر شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص استخراج اتوماتیک آب (AEWI)، شاخص استخراج سطح آب (SWI)، روشنایی،

هم‌چنین الگوریتم‌هایی که بیش‌ترین درجه عضویت را در کلاس‌بندی عارضه آب داشتند به عنوان عوامل مؤثر در طبقه‌بندی مد نظر قرار داده شدند. در این مطالعه از تصویر ماهواره سنتینل 2A^۱ شامل ۴ باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، ۶ باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر و ۳ باند با قدرت تفکیک ۶۰ متر مربوط به آگوست سال ۲۰۱۸ استفاده شده است. تصاویر تهیه‌شده توسط ماهواره سنتینل به علت قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریکی مناسب (قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیتی) جزئیات مختلف و فراوانی را از پدیده‌های سطح زمین فراهم کرده و بیش‌ترین کاربردهای این سنجنده در زمینه‌های پایش محیط زیست زمین می‌باشد. تصویر مورد استفاده در این پژوهش شامل قسمتی از رودخانه آجی چای می‌باشد. تنوع کاربری‌های اراضی در محدوده مورد مطالعه امکان مقایسه مناسب‌تر الگوریتم‌های موردنظر را فراهم و همچنین قابلیت تعمیم‌دهی نتایج حاصل به مناطق دیگر را نیز افزایش می‌دهد. فرآیند طبقه‌بندی شیء‌گرا در سه مرحله کلی قابل انجام است که شامل سگمنت‌سازی (قطعه‌بندی)^۲، طبقه‌بندی^۳ و ارزیابی صحت طبقه‌بندی می‌باشد. سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت‌هایی نظیر ارزش عددی و بافت، مهم‌ترین معیار مشترک میان آن‌ها می‌باشد (Suster, 2011:527; Baatz, 2008: 34). شیء‌های تصویری حاصل از فرآیند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آن‌ها دارای حجم زیادی از مشخصات و ویژگی‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند (Chaudhuri and Sarkar, 1995: 73). به‌منظور سگمنت‌سازی در این پژوهش از روش سگمنت‌سازی چند تفکیکی^۴ استفاده شده است. این تکنیک، فرایندی از پایین به بالا می‌باشد که با شیء‌های یک پیکسل آغاز شده و در مراحل بعدی، شیء‌های تصویری کوچک در داخل

1- Sentinel

2- Segmentation

3- Classification

4- Multiresolution Segmentation

کلاس‌های کاربری اراضی در طی فرآیند پردازش تصویر، می‌توان از عملگرهای منطق فازی استفاده نموده و شرایط مناسب برای طبقه‌بندی را تعریف نمود. در تعریف شرایط طبقه‌بندی مفسر می‌تواند از پارامترهای طیفی و بصری (شامل بافت، شکل و تن رنگ) استفاده نموده و با تعریف یکی یا مجموعه‌ای از این عوامل و همچنین تعیین نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در فرآیند طبقه‌بندی، کلاس‌ها را تعریف نماید (Zhang and Maxwell, 2006: 3).

۳-۳- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

صحت طبقه‌بندی با مقایسه نمونه اشیاء طبقه‌بندی‌شده با اطلاعات زمینی حاصل می‌گردد و مشخص‌کننده کیفیت اطلاعات استخراج‌شده از داده‌های سنجنش از دور می‌باشد. ارزیابی صحت می‌تواند کیفی یا کمی، سریع یا وقت‌گیر، پربازده یا به‌صورت تصادفی باشد. در ارزیابی صحت به صورت کمی هدف مشخص نمودن و اندازه‌گیری خطاهای نقشه می‌باشد. به‌طور کلی در ارزیابی صحت، نقشه‌های موضوعی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای از طریق ماتریس خطا، خطای حذف‌شده، خطای گم‌اشته شده، صحت تولیدکننده، صحت کاربر، صحت کل و ضریب کاپا مورد ارزیابی واقع می‌شود (Navulur, 2006: 11). ماتریس خطا گاهی اوقات ماتریس ابهام یا جدول احتمالی نیز نامیده می‌شود. در این ماتریس کلاس به کلاس روابط بین داده‌های مرجع (واقعیت زمینی) و نتایج متناظر حاصل از طبقه‌بندی را مقایسه می‌کند. ماتریس خطا به‌صورت مربعی بوده که به تعداد کلاس‌ها دارای سطر و ستون بوده که از روی آن ارزیابی صحت انجام می‌شود (Drăguț, 2006: 341). تحلیل کاپا یک تکنیک چندمتغیره گسسته بوده که از نظر آماری برای مشخص کردن اختلاف اساسی ماتریس خطا در ارزیابی صحت استفاده می‌شود (et al, 2014: 106 Fassnacht). ضریب کاپا نشان‌دهنده یک اختلاف معنی‌دار میان ماتریس ابهام با نتایج حاصل از یک طبقه‌بندی تصادفی است. نگاره شماره ۲ روند کلی پژوهش را نشان می‌دهد.

