

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۲۲۴ تا ۲۳۶

ارزیابی روند تغییرات مقدار آب و نمک دریاچه ارومیه با پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره لندست

لیلا ملکانی^{۱*}؛ کیوان محمدزاده^۱؛ مریم ملکی^۱

۱ - استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی مرند، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲ - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز،

تبریز، ایران

(تاریخ دریافت ۰۰/۰۱/۲۱ - تاریخ پذیرش ۰۰/۰۷/۱۰)

چکیده:

در سال‌های گذشته تحت تأثیر عوامل مختلف، سطح آب دریاچه ارومیه کاهش چشمگیری یافته و در پی آن، پدیدار شدن پهنه‌های نمکی، موجب عواقب زیانباری شده که بررسی آن را ضرورت بخشیده است. این پژوهش با هدف بررسی میزان خشک‌شدگی آب دریاچه ارومیه و افزایش نمک انجام گرفت. برای این منظور از تصاویر ماهواره لندست در طی دوره‌های زمانی مختلف (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹) استفاده شد. برای پردازش و شناسایی مقدار نمک مرطوب و مخلوط با خاک و میزان پسروی آب، از روش پردازش شیء گرا استفاده شد. مقیاس ۱۵ برای تصاویر لندست ۵ و ۷ و مقیاس ۱۵۰ برای قطعه‌بندی تصاویر لندست ۸ به کار برده شد و انواع مختلف شاخص شوری، روشنایی و پوشش گیاهی روی تصاویر اعمال شد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات سالانه سطح آب دریاچه و همچنین تغییرات نمک مرطوب و مخلوط با خاک در مقیاس سالانه چشمگیر است. وسعت پهنه آبی دریاچه در دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۵، ۳۲/۷۴ درصد کاهش داشت و از ۵۷۲۲/۸۳ به ۶۸۷/۷۱۸ کیلومتر مربع رسید و مقدار نمک مرطوب و مخلوط با خاک ۳۰/۳۸ درصد افزایش یافت. از سال ۲۰۱۵ به بعد به دلیل افزایش بارش و اقدامات پیشگیرانه برای احیای دریاچه این روند معکوس شده و وسعت پهنه‌های آبی ۳۵۰۲/۲۶۷ کیلومتر مربع افزایش و میزان شوری ۲۰/۱۹۸ درصد کاهش یافته است. دقت کلی ۰/۹۴ و ضریب کاپای ۰/۹۲ برای طبقه‌بندی تصاویر حاکی از توانایی زیاد پردازش شیء گرا در طبقه‌بندی پدیده‌های سطح زمین و دقت نتایج است.

کلید واژگان: پردازش شیء گرا، پهنه‌های آبی، دریاچه ارومیه، شوری

۱. مقدمه

۳۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر رسیده است (Esmaeili *et al.*, 2010). بنابراین ارزیابی وسعت و پیشروی شوری خاک به‌منظور انتخاب عملیات مناسب کشاورزی، آبیاری و مدیریت زهکشی که به کاهش شوری کمک می‌کند و تحلیل راهکارهای پیشگیرانه برای به حداقل رساندن خسارات مهم است. با این اوصاف، پایش و ارزیابی مستمر چنین مناطقی را می‌توان موضوعی مهم در توسعه ملی و مدیریت منابع طبیعی تلقی کرد. روش‌های سنتی جمع‌آوری داده در تحقیقات خاک دارای مشکلات زیادی است که با استفاده از فناوری سنجش از دور رفع‌شدنی است (Sanaeinejad *et al.*, 2011).

امروزه سنجش از دور و تصاویر به‌دست‌آمده از سنجنده‌های چندطیفی مستقر بر ماهواره‌ها، در فعالیت‌های پژوهشی بسیاری از سازمان‌ها، برای مدیریت منابع آب و خاک، تهیه نقشه شوری و پایش گسترش شوری خاک، استفاده می‌شوند. از اختلاف در بازتاب باندهای مختلف تصاویر می‌توان به‌منظور تشخیص انواع پوشش زمین استفاده کرد (Metternicht and Zinck, 2008; Daempanah *et al.*, 2011). ابزارهای دورسنجی در فرم تصاویر ماهواره‌ای و تولید نقشه‌های موضوعی از این تصاویر به کمک فنون سنجش از دور و GIS از کارآمدترین ابزارها از نظر هزینه، سرعت و دقت برای پایش و کنترل این پدیده‌اند (Sharifikia *et al.*, 2012). مزیت دیگر این روش نداشتن محدودیت‌های زمانی و مکانی معمول است (Alesheikh *et al.*, 2003).

از سال ۱۹۷۲، ماهواره‌های سنجش از دور از قبیل لندست، تصاویر رقومی از محدوده طیفی مادون قرمز را در اختیار کاربران قرار می‌دهند. در این محدوده، تمایز آب و خشکی به‌راحتی صورت می‌پذیرد. از

دریاچه ارومیه با وسعتی بین ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع، بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران و بیستمین دریاچه جهان و از ارکان مهم پایدارکننده محیط زیست در شمال غرب ایران است (Rasouli *et al.*, 2008). امروزه این دریاچه به بحران زیست‌محیطی بزرگی دچار شده است و در خطر خشک شدن کامل قرار دارد و سطح آب آن در ۱۰ سال گذشته، ۶ متر کاهش داشته است (Sehat and Mohammadi, 2017). خشک شدن دریاچه ارومیه با توجه به ذخیره نمکی عظیم آن، عواقب زیست‌محیطی بسیاری دارد که یکی از آنها تخریب و شور شدن خاک‌های اطراف دریاچه، کاهش حاصلخیزی خاک و تولید محصول است (Khademi *et al.*, 2015).

همه خاک‌ها، مقداری نمک محلول دارند، اما شوری خاک زمانی موجب تخریب و خسارت می‌شود که تجمع نمک از حد معینی فراتر رود و گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهد (Rengasamy, 2006). شوری از مشکلات حاد زیست‌محیطی و کشاورزی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین است که علت آن مواد مادری با منشأ شور، آبیاری شدید، سفره آب زیرزمینی کم‌عمق و زهکشی نامناسب و ... است که مانع آب‌شویی نمک‌های محلول می‌شود. همه این موارد در خاک‌های این نواحی وجود دارند و خشکسالی‌ها و بهره‌برداری‌های نادرست از توان‌های محیطی در چند دهه اخیر روند افزایش شوری خاک را تسریع کرده است. میانگین نمک محلول در آب دریاچه ارومیه بین ۲۲۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر است که براساس شرایط زمانی و مکانی تفاوت دارد. برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهند که شوری آب دریاچه از سال ۲۰۰۱ به بعد به بیش از

روش طبقه‌بندی پیکسل پایه ضریب کاپا ۰/۸۶ و دقت کلی ۸۸/۶۷ برآورد شد و برای روش شی‌اگر این ضرایب به ترتیب ۰/۹۳ و ۹۴/۲ به دست آمد که بیانگر دقت بیشتر روش شی‌اگر است. Faizizadeh و همکاران (۲۰۱۷) با هدف شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از روش فازی شی‌اگر، تحقیقی را انجام دادند. با انتخاب معیارهای دقیق سگمنت‌سازی، الگوریتم‌های مناسب کلاسه‌بندی و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی زیاد، توانستند نتایج را بهبود بخشند و ابهامات نقشه را که در روش پیکسل پایه بود رفع کنند. Moharrami و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر پسروری دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه را با پردازش شی‌اگر تصاویر ماهواره‌ای مدل‌سازی کردند.

