ارزیابی چندزمانه تغییرات جنگل‌های مانگرو در مناطق ساحلی بوشهر با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

طیبه طباطبایی[۱] و فاضل امیری[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۹)

چکیده

اطلاعات مداوم و دقیق در مورد تغییرات کاربری/ پوشش اراضی برای هر نوع برنامه توسعه پایدار، که در آن کاربری/پوشش اراضی به‌عنوان یکی از معیارهای ورودی اصلی است، بسیار مهم است. در این مطالعه نقشه تغییرات پوشش جنگل‌های مانگرو در سواحل استان بوشهر با اعمال طبقه‌بندی نظارت شده روی سه تصویر لندست ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ تهیه شد. نتایج طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر با استفاده از بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی بهبود یافت. تفسیر تصویری نه تنها در افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر لندست مفید بود، بلکه در تشخیص پوشش جنگل حرا مفید است. نتایج روش مقایسه پس از طبقه‌بندی سطح جنگل حرا منطقه رویشگاهی عسلویه در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که مساحت این اراضی ۶۸/۹ هکتار با ۴۳/۸ درصد تغییرات افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۱/۴ درصد بوده است. این تغییرات در منطقه رویشگاهی دیر نشان می‌دهد که مساحت اراضی تحت پوشش جنگل حرا ۵/۲ هکتار با ۰/۸ درصد تغییرات افزایش داشته است. در منطقه رویشگاهی مله گنزه مساحت اراضی تحت پوشش جنگل حرا ۲۶/۸ هکتار با ۶/۳ درصد تغییرات افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۰/۲ بوده است.

واژه‌های کلیدی: پایش تغییرات، کاربری/ پوشش اراضی، بارزسازی تصویر، تفسیر چشمی، جنگل حرا

۱. گروه محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: famiri@iaubushehr.ac.ir

مقدمه

پایش تغییرات، فرایندی است برای شناسایی تفاوت‌های وضعیت یک ویژگی یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف (۳۹). تشخیص بسیاری از تغییرات مانند تغییر کشت و تغییر سیمای سرزمین (۱۳، ۱۹ و ۳۴)، تخریب سرزمین و بیابان‌زایی (۱۲، ۱۶ و ۴۲)، تغییر سواحل و توسعه شهری (۳۰ و ۳۵)، جنگل‌زدایی (۲۴، ۳۳ و ۳۷)، و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین و زیستگاه و سایر تغییرات تجمعی (۲۸ و ۴۳) با مطالعه تغییرات کاربری/ پوشش اراضی ممکن می‌شود. اطلاعات مداوم و دقیق در مورد تغییرات کاربری/پوشش اراضی (Land use/Land cover; LULC) برای هر نوع برنامه توسعه پایدار، که در آن کاربری/ پوشش اراضی به‌عنوان یکی از معیارهای ورودی اصلی است، بسیار مهم است. بنابراین، تجزیه‌وتحلیل و نقشه‌برداری از وضعیت فعلی کاربری زمین و پوشش گیاهی و همچنین تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در طول زمان به‌عنوان ابزاری مهم برای شناخت بهتر و ارائه راه حل برای مشکلات اجتماعی، اقتصادی و محیطی شناخته شده است (۱۷ و ۳۶).

سنجش از دور ماهواره‌ای رایج‌ترین منبع داده برای پایش، اندازه‌گیری و نقشه‌برداری از الگوهای تغییرات کاربری/ پوشش اراضی به‌دلیل کسب اطلاعات تکراری، فرمت دیجیتالی مناسب برای پردازش کامپیوتری و روش‌های دقیق تعیین موقعیت جغرافیایی است (۲۵ و ۴۱). پایش تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی و ارزیابی از طریق سنجش از دور شامل استفاده از تصاویر چندزمانه برای ارزیابی تفاوت‌های رخ داده در کاربری/ پوشش اراضی تحت شرایط متفاوت محیطی و اقدامات انسانی است (۳ و ۷). استفاده مؤثر از سنجش از دور ماهواره‌ای برای شناسایی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی بستگی به درک کافی از ویژگی‌های سیمای سرزمین، سیستم‌های تصویربرداری و روش مورد استفاده بسته به هدف از تجزیه‌وتحلیل دارد (۱۴ و ۲۲).