میانگین انعکاس طیفی باندهای مختلف، اطلاعات بافتی نظیر GLCM، اطلاعات مربوط به شکل و برخی الگوریتم‌های دیگر جهت استخراج دقیق پهنه‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است. بدین‌صورت که موارد مذکور جهت استخراج پهنه‌های آبی، به نمونه‌ها معرفی شده و نرم‌افزار با استفاده از الگوریتم FSO^۱ شاخص‌ها و ویژگی‌های مختلف را به صورت خودکار تجزیه و تحلیل کرده و توابع انتخابی را از نظر حداکثر فاصله تفکیک پذیری بین نمونه‌ها در بعدهای مختلف دسته‌بندی می‌کند. در مرحله نهایی شاخص‌ها و ویژگی‌هایی که ایجادکننده بیش‌ترین فاصله و یا تمایز بین کلاس‌ها را معرفی می‌کنند، اساس طبقه‌بندی تصاویر عمدتاً شاخص‌های پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)^۲، شاخص سطح آب (SWI)^۳، شاخص خودکار استخراج آب (AWEI)^۴ و شاخص روشنایی می‌باشد.

۳-۲- طبقه‌بندی فازی شی‌گرا

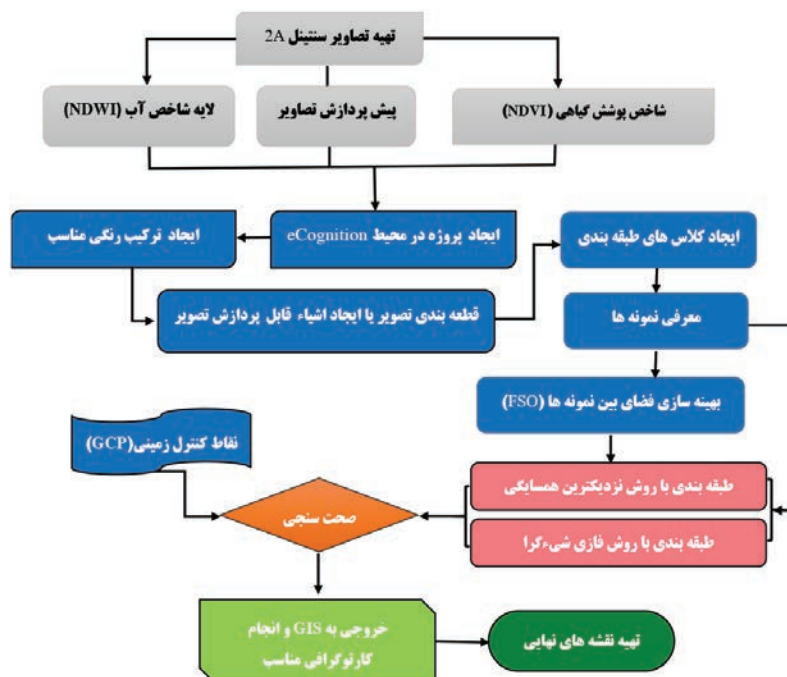
این روش ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر طبقه تبدیل می‌کند. تبدیل ارزش عوارض به ارزش فازی اجازه همگون سازی و ترکیب عوارض در دامنه‌های متفاوت را فراهم می‌آورد. طبقه‌بندی فازی انطباق و وفق پذیری توصیفات عوارض را نیز فراهم می‌آورد (Benz et al, 2004: 33). در این روش هر طبقه دارای توصیفات خاص خود بوده و این توصیفات مشتمل بر مجموعه‌ای از شرایط است که بر اساس عملگرهای فازی (OR, AND, MEAN (aritm) & MEAN (geo)) تعیین می‌شوند. این شرایط برای هر طبقه به‌صورت جداگانه تعریف می‌شود که در طبقه‌بندی تصاویر از اهمیت بالایی برخوردار بوده و مبنای طبقه‌بندی فازی را تشکیل می‌دهد. این تکنیک با تعریف شرایط مناسب برای هر کلاس، مبنای طبقه‌بندی فازی را تشکیل می‌دهد. با تعیین ویژگی‌های مربوط به اطلاعات طیفی و ویژگی‌های هندسی