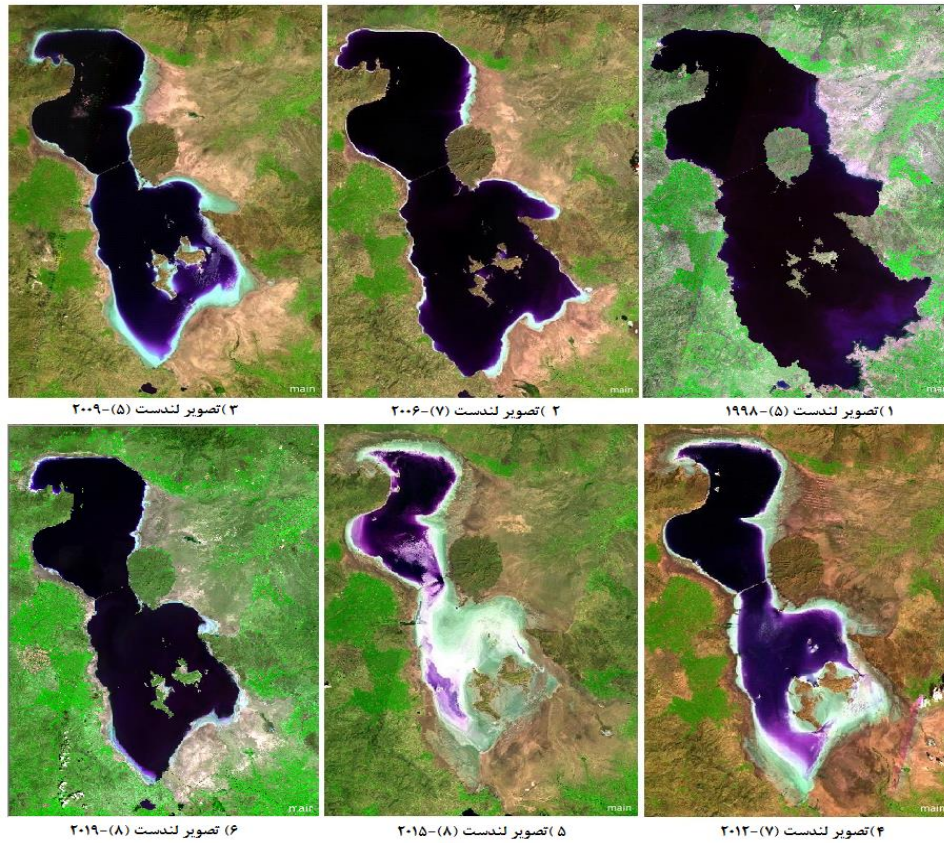
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه پژوهش

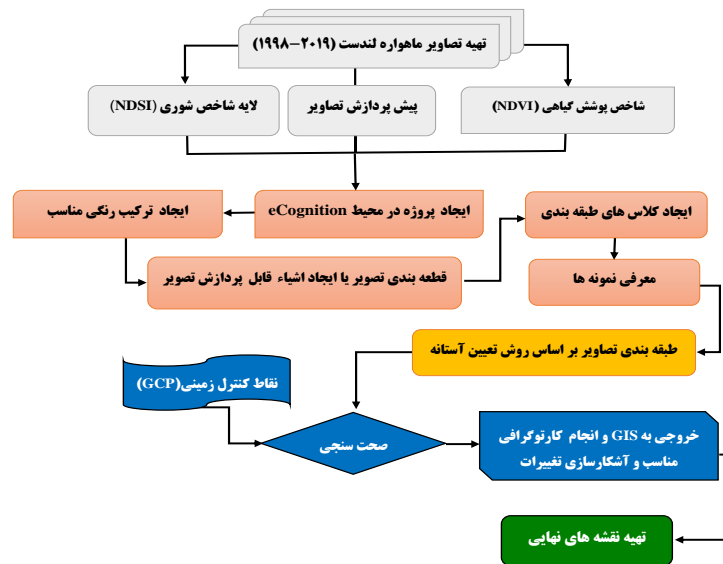
دریاچه ارومیه با مساحت تقریبی ۱۵۳۷۵/۱۱ کیلومتر مربع بین ۳۷ تا ۳۸/۵ درجه عرض شمالی و ۴۵ تا ۴۶،۵ طول شرقی در شمال غرب ایران واقع شده است. میانگین شوری آب دریاچه ارومیه بین ۲۲۰ تا ۳۰۰ گرم در لیتر است که بسته به شرایط زمانی و مکانی مختلف متغیر است. دریاچه ارومیه و پارک حفاظت‌شده آن با وجود حیات گیاهی و جانوری متنوع و ساختار توپوگرافی جزایر ۱۰۲ گانه‌اش انبوهی از نیزارها، تالاب‌ها، جنگل‌های درختچه‌ای گز و دلتاهای چهارده رودخانه دائمی و فصلی در پیرامون، مجموعه نادری از اکوسیستم‌ها را در خود جای داده است. محیط آبی دریاچه با خصوصیات شیمیایی و چرخه زندگی آرتیمیا، جلبک و خیل عظیم پرندگان نادر، آن را در بین همه

این‌رو تصاویر سنجش از دور و فناوری‌های پردازش تصاویر می‌توانند سبب کاهش مشکلات یادشده شوند (Winarso *et al.*, 2001). با توجه به کارایی زیاد این فناوری، پژوهش در خصوص معرفی روش‌های جدید به منظور افزایش دقت و سرعت در حال اجراست. از میان روش‌های جدیدی که دقت زیادی هم دارند، می‌توان به روش‌های شی‌اگر اشاره کرد. روش‌های کلاسیک در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای توانایی محدودی در جدا کردن کلاس‌های دارای اطلاعات طیفی مشابه که در هم ادغام می‌شوند دارند و این موضوع موجب کاهش صحت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه می‌شود (Yan., 2003). به همین دلیل در سال‌های اخیر با پیشرفت فناوری پردازش کامپیوتری روش‌های جدیدی همچون روش‌های پردازش شی‌اگر ابداع شده‌اند که نسبت به روش کلاسیک پیکسل پایه دقت خیلی بیشتری دارد (Faizizafeh, 2019).