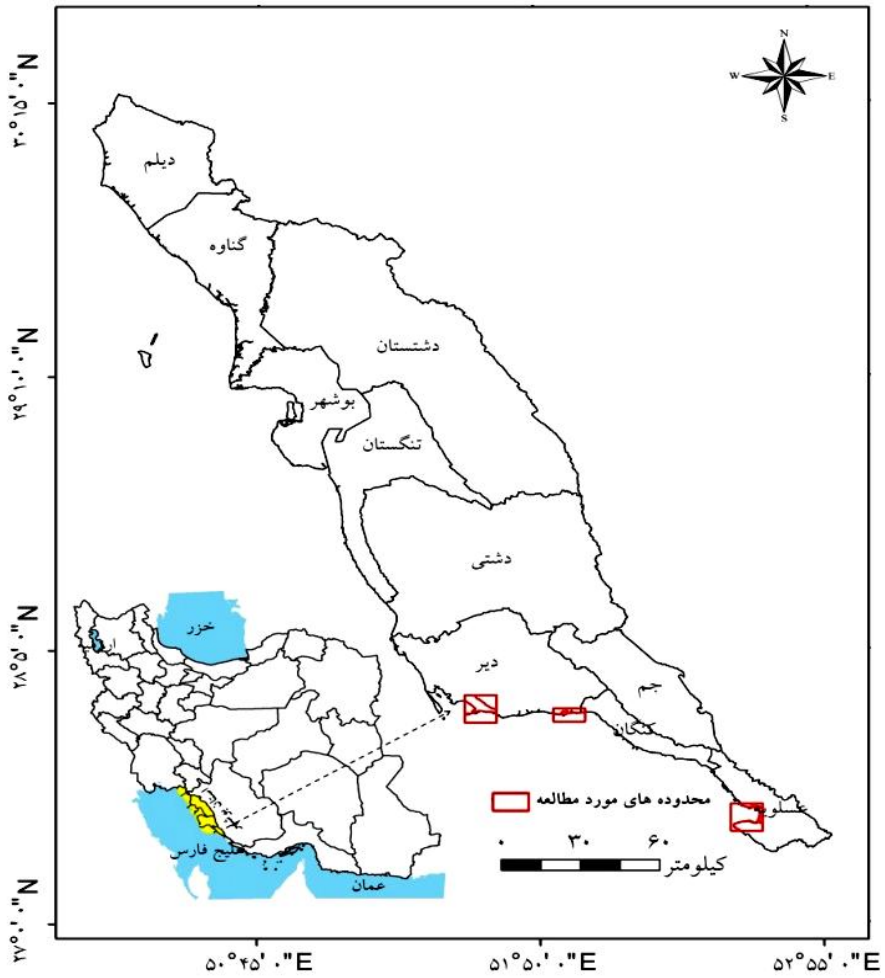
تکنیک‌های متعدد پایش تغییرات برای ارزیابی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مانند مقایسه پس از طبقه‌بندی (Post-classification method)، تفاضل تصاویر (Image differencing)، آنالیز مؤلفه‌های اصلی (Principle components analysis)، و شاخص‌های تفاضل گیاهی (Vegetation index differencing)، طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر با استفاده از بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱، ۱۳، ۳۱، ۳۶ و ۴۳). بهبود و اصلاح تصویر برای آشکار کردن اطلاعات درون تصویر و بهبود تفسیر چشمی با افزایش تمایز ظاهری بین ویژگی‌ها است. این پروسه موجب افزایش توانایی تشخیص عوارض و پدیده‌ها می‌شود. تصاویر بهبود یافته تنها در تحلیل‌های چشمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، درحالی که تصاویر اصلی برای تجزیه‌وتحلیل خودکار استفاده می‌شود (۱). روش طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر با استفاده از بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی، که به‌عنوان دقیق‌ترین تکنیک پایش تغییرات شناخته می‌شود، با مقایسه مقادیر مستقل طبقات تصاویر مربوط به زمان‌های مختلف، تغییرات کاربری/ پوشش اراضی را پایش می‌کند (۱۳).

با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر، با استفاده از بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی، مشکلات مربوط به استفاده از تصاویر چندزمانه که در شرایط مختلف جوی و شرایط محیطی متفاوت اخذ شده‌اند، کاهش می‌یابد. داده‌های زمان‌های مختلف به‌طور جداگانه طبقه‌بندی می‌شوند و از این‌رو، بازتاب داده‌های زمان‌های مختلف برای مقایسه مستقیم، با استفاده از تکنیک‌های بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی اصلاح می‌شود. از دیگر مزیت‌های این روش تلفیقی نشان دادن ماهیت تغییرات است. این روش نه تنها مکان تغییرات را، بلکه اطلاعات مربوط تغییرات از یک کاربری/ پوشش به کاربری/ پوشش دیگر را نیز مشخص می‌کند (۲ و ۱۸).