1- Feature Space Optimization

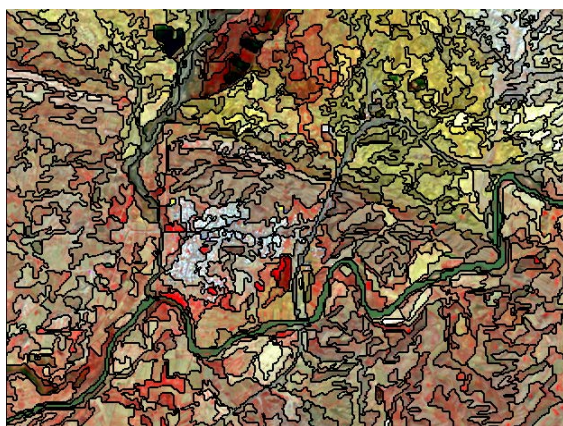
2- Normalized Difference Vegetation Index

3- Surface Wetness Index

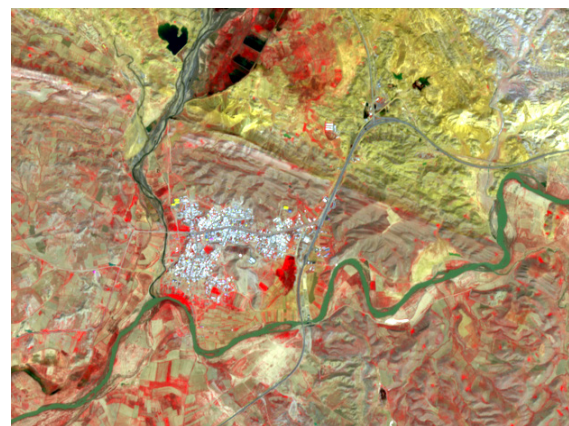
4- Automated Water Extraction Index



نگاره ۲: فلوچارت روند کلی پژوهش



نگاره ۴: سگمنت سازی با مقیاس ۳۵
(ضریب شکل ۰/۴ و ضریب فشردگی ۰/۵)



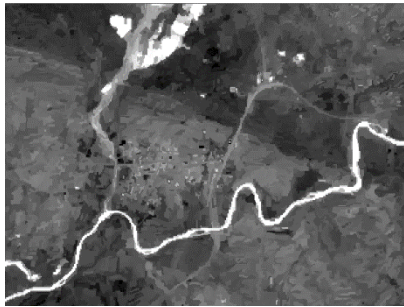
نگاره ۳: تصویر ماهواره سنتینل با ترکیب رنگی کاذب
(باند های ۸-۴-۲)

دقت بالا استفاده شده است؛ از جمله این توابع می‌توان به اطلاعاتی بافتی (GLCM)، میانگین باندهای تصویر، اطلاعات هندسی (شکل، فشردگی و عدم تقارن)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) اشاره کرد. نتایج حاصل از اعمال این توابع که بیشترین درجه عضویت فازی را داشته‌اند در نگاره شماره ۵ تا ۱۶ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که در این پژوهش از نرم افزار eCognition استفاده شده است.

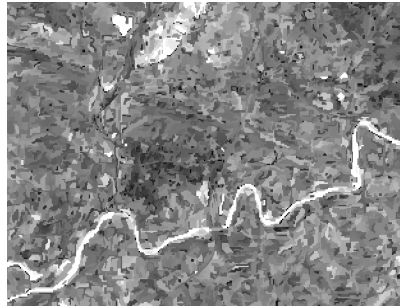
۴ - یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر تجزیه و تحلیل نتایج سگمنت سازی تصویر با پارامترهای مقیاس متفاوت صورت گرفته و نتایج بهینه عملیات سگمنت سازی با مقیاس ۳۵ ضریب شکل ۰/۴ و ضریب فشردگی ۰/۵ انتخاب و در نگاره شماره ۴ نشان داده شده است.

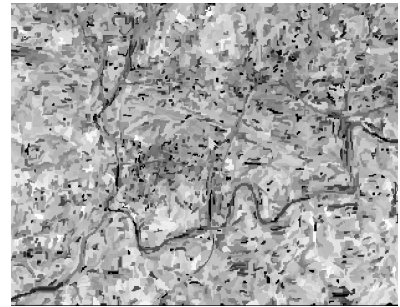
در این پژوهش از توابع مختلف و قابلیت‌های متنوع تکنیک‌های OBIA به منظور استخراج پوشش اراضی با