به دلیل اهمیت راهبردی دریاچه ارومیه، پژوهش‌های متعددی در دوره‌های زمانی مختلف درباره آن صورت گرفته است. Valizadeh و Khorrami (۲۰۱۸)، تغییرات مساحت دریاچه ارومیه را از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۴ با استفاده از دوازده تصویر ماهواره‌ای سری لندست در زمان‌های مختلف بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش مساحت دریاچه از ۴۵۱۸۰۰ هکتار در سال ۱۹۵۵ به ۸۹۳۷۰ هکتار در سال ۲۰۱۴ است و بیشترین پسروری آب که موجب افزایش مناطق شور ساحلی شده در قسمت‌های جنوبی دریاچه رخ داده است. Faizizadeh در سال ۲۰۱۹ برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه از دو روش پردازش پیکسل پایه و شی‌اگر استفاده کردند. برای



شکل ۱- تصاویر ماهواره لندست از منطقه پژوهش در دوره‌های مختلف



شکل ۲- فلوجارت مراحل پژوهش

۲-۲. مواد و روش‌ها

منطقه تحت بررسی در این تحقیق را سه تصویر لندست با ردیف و گذرهای ۱۶۹-۳۴ و ۱۶۹-۳۳ و

پارک‌های ایران و حتی جهان متمایز ساخته است (Nasiri *et al.*, 1996). موضوع این تحقیق با توجه به اهمیت وسعت و شوری آب این دریاچه برای ساکنان و جانداران منطقه و همسایگانش انتخاب شد.

جدول ۱- شاخص‌های متداول برای ارزیابی شوری

Index	Formulation	References
Soil-Adjusted Vegetation Index(SAVI)	$(NIR-R)/(NIR+R+L)(1+L)$	Huete, 1988
Salinity index(Si-T)	$(R/NIR)*100$	Tripathi <i>et al.</i> , 1997
Brightness Index (BI)	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	
Normalized Differential Salinity Index (NDSI)	$(R-NIR)/(R+NIR)$	Khan <i>et al.</i> , 2005
Salinity Index (SI)	$\sqrt{B * R}$	Douaoui <i>et al.</i> , 2006
Salinity Index 1 (SI1)	$\sqrt{G * R}$	
Salinity Index 2 (SI2)	$\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	
Salinity Index 3 (SI3)	$\sqrt{G^2 + R^2}$	
Salinity Index (S1)	B/R	Abbas and Khan., 2007
Salinity Index (S2)	$(B-R)/(B+R)$	
Salinity Index (S3)	$(G*R)/B$	
Salinity Index (S5)	$(B*R)/G$	
Salinity Index (S6)	$(R*NIR)/G$	

موزائیک تصاویر و برش محدوده مورد نظر و ... تصاویر برای پردازش آماده شدند. هدف اصلی این مرحله رفع خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر خام و افزایش صحت و قابلیت دسته‌بندی اطلاعات رقومی مختلف بود. سپس تصاویر برای عملیات پردازش به روش شیء‌پایه وارد محیط نرم‌افزاری 9.1 eCognition شدند. در محیط 9.1 eCognition الگوریتم‌های مختلف به‌منظور کلاس‌بندی نواحی شور اعمال شدند و در نهایت الگوریتم دارای بهترین نتیجه برای کلاس‌بندی، برای تصاویر دیگر نیز اعمال شد و بدین ترتیب تصاویر از نظر شوری پهنه‌بندی شدند. جدول ۱ شاخص‌های متداول برای ارزیابی شوری را نشان می‌دهد.

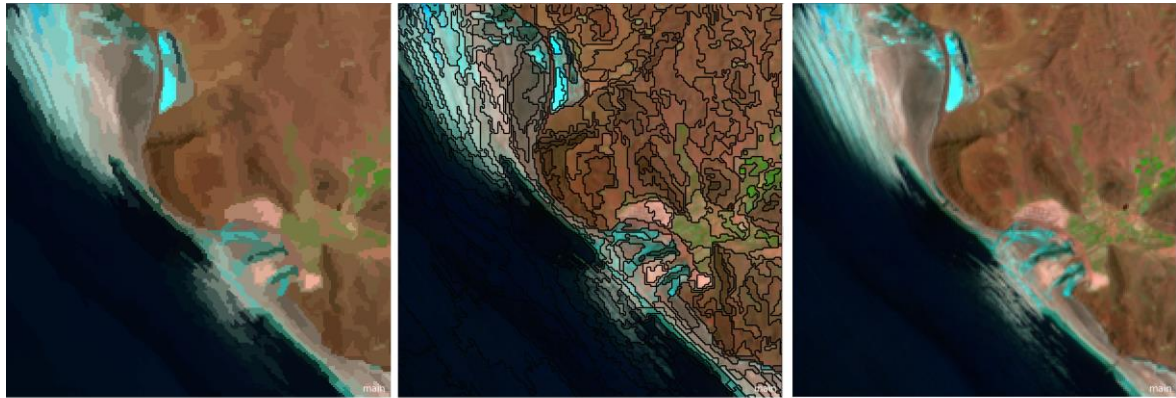
۱-۲-۲. پردازش شیء‌گرا

روش طبقه‌بندی شیء‌پایه فرایندی است که در آن هر یک از اشیای تصویری به یکی (یا هیچ‌کدام) از کلاس‌های آب، نمک مرطوب، نمک مخلوط با خاک و دیگر کاربری اختصاص می‌یابند. این نوع طبقه‌بندی

۳۴-۱۶۸ پوشش کامل می‌دهند. این پژوهش در دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۸ صورت گرفت و شامل تصاویر لندست ۷ (سنجنده ETM) برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲، تصاویر لندست ۵ (سنجنده TM) برای سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۹ (به‌دلیل ابرناکی تصویر از لندست ۵ استفاده شد) و تصاویر لندست ۸ (سنجنده OLI) برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ بود. افزون‌بر این، از داده‌های حاصل از برداشت زمینی با GPS برای صحت‌سنجی نتایج استفاده شد. شکل ۱ تصاویر ماهواره لندست از منطقه تحت بررسی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

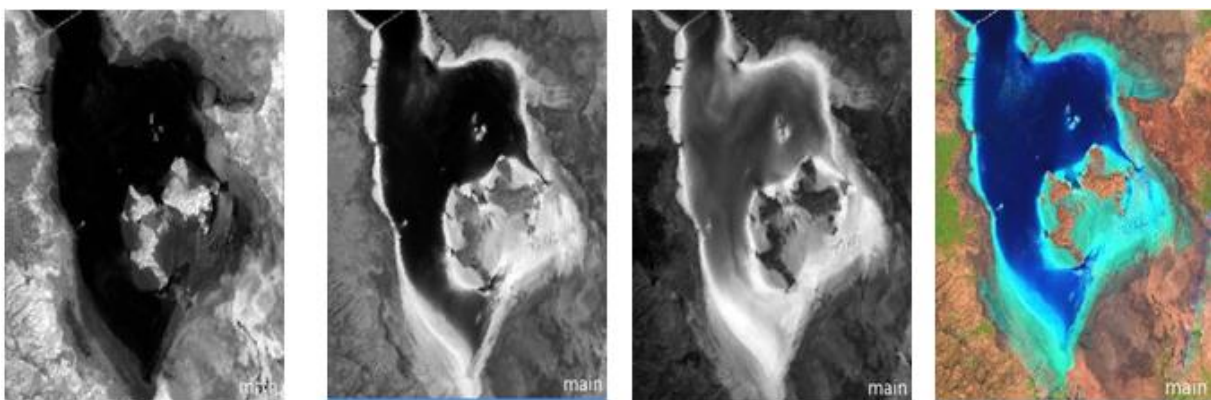
در این تحقیق از نرم‌افزارهای 5.1 ENVI برای مراحل پیش‌پردازش و آماده کردن تصویر به‌منظور پردازش و از نرم‌افزار 9.1 eCognition و Arc Gis 10.6 برای اجرای مراحل پس‌پردازش و تهیه خروجی‌های لازم استفاده شد. شکل ۲ فلوجارت مراحل تحقیق را نشان می‌دهد.