در حال حاضر داده‌های ماهواره‌ای متعددی در دسترس است. برای مطالعه پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی، داده‌های لندست، به‌دلیل ثبت مداوم و در دسترس بودن قابلیت استفاده بیشتری دارند. با استفاده از تصاویر لندست می‌توان کاربری/ پوشش اراضی مناطق وسیع را برای مدت طولانی

پایش کرد (۵، ۱۵، ۱۷، ۲۱ و ۲۲). در مطالعات متعددی از داده‌های لندست برای پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی استفاده شده است. چگونیان و همکاران (۹) به طبقه‌بندی پوشش آبسنگ‌های مرجانی در منطقه خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر لندست، توانایی طبقه‌بندی بالای ۷۰ درصد پوشش مرجانی را دارند. شالابی و تاتشی (۳۵) انواع کاربری/ پوشش اراضی در مناطق ساحلی مصر را با استفاده از تصاویر لندست شناسایی کردند. آنها با استفاده از ترکیب تکنیک‌های طبقه‌بندی نظارت شده و تفسیر چشمی، دقت طبقه‌بندی را تا حدود ۱۰ درصد افزایش دادند. ماندال و همکاران (۲۷) نقشه کاربری/ پوشش اراضی جزیره ساگار را با استفاده از دو تصویر لندست ۱۹۷۵ و ۲۰۱۵ تهیه و طبقه‌بندی و همچنین دقت روش طبقه‌بندی مورد استفاده را ارزیابی کردند. نتیجه مطالعه نشان داد که ۷/۶۰ درصد از پوشش جنگل مانگرو به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده‌اند. به همین ترتیب، ۴۰/۲ درصد از زمین‌های تک کشتی کشاورزی به زمین‌های کشاورزی مختلط تبدیل شد، ۱/۵ درصد از مزارع پرورش گل به مناطق باتلاقی تحت پوشش مانگرو تبدیل شد، ۱/۸ درصد منطقه تالاب تبدیل به زمین‌های آبزی پروری و ۲۲/۵ درصد اراضی تحت کشت یک محصول به مناطق مسکونی و باغات تبدیل شده است. دقت کلی نقشه‌های تولیدی ۷۹/۵ درصد و ضریب کاپای طبقات کاربری ۰/۷۴ بود. شستا و همکاران (۳۸) با تجزیه‌وتحلیل نقشه‌های پوشش مانگرو با استفاده از داده‌های لندست ۵ و ۸، تغییرات پوشش حرا در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۷ پایش کردند. نتیجه تحقیق نشان داد که سطح پوشش مانگروهای متراکم کاهش داشته که این کاهش با افزایش پوشش تنک مانگرو و مناطق کشاورزی بود. با وجود تلاش‌های حفاظتی، میزان کنونی مانگروهای متراکم تا سال ۲۰۵۰ تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. جعفرنیا و همکاران (۲۰) به بررسی وضعیت و آشکارسازی تغییرات در جنگل‌های مانگرو جزیره قشم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۸ پرداختند. نتایج بررسی نشان داد که طی دو دهه گذشته تغییرات چشمگیری در این اراضی اتفاق افتاده است. در دوره اول، مجموع وسعت جنگل از ۵۱۶۰ هکتار در سال ۱۹۸۸ به ۵۳۰۸ هکتار در سال ۱۹۹۸ افزایش یافته و در واقع در طول ۱۰ سال توده جنگلی با افزایش ۱۴۷ هکتار ۲/۸ درصد، توسعه داشته است. این رشد و توسعه را می‌توان رشد متوسط جنگل با نرخ سالانه ۰/۲۸ درصد معادل ۱۴/۷ هکتار در سال، در طول این دوره برشمرد. در دوره دوم، سطح جنگل از ۵۳۰۸ هکتار در سال ۱۹۹۸ به ۵۵۱۲ هکتار در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته که در واقع در طول ۱۰ سال توده جنگلی با افزایش ۲۰۴/۴ هکتار معادل ۳/۸ درصد توسعه داشته است. مافی غلامی و همکاران (۲۶) برای بررسی تغییرات گستره مانگروها در طول زمان، از تصاویر ماهواره لندست مربوط به مقاطع زمانی ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در میان مناطق رویشگاهی مورد بررسی خمیر، قشم، تیاب، سیریک و جاسک، منطقه رویشگاهی خمیر بیشترین مقدار متوسط کاهش وسعت ۴/۶- هکتار در سال و منطقه رویشگاهی سیریک بیشترین مقدار متوسط افزایش وسعت ۲۳/۵ هکتار در سال را در دوره ۳۰ ساله داشتند. نتایج همچنین نشان داد که در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶، مناطق رویشگاهی سیریک و قشم به‌ترتیب بیشترین مقدار متوسط افزایش و کاهش وسعت را در میان مناطق مورد بررسی با مقادیر متوسط تغییرات وسعت برابر با ۳۲/۴ و ۲۱/۳- هکتار در سال را داشتند.