نگاره ۷: شاخص تعدیل شده تفاضلی
نرمال آب



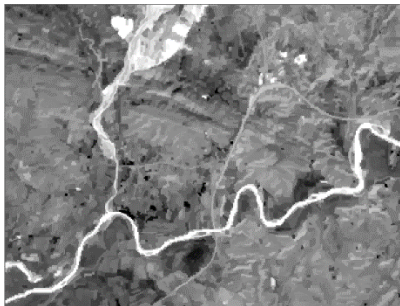
نگاره ۶: بافت همبستگی



نگاره ۵: بافت همگنی



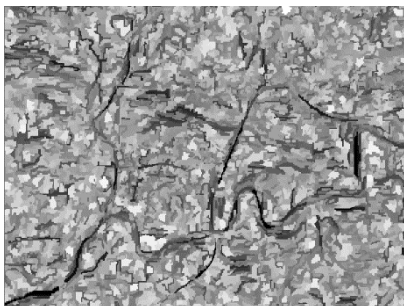
نگاره ۱۰: شاخص استخراج سطح آب



نگاره ۹: شاخص استخراج اتومات آب



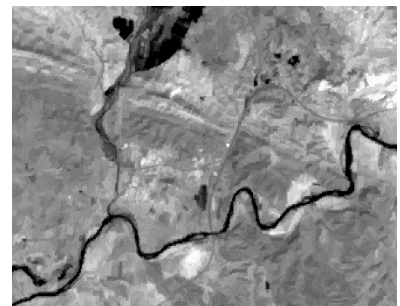
نگاره ۸: شاخص تفاضلی نرمال آب



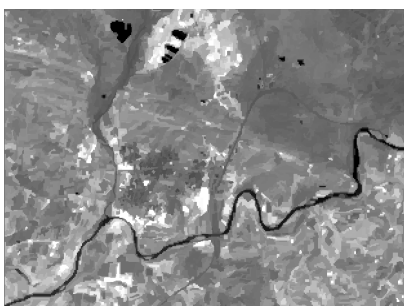
نگاره ۱۳: شاخص تراکم



نگاره ۱۲: باند ۱۱ تصویر ماهواره
ستینل



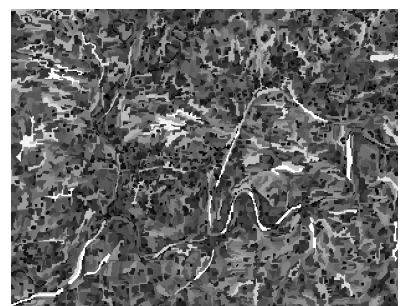
نگاره ۱۱: باند ۸ تصویر ماهواره
ستینل



نگاره ۱۶: شاخص پوشش گیاهی



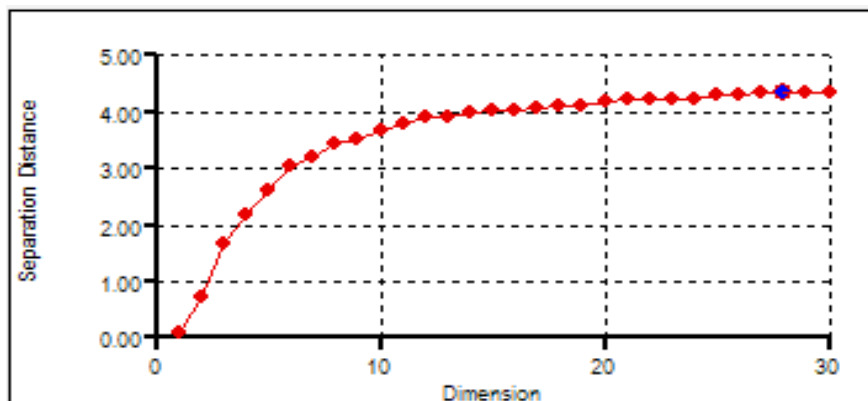
نگاره ۱۵: شاخص روشنایی



نگاره ۱۴: شاخص طول

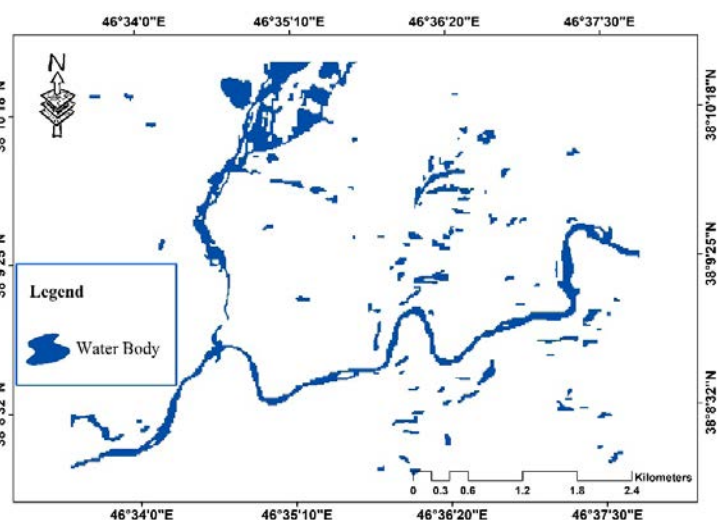
وزن‌های درجه عضویت بر اساس توابع فازی محاسبه شده (نگاره ۱۹) و برای کلاس‌های موردنظر تعریف شدند. پس از انجام طبقه‌بندی به روش فازی شی‌گرا، پهنه‌های آب مطابق نگاره ۲۰ استخراج گردید.