در مرحله پیش‌پردازش، با عملیاتی مانند روی هم گذاری باند تصاویر، تعریف طول موج و سنجنده و

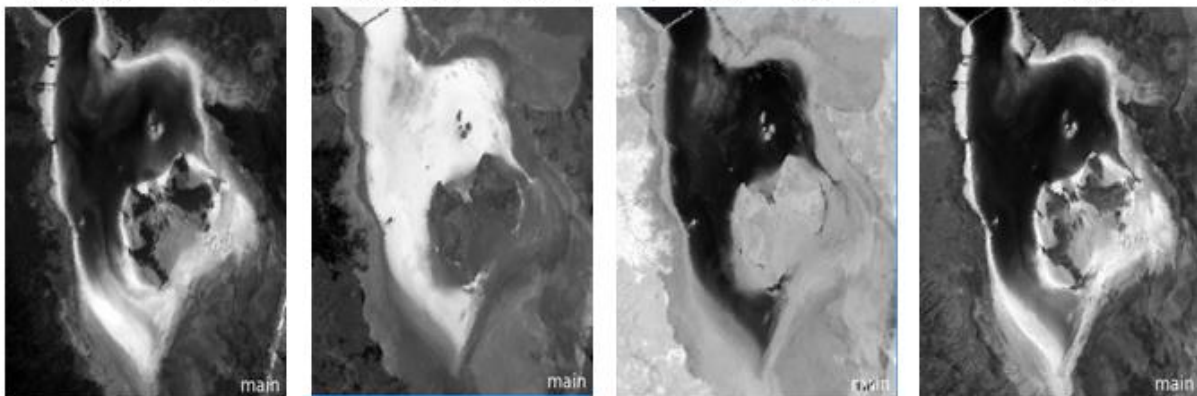


الف. حالت اولیه تصویر لندست (پیکسل پایه) ب. تصویر قطعه بندی شده با مقیاس ۵۰ ج. حالت اشیاء تصویر ایجاد شده

شکل ۳- نتایج سگمنت سازی تصاویر لندست در دوره های مختلف



تصویر اولیه لندست میانگین باندهای سبز (Green) میانگین باندهای قرمز نزدیک میانگین باندهای مادون قرمز متوسط

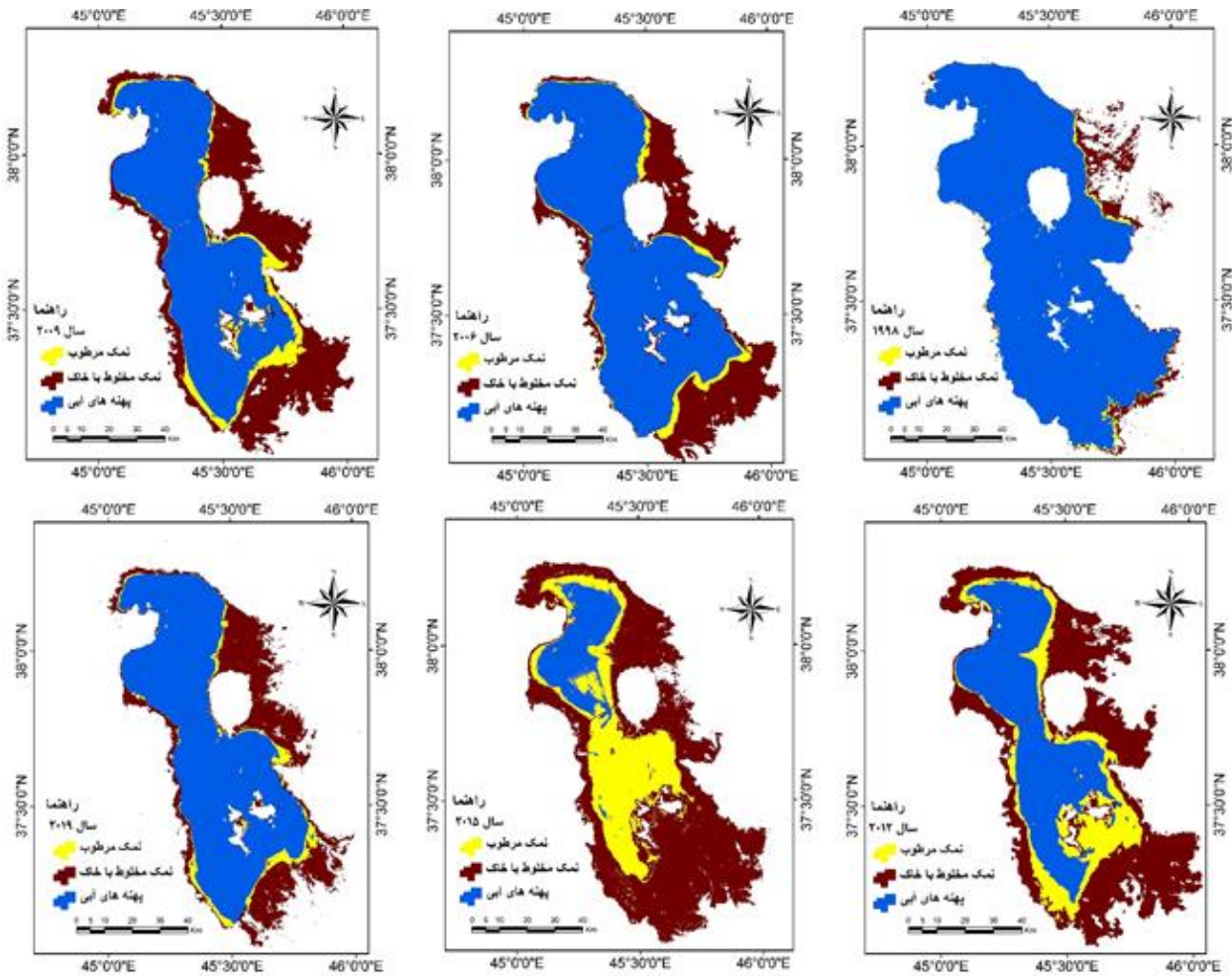


شاخص روشنایی شاخص NDVI شاخص NDSI شاخص Salinity Index (S₃)

شکل ۴- اعمال برخی شاخص های پر کاربرد در روند پردازش تصاویر در محیط eCognition developer

تعریف شرایط مناسب برای هر کلاس، مبنای طبقه بندی را شکل می دهد. این فرایند طبقه بندی تکرارپذیر است و تا حصول بیشترین درجه عضویت برای هر یک از کلاس ها ادامه می یابد. در مقایسه با تئوری باینری (پیکسل پایه) که دارای دو ارزش صفر و

برخلاف طبقه بندی پیکسل پایه، مبتنی بر منطق فازی است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می کند. در این روش، پیکسل ها با درجه عضویت متفاوت در بیش از یک کلاس طبقه بندی می شوند.