جنگل‌های مانگروی ایران حدفاصل عرض‌های شمالی ۲۵ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۵۲ دقیقه جغرافیایی در ۹ ناحیه از سواحل استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان با وسعتی نزدیک به ۱۰۷۰۰ هکتار واقع شده است. در طول ده‌های گذشته تغییرات قابل‌توجهی همگام با پیشرفت صنعت در مناطق ساحلی استان که محدود گسترش جوامع مانگرو است رخ داده است. پراکنش این جنگل‌ها در ناحیه شمالی خلیج فارس در بندر دیر و پوزه ماشه در منطقه مله گنزه و خلیج نای بند عسلویه مشاهده می‌شود (۴). اما از وسعت سطح پوشش این جنگل‌ها و روند تغییرات آنها در سه دهه اخیر اطلاعات دقیقی در دسترس نیست. لذا هدف از پژوهش



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در منطقه ساحلی بوشهر

حاضر، تهیه نقشه و پایش تغییرات جنگل‌های مانگرو در سواحل استان بوشهر با استفاده داده‌های چندزمانه لندست ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ است.

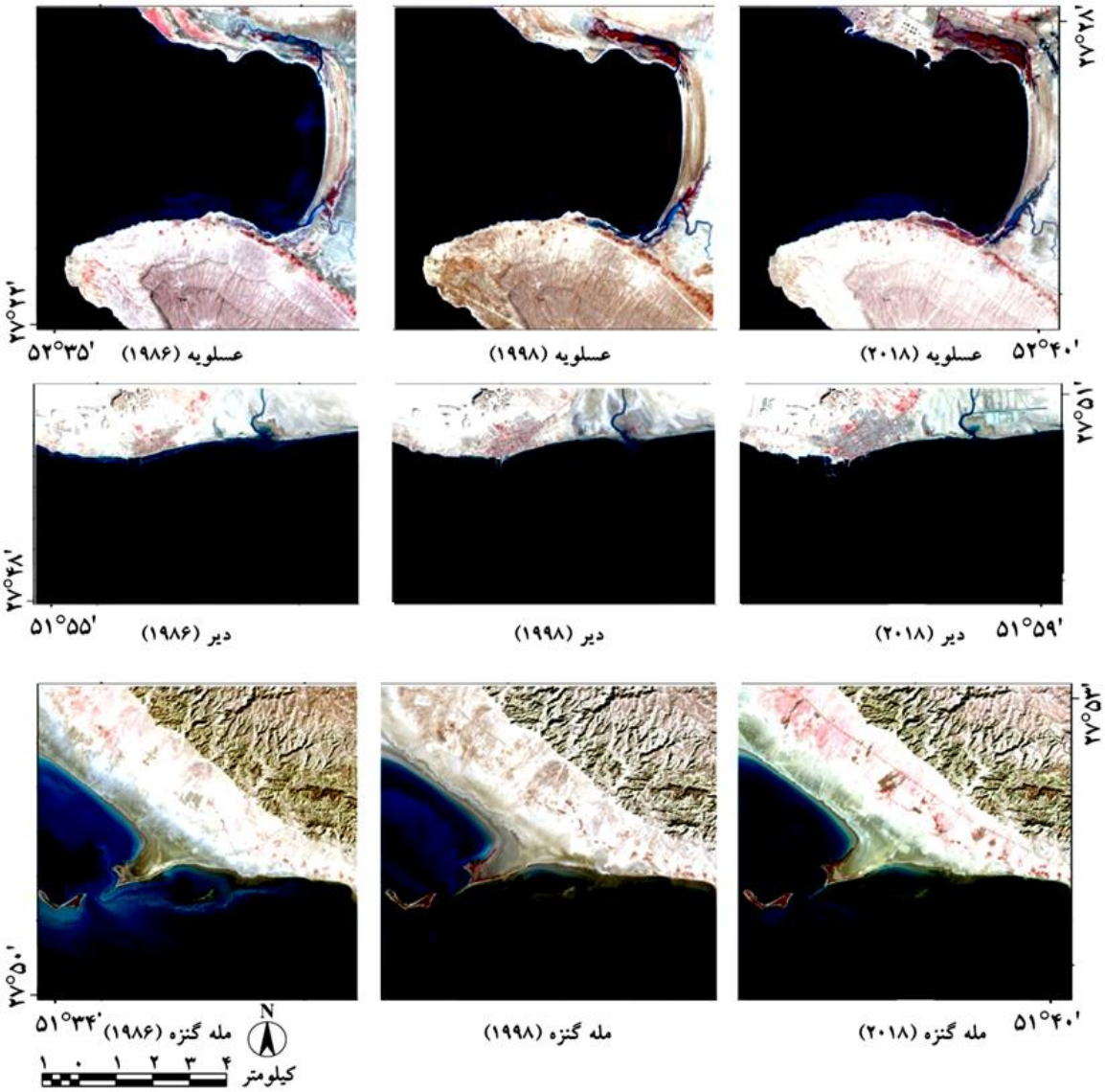
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده‌های مورد مطالعه منطقه پراکنش مانگرو در استان بوشهر در سه منطقه عسلویه '۵۲°۳۵ تا '۵۲°۴۰ طول شرقی و '۲۷°۲۲ تا '۲۷°۲۸ عرض شمالی، دیر '۵۱°۵۵ تا '۵۱°۵۹ طول شرقی و '۲۷°۴۸ تا '۲۷°۵۱ عرض شمالی و مله گنزه '۵۱°۳۴ تا '۵۱°۴۰ طول شرقی و '۲۷°۵۰ تا '۲۷°۵۳ عرض شمالی، با فاصله دیر- مله گنزه ۳۱ کیلومتر و مله گنزه- عسلویه ۶۹ کیلومتر و دیر- عسلویه ۱۰۴ کیلومتر واقع شده است. میانگین حداقل و حداکثر دمای سه منطقه برای دوره آماری ده ساله ۱۸/۱ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین میزان رطوبت نسبی بین ۷۵-۵۸ درصد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۲ میلی‌متر است (شکل ۱).