بر اساس نمونه‌های زمینی که با استفاده از دستگاه GPS برداشت شده بود دقت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از محاسبه این دقت‌ها، ضریب کاپا برای طبقه‌بندی نزدیکترین همسایه برابر ۹۳ درصد و دقت کلی برابر ۹۵ درصد محاسبه شد. همچنین ضریب کاپا در روش طبقه‌بندی فازی شی‌گرا برابر ۹۶ درصد و دقت کلی برای استخراج پهنه‌های آبی ۹۸ درصد محاسبه گشت. با توجه به نتایج فوق مشخص می‌گردد که روش فازی شی‌گرا در استخراج پهنه‌های آبی در منطقه مورد مطالعه دارای دقت بیش‌تری است (نگاره شماره ۲۱).



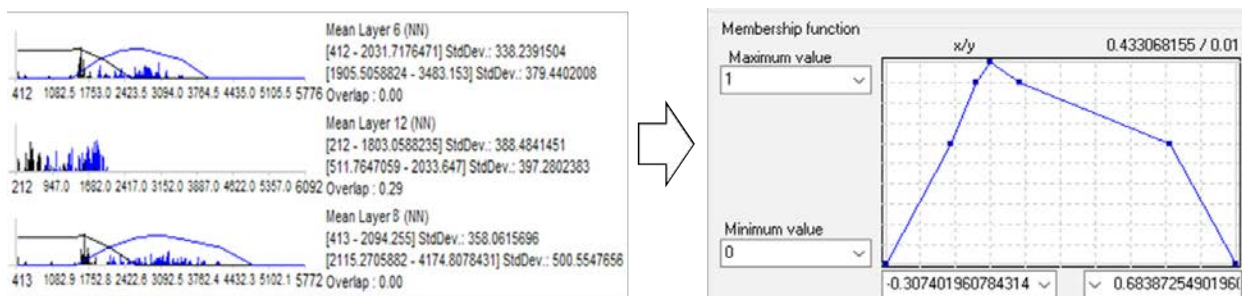
نگاره ۱۷: فاصله تفکیک‌پذیری بین کلاس‌ها با استفاده از الگوریتم FSO

نگاره ۱۸: پهنه‌های آبی استخراج شده با روش نزدیکترین همسایگی

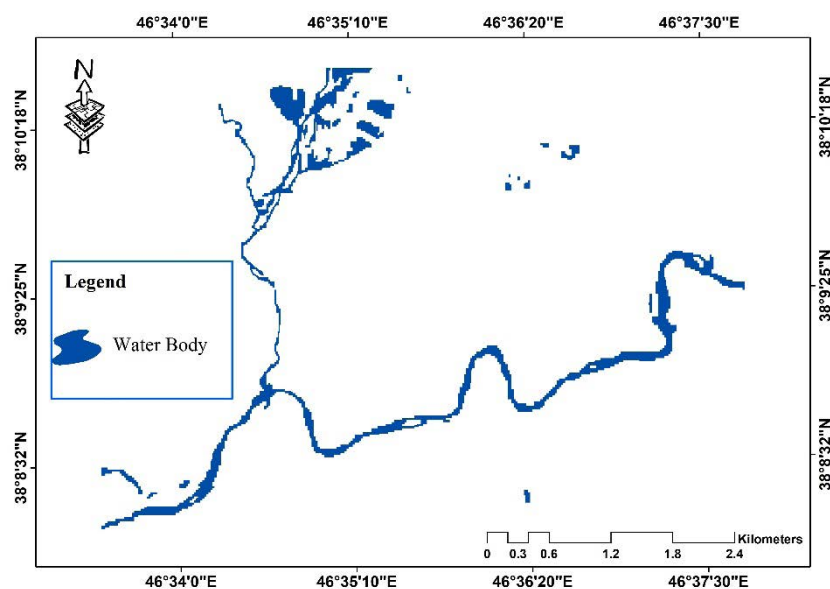


۴-۱ - طبقه‌بندی با روش نزدیکترین همسایگی
در این روش ابتدا نمونه‌های تعلیمی به منظور انجام طبقه‌بندی بر روی تصویر مشخص شده و طبقه‌بندی بر اساس اطلاعات این نمونه‌ها انجام می‌پذیرد. پس از انتخاب توابع به منظور بهینه‌سازی طبقه‌بندی از الگوریتم FSO استفاده شد. در نگاره ۱۷ نمودار حاصل از دسته‌بندی الگوریتم FSO آورده شده و بهترین بعد برای طبقه‌بندی حاضر را بعد ۲۸ معرفی نموده است. پس از انجام طبقه‌بندی به روش نزدیکترین همسایگی، پهنه‌های آب مطابق نگاره ۱۸ استخراج گردید.