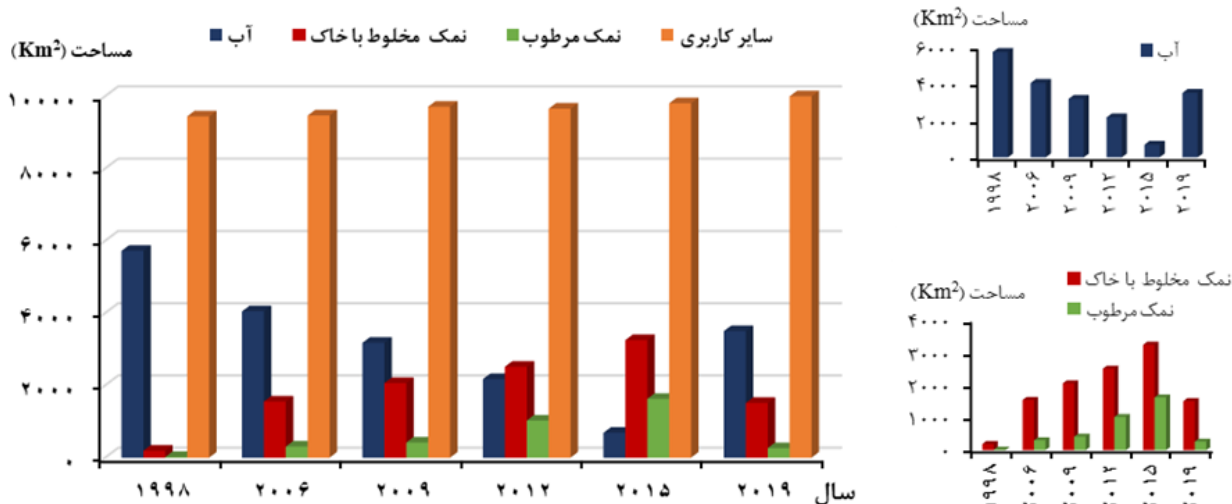
شکل ۵- نقشه کلاس بندی آب و نمک دریاچه در سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹

زیاد، مشکل پیکسل های مخلوط را کاهش می دهد، اما سبب افزایش تغییرات داخلی و اختلال داخل کلاس های کاربری اراضی می شود (Schiewe et al., 2001). سگمنت به معنای گروهی از پیکسل های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم ترین معیار مشترک آنهاست. در پردازش شیء گرا از تصاویر، اشیا، گروهی از پیکسل ها مطابق با معیارهای همگنی و ناهمگنی شکل می گیرند که مهم ترین فرایندها در پردازش شیء گرای تصاویر را تشکیل می دهند. سگمنت سازی عناصر تصویر را براساس بافت، شکل و درجات روشنایی تفکیک می کند (Feizizadeh and HajiMirrahimi, 2007). اولین گام در طبقه بندی شیء گرا در نرم افزار eCognition، فرایند قطعه بندی

یک است، تئوری فازی دارای انعطاف پذیری بیشتری است و اجازه می دهد که یک پیکسل براساس درجه عضویت معین به چند کلاس نسبت داده شود (Feizizadeh & Helali, 2010). مزیت طبقه بندی شیء گرا بر طبقه بندی پیکسل مینا این است که اشیای تصویر حاوی اطلاعات بیشتری نسبت به تک تک پیکسل هاست؛ چراکه در طبقه بندی شیء پایه، افزون بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و محتوا نیز برای طبقه بندی استفاده می شود (James et al., 2006).

۲-۲-۱. سگمنت سازی

در روش های سنتی پیکسل پایه، طبقه بندی به جای اشیای تصویر براساس تجزیه و تحلیل پیکسل ها صورت می گیرد. طبقه بندی پیکسلی تصاویر با قدرت تفکیک



شکل ۶- روند تغییرات هر کدام از کلاس‌ها

جدول ۲- مساحت هر کدام از کلاس‌های طبقه‌بندی در سال‌های مختلف

۲۰۱۹		۲۰۱۵		۲۰۱۲		۲۰۰۹		۲۰۰۶		مساحت در ۱۹۹۸		نوع کاربری
درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	
۲۲/۷۸	۳۵۰۲/۱۱	۱۰/۵۸	۱۶۲۷/۱۵	۶/۶۷	۱۰۲۵/۷۶	۲۰/۶۸	۳۱۷۹/۷۱	۲۶/۳۲	۴۰۴۸/۱۳	۳۷/۲۲	۵۷۲/۸۳	پهنه‌های آبی
۱/۷۱	۲۶۲/۷۷	۲۱/۱۶	۳۲۵۳/۶۷	۱۶/۳۶	۲۵۱۵/۹۴	۲/۷۳	۴۱۹/۳۴۳	۱/۹۹	۳۰۵/۸۰۳	۰/۱۱	۱۶/۵۰۲	نمک رطوب
۹/۸۴	۱۵۱۳/۱۹	۶۳/۷۸	۹۸۰۶/۵۷	۶۲/۸۲	۹۶۵۷/۸۸	۱۳/۴۲	۲۰۶۳/۵۵	۱۰/۰۹	۱۵۵۰/۹۴	۱/۲۵	۱۹۲/۶۹	نمک و خاک
۶۵/۶۷	۱۰۰۹۷/۰۴	۴/۴۷	۶۸۷/۷۲	۱۴/۱۵	۲۱۷۵/۵۳	۶۳/۱۷	۹۷۱۳/۱۵	۶۱/۵۹	۹۴۷۰/۲۴	۶۱/۴۳	۹۴۴۶/۰۸	سایر

امکان eCognition developer 9.1 کلاس‌بندی‌های متنوع شیء‌گرایی را براساس اشیای اولیه تصویر فراهم می‌کند. قطعه‌بندی چندتفکیکی از پرکاربردترین انواع قطعه‌بندی تصویر محسوب می‌شود. در این روش سه پارامتر مقیاس قطعه‌بندی، شکل و فشردگی باید تعریف شود (Pacifci et al., 2009). حالت پیشفرض این پارامترها برای مقیاس برابر ۱۰ و برای شکل و فشردگی به ترتیب ۰/۱ و ۰/۵ است.