داده‌ها و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده مطالعه حاضر شامل تصویر TM لندست ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ و تصویر OLI لندست ۲۰۱۸، (شکل ۲) و تقشه‌های توپوگرافی رقومی از سه منطقه عسلویه، دیر و مله گنزه است. این سری زمانی از تصاویر لندست از آرشیو داده‌های لندست در سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا استفاده شد.



شکل ۲. ترکیب رنگ کاذب تصاویر لندست انتخاب شده با ترکیب باندهای ۴، ۳،۲ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

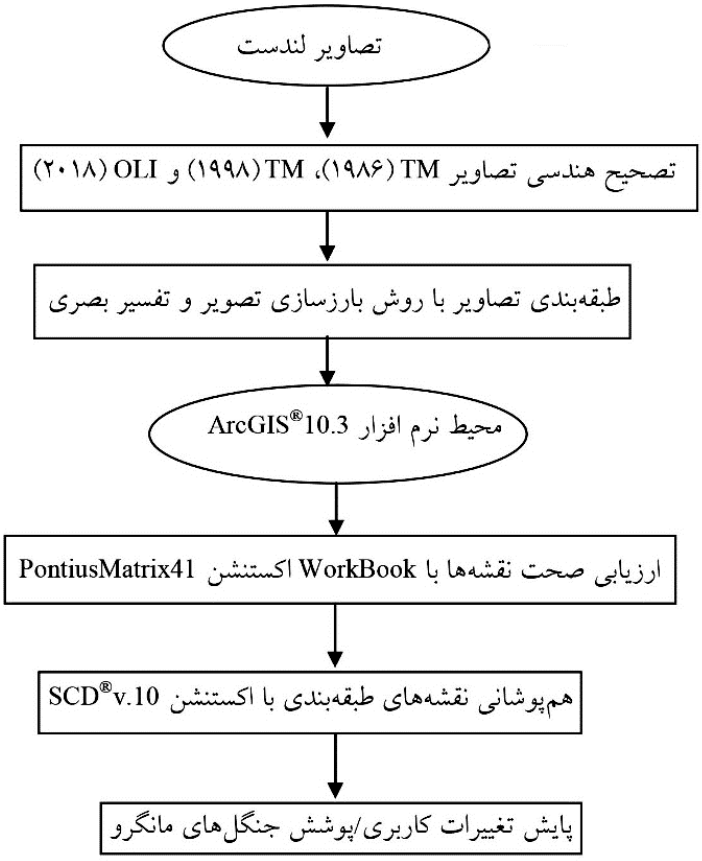
داده‌های میدانی و تصاویر مورد استفاده با توجه شرایط اقلیمی منطقه و در زمان جذر دریا در شهریورماه ۱۳۹۷، با توجه به در دسترس بودن تصاویر برای شهریورماه سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸، انتخاب شد. تمام باندهای مرئی و مادون قرمز، به‌جز مادون قرمز حرارتی، در تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برای تصحیح هندسی تصاویر استفاده شد. در شهریورماه ۱۳۹۷ (۲۰۱۸)، ۶۰ نقطه برداشت زمینی در هر منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد (جدول ۱). از نقشه‌های توپوگرافی و رقومی و نقاط برداشت زمینی به‌عنوان داده‌های مرجع برای طبقه‌بندی تصویر و ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدی استفاده شد.