۴-۲ - طبقه‌بندی با روش فازی شی‌گرا
در پژوهش حاضر به منظور طبقه‌بندی فازی، نمونه‌ها مشابه روش نزدیکترین همسایه انتخاب گشته و سپس



نگاره ۱۹: سمت چپ توابع فازی و سمت راست محاسبه درجه عضویت



نگاره ۲۰: پهنه‌های آبی استخراج شده با روش فازی شی گرا

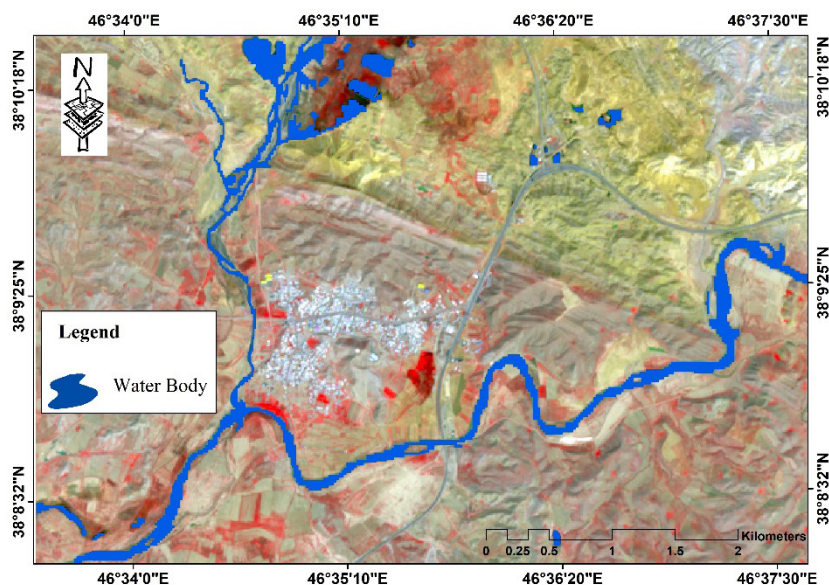
دقیق جهت استخراج پهنه‌های آبی می‌باشد. به همین دلیل در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره سنتینل 2A همراه با روش پردازش شی‌گرا استفاده گردید. در پردازش شی‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات جانبی نظیر ژئومتری، اطلاعات بافت GLCM، انحراف معیار و... استفاده می‌شود. جهت حصول نتایج بهتر، برخی شاخص‌های پرکاربرد در استخراج پهنه‌های آبی از جمله نتایج حاصل از شاخص SWI، AEWI، NDWI و MNDWI^۱، و NDVI به صورت لایه کمکی مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش دو روش نزدیکترین همسایگی و فازی شی‌گرا جهت استخراج پهنه‌های آبی مورد استفاده و مقایسه قرار گرفتند. در روش نزدیکترین

۵- نتیجه‌گیری

روش‌های معمول توانایی محدودی در تفکیک پهنه‌های آبی از عوارض خطی نظیر جاده‌ها و هم‌چنین ابر و سایه و مناطق مسکونی دارند. علاوه بر این، توانایی محدودی در نواحی کوهستانی بویژه در تفکیک آب از برف و ابر دارند. به عبارتی این روش‌ها نمی‌توانند پهنه‌های آبی را از مناطق با آلودگی پایین جدا کنند. مطالعات پیشین نظیر (Li et al, 2014) و هم‌چنین (Jawak and Luis, 2015) با استفاده شاخص‌های آب و تصاویر با رزولیشن بالا توانستند تأثیر سایه و توپولوژی را در استخراج پهنه‌های آبی کاهش داده و دقت نتایج را بهبود بخشند. با توجه به اهمیت پایش آب، نیاز به روش‌های

1- Normalized Difference Water Index (NDWI)

2- Modification of Normalized Difference Water Index (MNDWI)



نگاره ۲۱: نقشه نهایی پهنه‌های استخراج شده به روش فازی شی‌گرا

آبی منطقه را با دقت و سرعت بالاتری پایش کرد. از طرفی یافته‌های این پژوهش با یافته‌های (رکنی و همکاران ۲۰۱۴)، (چن و همکاران ۲۰۱۸)، (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸)، دقیق بودن تکنیک‌های شی‌گرا برای بررسی پهنه‌های آبی را به اثبات می‌رساند؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر جهت پایش پهنه‌های آبی قابل تعمیم به سایر رودخانه‌ها و پهنه‌های آبی نیز می‌باشد. همچنین نتایج در نواحی کوهستانی به‌ویژه برای پایش تغییرات پهنه‌های آبی مناسب می‌باشد. مزیت روش‌های شی‌گرا این است که خیلی سریع بوده و نتایج دارای دقت خوب و بالایی هستند.