۳. نتایج

اشیای تصویر است. الگوریتم قطعه‌بندی، تصویر را براساس ویژگی‌های طیفی و مکانی به اشیای تصویر قطعه‌بندی می‌کند (Hoffmann & Van der Vegt, 2001). اشیای تصویر افزون‌بر اطلاعات طیفی، اطلاعات مربوط به شکل اشیای، ویژگی‌های بافتی و ویژگی‌های آماری پیکسل‌ها و همچنین روابط بین اشیای و لایه‌های موضوعی را دارا هستند (Hoffmann and Van der Vegt, 2001; Baatz et al., 2004). هدف اصلی دسته‌بندی تصویر، ایجاد اشیای تصویری قابل پردازش منطبق بر شکل و اندازه عوارض موجود در روی تصویر است. نرم‌افزار

سگمنت‌های تصویر را به کلاس متعلق به آن شیء تصویری اختصاص می‌دهد. این روش طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم *Assign class* انجام گرفت. برای اجرای این روش، ابتدا براساس نقاط کنترل زمینی، معیارها و الگوریتم‌های مناسب به منظور استخراج هر کدام از کاربری‌ها انتخاب شدند. سپس آستانه‌های طیفی و همچنین آستانه‌های مبتنی بر شاخص‌های محاسبه‌شده برای استخراج کاربری‌های مورد نظر اعمال شدند. شکل ۵ نتایج این طبقه‌بندی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهند. با توجه به اینکه تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های زمانی مختلف تهیه می‌شوند، می‌توان از آنها برای بررسی پوشش زمین و کاربری زمین استفاده کرد. در این پژوهش پس از تصحیحات لازم و پیش‌پردازش‌های اولیه تصاویر، داده‌ها به روش شیء‌گرا طبقه‌بندی شدند، به عبارت دیگر کیفیت تصاویر از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری بررسی و تصحیح شد. سپس تصاویر وارد محیط نرم‌افزاری *eCognition* شدند و همه شاخص‌های متداول برای ارزیابی شوری آزمون شده و شاخص‌های مناسب برای کلاس‌بندی استفاده شدند (شکل ۶ و جدول ۲). در ادامه برای ارائه دیدی کلی از وضعیت مساحت پهنه‌های آبی، مقایسه مساحت این طبقه به صورت شکل ۷ ارائه شده است. بدین صورت که قسمت آبی پررنگ که محدوده وسیع‌تری را در بر گرفته مربوط به وضعیت پرآبی دریاچه در سال ۱۹۹۸ است و بخش کوچک به رنگ قرمز، پهنه آبی دریاچه را در حالت کم‌آبی در سال ۲۰۱۵ نمایش می‌دهد که بحرانی‌ترین وضعیت دریاچه در سال‌های اخیر بوده است. آبی کم‌رنگ هم وضعیت موجود در سال ۲۰۱۹ پس از بارندگی‌های اخیر و عملیات صورت‌گرفته برای احیای دریاچه را نشان می‌دهد.

در این پژوهش، ابتدا ترکیب باندی مناسب ایجاد شد و سپس عملیات سگمنت‌سازی با اعمال الگوریتم قطعه‌بندی چندتفکیکی انجام گرفت. از میان مقیاس‌های مختلف، مقیاس ۱۵ برای تصاویر لندست ۵ و ۷ و مقیاس ۱۵۰ برای تصاویر لندست ۸ (به دلیل تفاوت در قدرت تفکیک رادیومتریک) به عنوان مقیاس‌های مناسب برگزیده شدند و ضریب شکل و ضریب فشردگی هر کدام به ترتیب ۰/۳ و ۰/۵ انتخاب شد. علاوه بر این، به هنگام سگمنت‌سازی وزن باند مادون قرمز نزدیک و شاخص *NDVI* به دلیل اهمیت آن به ترتیب ۳ و ۲ و وزن باندهای دیگر ۱ انتخاب شد. نتایج قطعه‌بندی تصویر در شکل ۳ نشان داده شده است. بعد از قطعه‌بندی تصویر، شاخص‌های مختلف برای طبقه‌بندی به محیط نرم‌افزار وارد و از بین آنها مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب شدند. سپس با در نظر گرفتن اپتیمم شاخص‌های مورد نظر، از الگوریتم *Assign class* برای طبقه‌بندی براساس روش‌های شیء‌گرا استفاده شد. در این پژوهش از

توابع مختلف و قابلیت‌های متنوع روش‌های *OBIA*

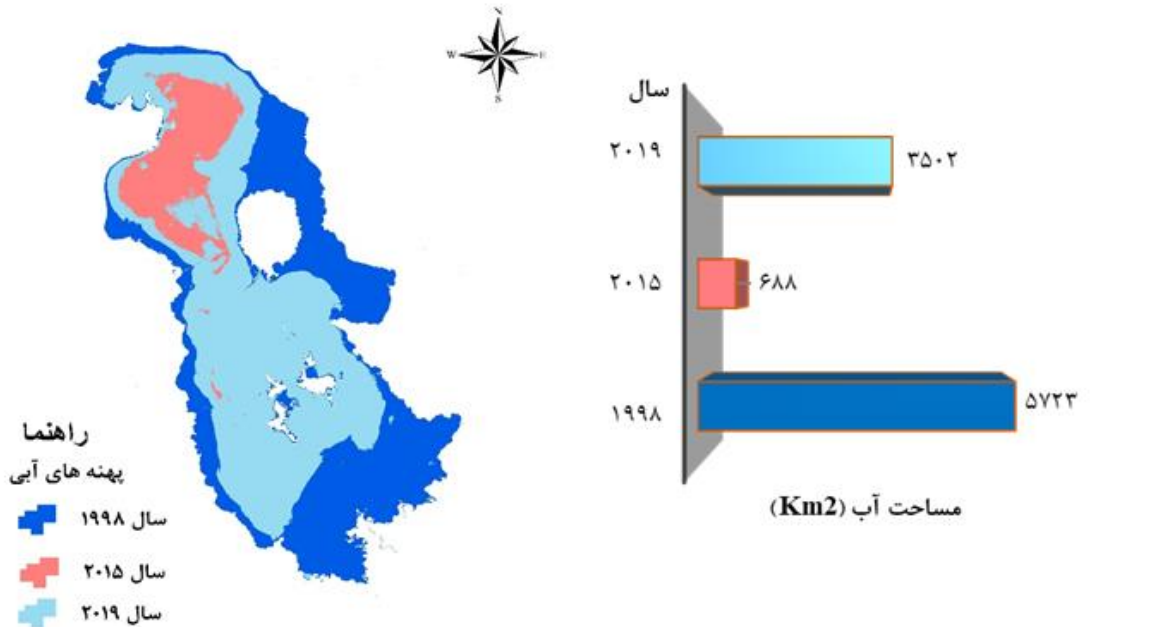
برای استخراج کلاس‌های مورد نظر استفاده شده است؛ از جمله این توابع می‌توان به اعمال برخی شاخص‌ها مانند شاخص *(NDSI)*، میانگین باندهای تصویر، شاخص پوشش گیاهی *(NDVI)* و ... اشاره کرد. نتایج حاصل از اعمال برخی از این توابع به صورت موردی در شکل ۴ نشان داده شده است.