پیش‌پردازش تصاویر

پیش‌پردازش تصاویر شامل تصحیح هندسی، اتمسفری و بهبود و تفسیر چشمی به‌منظور ایجاد ارتباط بین داده‌ها و پدیده‌های بیوفیزیکی انجام شد (۴۱). مراحل انجام تحقیق در شکل ۳ ارائه شده است. تصاویر ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ به‌صورت هندسی به تصویر ۲۰۱۸ با استفاده از خطای جذر میانگین مربعات تصحیح شد. تصویر ۲۰۱۸ با استفاده از نقاط کنترل زمینی و نقشه‌های

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در مطالعه

منطقه مطالعه	نوع داده	مقیاس/ اندازه پیکسل	مسیر	سال
	شیت‌های رقومی توپوگرافی	۱:۲۵۰۰۰	–	۱۳۹۷
	پهنه ذخیره‌گاه‌های زیست‌محیطی و میراث طبیعی	۱: ۱۵۰۰۰۰۰	–	۱۳۹۷
دیر، مل گنزه،	نقشه‌های توپوگرافی	۱: ۵۰۰۰۰	–	–
عسلویه	تصویر TM لندست	۲۸/۵ متر	۴۱ row– ۱۶۳Path	۱۹۸۶ و ۱۹۹۸
	تصویر OLI لندست	۳۰ متر	۴۱ row– ۱۶۳Path	۲۰۱۸
	نقاط برداشت میدانی	۶۰ نقطه	-	۱۳۹۷



شکل ۳. مراحل انجام تحقیق

توپوگرافی و پهنه ذخیره‌گاه‌های زیست‌محیطی و میراث طبیعی نقشه زمین مرجع شد. برای تصحیح اتمسفری از روش هیستوگرام استفاده شد. در این روش، هیستوگرام‌های باندها به‌صورت مجزا محاسبه و ترمیم شد (۴۰).

طبقه‌بندی نظارت شده

نمونه‌های تعلیمی در هر کلاس کاربری انتخاب شد. خروجی طبقه‌بندی نظارت شده لایه‌های موضوعی در فرمت رستر، تصویر طبقه‌بندی شده، و یک فایل فاصله است. طبقه‌بندی نظارت شده

تصاویر با استفاده از بارزسازی تصویر و تفسیر چشمی بهبود یافت (۳۲). هر دو لایه موضوعی و فایل فاصله برای بارزسازی پس از طبقه‌بندی استفاده شد. نقشه کاربری/ پوشش اراضی برای منطقه عسلویه در سه کلاس کاربری شامل؛ جنگل حرا، دریا و زمین‌های مرطوب، برای منطقه دیر در چهار کلاس کاربری شامل؛ محدوده شهر، جنگل حرا، دریا و زمین‌های مرطوب و برای منطقه ملـه گنزه در چهار کلاس کاربری شامل؛ مناطق کوهستانی، جنگل حرا، دریا و زمین‌های مرطوب طبقه‌بندی شد. این طبقات کاربری بر اساس تفسیر تصاویر شناسایی و با بازدیدهای میدانی تأیید شد.

بهبود طبقه‌بندی

تفکیک کاربری‌ها به‌دلیل تداخل طیفی برخی کلاس کاربری‌ها به‌وسیله طبقه‌بندی نظارت شده ممکن نبود. برای بهبود دقت طبقه‌بندی و کاهش اشتباهات طبقه‌بندی از کنتراست کشیدگی تصاویر برای تفسیر چشمی استفاده شد (۸ و ۱۰) و نقشه‌های اولیه کاربری/ پوشش اراضی را که از طبقه‌بندی نظارت شده تولیده شده بود با نقشه‌های حاصل از تفسیر چشمی با رویهم‌گذاری در محیط نرم‌افزار ArcGIS®10.3 اصلاح شد (۸ و ۱۳). درنهایت، نقشه‌های صحیح کاربری/ پوشش اراضی (شکل ۴) تولید شد که با داده‌های مرجع، داده‌های موجود، نقشه‌های توپوگرافی و نقاط تعلیمی، برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی مقایسه شد (جدول ۱).