منابع و مآخذ

۱. باقری، باقری، سهولی؛ محمدحسین، علی، غلامعباس؛ ۱۳۹۵، تحلیل تغییرات پهنه آبی دریاچه بختگان تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲(۳)، صفحه ۱-۱۱.
۲. راهداری، ملکی، راهداری، محمودی، پورملایی، علیمراد، آبتین، کدخدایی، پورمنافی؛ وحید، سعیده، میثم، سعید، نیره، محمدرضا، الهام، مهدی، سعید؛ ۱۳۹۵، بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی در تهیه نقشه عمق آب و اراضی مجاور ذخیره‌گاه‌های آبی (مطالعه موردی:

همسایگی جهت بهبود نتایج کار، ابتدا فضای جداسازی بین نمونه‌ها با استفاده از الگوریتم FSO بهینه‌سازی شد سپس پهنه‌های آبی با دقت کلی ۹۵ درصد و ضریب کاپای ۹۳ درصد استخراج شدند. با بررسی‌های انجام یافته مشخص شد که این روش پهنه‌های آبی را از مناطق سایه، عوارض خطی نظیر جاده و نیز مناطق مسکونی نمی‌تواند تفکیک کند و این عوارض را به عنوان آب طبقه‌بندی می‌کند و باعث کاهش دقت نتایج می‌شود. در گام بعد پهنه‌های آبی بار دیگر با استفاده از مدل فازی شی‌گرا استخراج گردید. در این روش ابتدا درجه‌های عضویت برای نمونه‌ها محاسبه سپس جهت انجام طبقه‌بندی اعمال شدند. دقت بالای نتایج این روش (دقت کلی ۹۸ درصد و ضریب کاپای ۹۶ درصد) نشان از برتری این روش نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایگی دارد. در این روش پهنه‌های آبی بطور کامل از عوارض خطی نظیر جاده و همچنین از عوارض سایه و ابر و مناطق مسکونی متمایز شده است. مقایسه نتایج این پژوهش با یافته‌های محققان، گمشادزایی و همکاران (۱۳۹۴)، (باتری و همکاران، ۱۳۹۵) و (ملکی و همکاران، ۱۳۹۷)، نشان دهنده اهمیت دقت بالای پردازش شی‌گرا در بررسی و مطالعه پهنه‌های آبی می‌باشد؛ و بیانگر این واقعیت است که با تلفیق شاخص‌های استخراج آب با روش شی‌گرا می‌توان پهنه‌های

11. Baatz, M., Hoffmann, C., & Willhauck, G. (2008). Progressing from object-based to object-oriented image analysis. *Object-Based Image Analysis*, 29-42.
12. Baatz, M., Hoffmann, C., & Willhauck, G. (2008). Progressing from object-based to object-oriented image analysis. In *Object-Based Image Analysis* (pp. 29-42). Springer, Berlin, Heidelberg.
13. Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3), 239-258.
14. Bhagat, V. S., & Sonawane, K. R. (2011). Use of Landsat ETM+ data for delineation of water bodies in hilly zones. *Journal of Hydroinformatics*, 13(4), 661-671.
15. Chaudhuri, B. B., & Sarkar, N. (1995). Texture segmentation using fractal dimension. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 17(1), 72-77.
16. Chaudhuri, B. B., & Sarkar, N. (1995). Texture segmentation using fractal dimension. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 17(1), 72-77.
17. Chen, M., Su, W., Li, L., Zhang, C., Yue, A., & Li, H. (2009). Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(3), 477-489.
18. Drăguț, L., & Blaschke, T. (2006). Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81(3), 330-344.
19. Fassnacht, F. E., Hartig, F., Latifi, H., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2014). Importance of sample size, data type and prediction method for remote sensing-based estimations of aboveground forest biomass. *Remote Sensing of Environment*, 154, 102-114.
20. Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35.
21. Jawak, S. D., & Luis, A. J. (2015). A rapid extraction of water body features from antarctic coastal oasis using very high-resolution satellite remote sensing