۳-۱. طبقه‌بندی تصاویر براساس روش تعیین آستانه

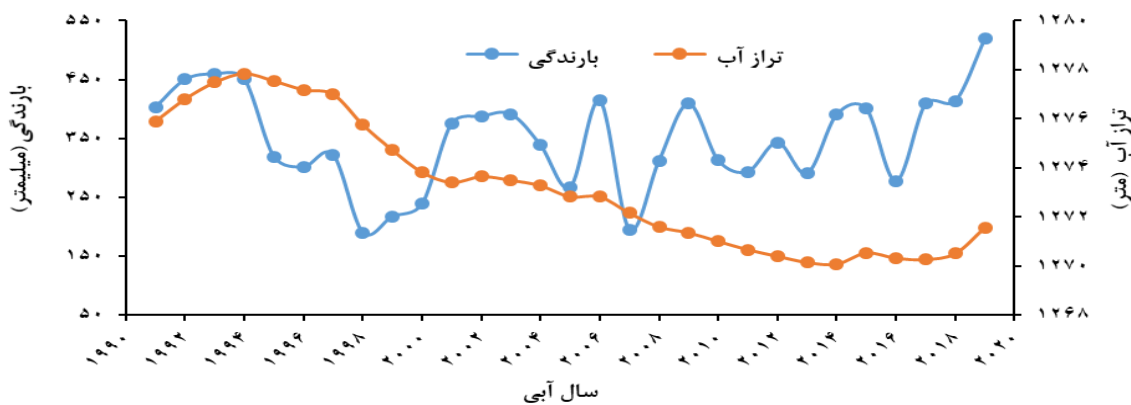
این نوع ساده‌ترین نوع طبقه‌بندی است که از شرط آستانه‌گذاری برای کلاس‌بندی اشیای تصویر استفاده می‌کند و با تعریف شرایط خاصی، هریک از

خود (۱۲۷۰/۰۸ متر) رسیده است. در سال‌های اخیر به لطف افزایش بارش و تلاش‌های ستاد احیای دریاچه، این وضعیت دوباره صعودی شده که نقطه امیدبخشی برای بهبود شرایط اکولوژیکی و آبی دریاچه در سال‌های آینده است. دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده است و در نقشه‌های کاربری اراضی به‌دست آمده از تصاویر سنجنش از دور باید حداقل ۸۵ درصد باشد. منظور از صحت طبقه‌بندی، سطحی از اطمینان است

بررسی روند بارش و تراز سطح آب مطابق شکل ۸ نشان می‌دهد که بعد از سال ۱۹۹۴ (بیشترین مقدار تراز آبی ۱۲۷۷/۸۵ متر) تا ۲۰۱۴ روند تراز آب نزولی بوده و در این مدت گاه با بهبود شرایط اقلیمی و افزایش بارندگی، دریاچه در مقاطعی شاهد شرایط تثبیت تراز آبی و حتی افزایش نسبی تراز آبی بوده است، اما همان‌طور که مشاهده می‌شود، این کاهش تراز آبی از سال ۲۰۰۷ (تراز آبی ۱۲۷۲/۶ متر) که مقارن با کمترین مقدار نزولات جوی (۱۹۵/۴) نیز است، تشدید شده و در سال ۲۰۱۴ به کمترین میزان



شکل ۷- مقایسه پهنه آبی دریاچه در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹



شکل ۸- نمودار مقدار بارندگی و تراز آب در دریاچه ارومیه

استخراج شد (جدول ۳). مطابق جدول ۳ دقت کلی طبقه‌بندی معادل ۰/۹۴ و ضریب کاپای طبقه‌بندی نیز معادل ۰/۹۲ درصد برآورد شد. این دقت زیاد بیشتر به این دلیل است که در این روش، علاوه بر استفاده از اطلاعات طیفی، از اطلاعات مربوط به محتوا، شکل، بافت و تن نیز برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. بنابراین بهره‌گیری از اطلاعاتی غیر از ارزش‌های عددی در طبقه‌بندی تصاویر، موجب افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود (Feizizadeh, eCognition روش ارزیابی صحت با (2019).

که از نسبت بین پیکسل‌های ارزیابی‌شده برای طبقه‌بندی و مجموعه‌ای از داده‌های حقایق زمینی جمع‌آوری‌شده توسط مفسر حاصل می‌شود (Rasouli and Mahmoudzadeh, 2010). در این مرحله، برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی، به ارزیابی دقت طبقه‌بندی پرداخته شد. در طی عملیات میدانی به‌طور تصادفی نقاط کنترل با GPS از سطح منطقه برداشت شده و پارامترهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی شامل ماتریس خطا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر، ضرایب آماری کاپا و همچنین دقت کلی طبقه‌بندی

جدول ۳- ماتریس خطای طبقه‌بندی با الگوریتم روش تعیین آستانه

ماتریس خطا	پهنه‌های آبی	نمک مرطوب	نمک مخلوط با خاک	مجموع
پهنه‌های آبی	۹۶۱۰	۲۳۷	۰	۹۸۴۷
نمک مرطوب	۰	۷۱۴۳	۱۸۶	۷۳۰۹
نمک مخلوط با خاک	۰	۰	۸۱۲۵	۸۱۲۵
مجموع	۹۶۱۰	۷۳۸۰	۸۳۱۱	
دقت				
تولیدکننده	۱	۰/۹۶۷	۰/۸۱۳۶	
کاربر	۰/۹۶۸	۰/۸۹۳	۰/۹۹۵	
کاپا برای هر کلاس	۱	۰/۹۵۸	۰/۸۶۳	
دقت کلی	۰/۹۴۲			
کاپا	۰/۹۲۲۶			

امروزه تصاویر حاصل از سنجش از دور، از جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش زمین و کاربری‌های اراضی به شمار می‌روند. در این تحقیق تصاویر لندست به‌منظور دستیابی به دقت‌های بیشتر کلاس‌بندی، به روش شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار eCognition پردازش شده و کلاس‌های آب، نمک مرطوب، نمک مخلوط با خاک و همچنین کاربری‌های دیگر مشخص شدند. با آگاهی از درصد هر کدام از کاربری‌ها می‌توان در زمینه بررسی

استفاده از ماتریس خطا براساس نقاط حقایق زمینی را ارائه می‌دهد. با تعریف نقاط حقایق زمینی این نرم‌افزار به‌طور خودکار ماتریس خطا را تولید می‌کند. علاوه بر ماتریس خطای طبقه‌بندی پارامترهای مربوط به دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپای هر کلاس نیز از محاسباتی است که با استخراج ماتریس خطای طبقه‌بندی حاصل می‌شود. در جدول ۳ این پارامترهای آماری ارائه شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

دسترنج و همکاران است (Dastranj *et al.*, 2018). در هر دو مورد مشاهده می‌شود که از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۵ سطح آب دریاچه ۵۰۳۵/۱۱ کیلومتر مربع کم شد. این روند کم شدن آب در سه سال آخر (۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵)، شیب به نسبت تندتری داشت و در مقابل نمک مرطوب و مخلوط با خاک سیر صعودی به خود گرفتند و روزبه‌روز بر مساحت پهنه‌های نمکی اطراف دریاچه افزوده شد. در ادامه همان‌طور که نقشه‌های به‌دست‌آمده و جدول ۲ نشان می‌دهند، وسعت پهنه‌های آبی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ روند صعودی یافت و در نتیجه، مقادیر نمک‌ها نسبت به سال ۲۰۱۵ کاهش شدیدی پیدا کرد. بخش عمده افزایش پهنه‌های آبی در سال‌های اخیر به دلیل افزایش بارش (شکل ۸) و بخش دیگر نیز به دلیل اقدامات صورت گرفته در زمینه احیای دریاچه است. انتظار می‌رود که با ادامه روند صعودی مساحت آب و بهبود وضعیت کنونی با اقدامات بیشتر در راستای احیای دریاچه در سال‌های آتی، دریاچه به تثبیت شرایط اکولوژیکی و آبی برسد.