ارزیابی دقت طبقه‌بندی

نمونه‌های تعلیمی برای هر کدام از کلاس‌ها به‌صورت تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. برای ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدی سال ۲۰۱۸ از ۶۰ نقطه مرجع برداشت میدانی داده‌های واقعی استفاده شد. برای ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدی سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۸۶ از داده‌های موجود، نقشه‌های کاغذی، نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد (۲۳). داده‌های مرجع و نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از Work Book ماتریس خطا مقایسه شد (۲۹).

تعیین تغییرات کاربری/ پوشش اراضی

تغییرات مکانی نقشه‌های LULC حاصل از ادغام نتایج تفسیر چشمی و طبقه‌بندی نظارت شده با فرمت وکتور مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت (۶). برای تعیین مقدار تغییرات بین هر جفت نقشه کاربری/ پوشش اراضی (۱۹۹۸-۱۹۸۶، ۲۰۱۸-۱۹۹۸، و ۲۰۱۸-۱۹۸۶)، از رابطه‌های زیر استفاده شد.

$$C_a = T_{a(t_2)} - T_{a(t_1)} \quad (۱)$$

$$C_e = \left(C_a / T_{a(t_1)} \right) \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

$$C_r = C_e / \left(t_2 - t_1 \right) \quad (۳)$$

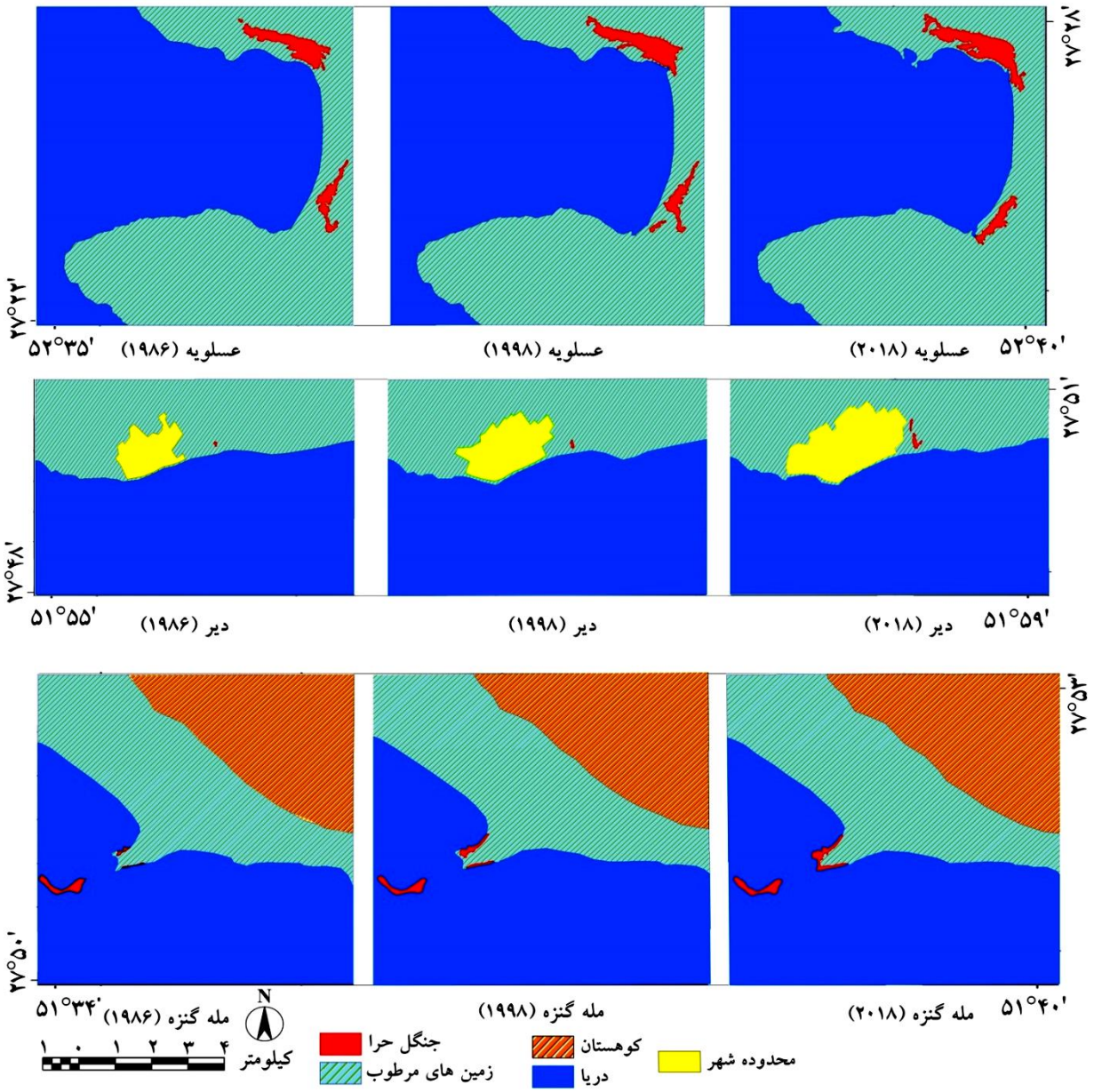
در این رابطه‌ها؛ مساحت کل (T_a)، مساحت تغییر (C_a)، درصد تغییرات (C_e)، نرخ سالانه تغییرات (C_r) و زمان ابتدا و انتهای دوره زمانی (t_2 و t_1) مورد مطالعه است (۵ و ۶).