- ذخیره گاه‌های آبی چاه نیمه های سیستان)، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲ (۳)، صفحه ۱۴۱-۱۳۰.
۳. رسولی، عباسیان، جها نبخش؛ علی اکبر، شیرزاد، سعید؛ ۱۳۸۷، پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای چندسنجنده و چند زمانه، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۲ (۲)، صفحه ۷۱-۵۲.
۴. رسولی، محمودزاه؛ علی اکبر، حسن؛ ۱۳۸۹، مبانی سنجنش از دور دانش پایه، نشر علمیران، چاپ اول، تبریز، ۱۹۲.
۵. رضایی مقدم، محمدفر، ولی‌زاده کامران؛ محمدحسین، عادل، خلیل؛ ۱۳۹۱، آشکارسازی تغییرات کناری و شناسایی مناطق خطر رودخانه آجی‌چای در محدوده خواجه تا ونیار، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳ (۴)، صفحه ۱۴-۱.
۶. رضایی مقدم، رضایی بنفشه، فیضی‌زاده، نظم‌فر؛ محمدحسین، مجید، بختیار، حسین؛ ۱۳۸۹، طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی براساس تکنیک شی‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های آب‌خیزداری، ۲۳ (۴)، صفحه ۳۲-۱۹.
۷. علوی‌پناه، گودرزی، خاکباز؛ سیدکاظم، سعید، باهره؛ ۱۳۹۰، تکنولوژی سنجنش از دور حرارتی و کاربرد آن در شناسایی پدیده‌ها، نشریه علم، ۲ (۱)، صفحه ۲۵-۲۹.
۸. گمشادزایی، رحیم زادگان؛ محمد حسین، مجید؛ ۱۳۹۴، تعیین سطح پهنه‌های آبی با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و اعمال شاخص‌های طیفی، دومین همایش ملی راهکارهای پیش روی بحران آب در ایران و خاورمیانه.
۹. مجیدی‌خلیل‌آباد، علیزاده، حسینی، وظیفه دوست؛...، امین، فرید، مجید؛ ۱۳۹۷، برآورد تبخیر از مخزن سد دوستی با توسعه و کاربرد روشی جدید مبتنی بر بیلان انرژی، مهندسی عمران، ۱۳ (۲)، صفحه ۱۵۴-۱۶۹.
۱۰. ملکی، سفیانیان، سلطانی‌کوپایی، پورمنافی، شیخ‌الاسلام؛ سعیده، علیرضا، سعید، سعید، فرید؛ ۱۳۹۷، تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون در دوره آبگیری سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه، ۱۴ (۱)، صفحه ۲۲۵-۲۱۶.

A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography*, 31(2), 525-532.

33. Varis, O., & Vakkilainen, P. (2001). China's 8 challenges to water resources management in the first quarter of the 21st Century. *Geomorphology*, 41(2), 93-104.

34. Wang, Y., Huang, F., & Wei, Y. (2013, June). Water body extraction from LANDSAT ETM+ image using MNDWI and KT transformation. In *Geoinformatics (GEOINFORMATICS), 2013 21st International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

35. Wijaya, A., Budiharto, R. S., Tosiani, A., Murdiyarso, D., & Verchot, L. V. (2015). Assessment of large scale land cover change classifications and drivers of deforestation in Indonesia. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(7), 557.

36. Yan, G. (2003, March). Pixel based and object oriented image analysis for coal fire research. *ITC*.

37. Yang, L., Tian, S., Yu, L., Ye, F., Qian, J., & Qian, Y. (2015). Deep learning for extracting water body from Landsat imagery. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 11(6).

38. Yang, Y., Liu, Y., Zhou, M., Zhang, S., Zhan, W., Sun, C., & Duan, Y. (2015). Landsat 8 OLI image based terrestrial water extraction from heterogeneous backgrounds using a reflectance homogenization approach. *Remote Sensing of Environment*, 171, 14-32.

39. Zhang, Y., & Maxwell, T. (2006, May). A fuzzy logic approach to supervised segmentation for object-oriented classification. In *ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada May* (pp. 1-5).

40. Zhang, Y., Liu, X., Zhang, Y., Ling, X., & Huang, X. (2018). Automatic and Unsupervised Water Body Extraction Based on Spectral-Spatial Features Using GF-1 Satellite Imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 16(6), 927-931.

data. *Aquatic Procedia*, 4, 125-132.

22. Kaplan, G., & Avdan, U. (2017). Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 137-143.

23. Ko, B. C., Kim, H. H., & Nam, J. Y. (2015). Classification of potential water bodies using Landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors*, 15(6), 13763-13777.

24. Li, B., Zhang, H., & Xu, F. (2014). Water extraction in high resolution remote sensing image based on hierarchical spectrum and shape features. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 17, No. 1, p. 012123). IOP Publishing.

25. Mondejar, J. P., & Tongco, A. F. (2019). Near infrared band of Landsat 8 as water index: a case study around Cordova and Lapu-Lapu City, Cebu, Philippines. *Sustainable Environment Research*, 29(1), 16.

26. Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote sensing of environment*, 115(5), 1145-1161.

27. Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145-1161.

28. Navulur, K. (2006). *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm*. CRC press.

29. Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management—present and future challenges. *Urban waterWater*, 1(1), 1-14.

30. Rouse Jr, J., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.

31. Senaras, C., Gedik, E., & Yardimci, Y. (2014, July). A novel dynamic thresholding and categorizing approach to extract water objects from VHR satellite images. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International* (pp. 4934-4937). IEEE.

32. Szuster, B. W., Chen, Q., & Borger, M. (2011).