References

Alesheikh A.A., Sadeghi Naeeni, F., Talebzadeh, A. 2003. Improving classification accuracy using external knowledge. *GIM International* 17(8), 12-15.

Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M., Willhauck, G., 2004. *eCognition Professional User Guide 4*. München: Definiens Imaging GmbH.

Daempanah, R., Haghnia, G.H., Alizadeh A., Karimi A., 2011. Mapping salinity and sodicity of surface soil by remote sensing and geostatistic methods in south side of mah Valat County. *Journal of Water and Soil*. 25(3):446-458. (In Persian)

تغییرات کاربری اراضی به‌ازای زمان، مدیریت منابع طبیعی، ارزیابی فشارهای محیطی ناشی از توسعه صنعتی و مدیریت تولیدات کشاورزی به‌ویژه باغ‌ها در هر ناحیه جغرافیایی اقدام کرد (Rasouli and Mahmoudzadeh, 2010). برای تعیین صحت نقشه‌های به‌دست‌آمده، دقت طبقه‌بندی ارزیابی شد و با برداشت نقاط کنترل زمینی، ارزیابی مجدد دقت نتایج صورت گرفت. با نگاهی به جدول ۲ مشاهده می‌شود که کلاس‌بندی به روش شیء‌گرا با دقت کلی ۰/۹۴ و ضریب کاپا ۰/۹۲ دقت به نسبت زیادی برای طبقه‌بندی تصاویر لندست دارد. بیشترین مقدار ضریب کاپا برای کلاس آب، ۱ و کمترین مقدار آن برای نمک مخلوط با خاک برابر ۰/۸۶ به‌دست آمد. از طرفی با تجزیه و تحلیل نتایج مشخص شد که تغییرات سالانه سطح آب و همچنین تغییرات نمک مرطوب و نمک مخلوط با خاک در مقیاس سالانه شایان توجه بوده است. تغییرات مربوط به مساحت کلاس‌های مورد نظر در منطقه تحقیق در جدول ۲ و همچنین به صورت نمودار در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج مربوط به پهنه آبی همسو با یافته‌های تحقیق

Dastranj, H., Tavakoli, F., Soltanpour, A., 2018. Investigating the water level and volume variations of Lake Urmia using satellite images and satellite altimetry, *Journal of Geographical Data* 27(107), 149-163. (In Persian)

Esmaeili Dahesht, L., Negarestan, H., Eimanifar, A., Mohebbi, F., Ahmadi, R., 2010. The fluctuations of physicochemical factors and phytoplankton population of Urmia Lake, Iran. *Iranian Journal of Fisheries* 9(3), 368-381.

Feizizadeh, B., HajiMirrahimi, M., 2007. Change detection of green space area in Tabriz city using object based image analysis method (1989-2005), *National Conference of Urban GIS*, August 26-27. 2007. Amol, Iran. (In Persian)

Feizizadeh, B., Helali, H., 2010. Comparison pixel-based, object-oriented methods and effective

parameters in classification land cover/ land use of west province Azerbaijan. Journal of Physical Geography Research Quarterly 4 (71), 73-84. (In Persian)

Feizizadeh, B., Shahabi, H., Seyfei, H., 2017. Application of fuzzy-object based image analysis approach for identifying and zoning salt-dust storms of Urmia lake eastern plain. Journal of Environmental Management Hazards 3(3):269-284. (In Persian)

Feizizadeh, B., 2019. A comparative evaluation of pixel-based and object-oriented processing techniques, used for the classification of Aster satellite imageries and extracting agricultural and orchard maps in the eastern margin of Urmia Lake. Journal of Scientific - Research Quarterly of Geographical Data 28(109), 167-183. (In Persian)

Hoffmann, A., Van der Vegt, J.W., 2001. New sensor systems and new classification methods: laser- and digital camera-data meet object-oriented strategies. Geo informations systeme (GIS), 6:18-23.

James, D., Hurad. Daniel, L., Civco Martha, S., Gilmore Emily, H., 2006. Tidal Wetland Classification from Landsat Imagery Using an Integrated Pixel-based and Object-based Classification Approach. ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada. May 1-5, 2006.

Khademi, F., Pirkharrati, H., Shahkarami, S., 2015. Investigation of increasing trend of saline soils around Urmia Lake and its environmental impact, using RS and GIS. Quarterly Journal of Geoscience, 24(94):93-98. (In Persian)

Metternicht, G., Zinck, A., 2008. Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. Translators: Alavipannah k., Matinfar H. R., and Abdolazimi H. 2014. Tehran University Press, Tehran. (In Persian)

Moharrami, M., Rasuly, A.A., Rostamzadeh, H. 2016. Modeling the impacts of Urmia lake retrogression upon the east coast villages by object-based image analysis procedure. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 3(3): 81-95. (In Persian with English abstract)

Nasiri, N., Oskouei, M., Madani, Y., Ghahremani, A. 1996. Lake Urmia National Park. Press of Western Azerbaijan province department of environment. (In Persian)

Pacifici, F., Chini M., Emery, W.J. 2009. A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high-resolution panchromatic imagery for urban land-use classification. Journal

of Remote Sensing of Environment 113(6), 1276-1292.

Rasouli, A.A., Abbasian, S., Jahanbakhsh, S., 2008. Monitoring of Urmia lake water surface fluctuations by processing of multi- sensors and multi-temporal imageries. Journal of Spatial Planning, 12(2):53-71. (In Persian)

Rasouli, A.A., Mahmoudzadeh, H. 2010. Fundamentals of remote sensing, basic sciences, Elmiran publications, Tabriz. (In Persian)

Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany 57(5), 1017-1023.

Sanaeinejad, S.H., Astaraei, A., Ghaemi M., Mirhosseini, P., 2011. Assessment of satellite images for soil salinity studies (case study: Neyshabur region). Iranian Journal of Field Crops Research 9(3), 348-355. (In Persian).

Schiewe, J., Tufte, L., Ehlers, M., 2001. Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing. Geo Information System (GIS) 6(1), 34-39.

Sehat, M., Mohammadi, A., 2017. Evaluation of Lake Urmia area and its relation to water level using remote sensing and artificial neural network. 16th Iranian Hydraulics Conference in date 2017-09-06. University of Mohaghegh Ardabili., Ardabil, Iran. (In Persian)

Sharifikia, M., Afzali, A. 2012. Soil salinity increasing procedure assessment in damghan fan with remote sensing method and field data. Journal of Geography and Environmental Hazards, 1(3), 73-86. (in Persian with English abstract)

Valizadeh, K., Khorrami, B. 2018. Change detection and prediction of Urmia Lake and its surrounding environment during the past 60 years applying geobased remote sensing analysis. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation for Disaster Management (Gi4DM), 18-21 March. 2018. Istanbul, Turkey.

Winarso, G., Budhiman, S., 2001. The potential application of remote sensing data for coastal study, Proc. 22nd Asian Conference on Remot Sensing. Singapore. 5-9 November. 2001. Singapore.

Yan, G., 2003. Pixel based and object oriented image for coal fire research (Doctoral dissertation, Thesis (MSc). ITC, Netherlands).