برای مقایسه و آزمون تفاوت معنی‌دار بودن سطح تغییرات کاربری/ پوشش اراضی بین مناطق، بعد از نرمال کردن داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون مقایسه زوج میانگین دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

انجام تصحیح هندسی و اتمسفری برای تشخیص و پایش تغییرات ضروری است (۴۰). انجام تصحیح اتمسفری در مواردی که مقایسه و تجزیه‌وتحلیل تصاویر چندزمانه مد نظر است برای تشخیص و پایش تغییرات ضروری است. تصحیح هندسی تصاویر ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ به تصویر ۲۰۱۸ با استفاده از خطای جذر میانگین مربعات RMSE<۰/۴ تصحیح شد. تصویر ۲۰۱۸ با استفاده از نقاط کنترل زمینی و نقشه‌های توپوگرافی با خطای جذر میانگین مربعات RMSE<۰/۳ مرجع زمین شد.

قبل از استفاده از نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات، اعتبار نقشه‌های تولیدی سال ۲۰۱۸ بر اساس داده‌های مرجع یا داده‌های واقعی ارزیابی شد. برای ارزیابی



شکل ۴. نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی حاصل از ادغام طبقه‌بندی نظارت شده و تفسیر چشمی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

دقت نقشه‌های تولیدی سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۸۶ از داده‌های موجود و نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد. پرکاربردترین روش ارزیابی صحت طبقه‌بندی در سنجش از دور، استفاده از ماتریس خطا است (۱۳). نتایج ماتریس خطا برای ارزیابی نقشه‌های تولید شده کاربری/ پوشش اراضی و صحت طبقه‌بندی هر کاربری حاصل از ادغام تفسیر چشمی با نتایج طبقه‌بندی در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ ارائه شد. داده‌های ارائه شده در این جدول‌ها نشان می‌دهد که بیشترین دقت تولیدکننده در هر سه دوره و هر سه منطقه مورد بررسی به نقشه‌های تولید شده سال ۲۰۱۸ مربوط می‌شود. که دلیل آن ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدی بر اساس داده‌های مرجع یا داده‌های واقعی است (۲۳).

تغییرات سطح تحت پوشش جنگل‌های حرا در منطقه عسلویه در سال ۱۹۸۶ سطح پوشش حرا از ۲۸۸ هکتار به ۳۱۹ هکتار در سال ۲۰۱۸ افزایش داشت که نشان‌دهنده

جدول ۲. ماتریس خطا و صحت کلی طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی شده منطقه عسلویه (۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸)

	طبقات کاربری/ پوشش اراضی	جنگل حرا	دریا	اراضی مرطوب	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	سطح	خطای حذف‌شده	صحت طبقه‌بندی هر کاربری (K^)
	جنگل حرا	۲۳۶/۱	۹	۵	۲۵۰	۲۳۶/۱	۱۴	۹۴/۴
	دریا	۷	۸۰۰۰/۱	۴۹۱/۷	۸۲۳۴	۸۰۰۰/۱	۲۳۴	۹۷/۲
اطلاعات طبقه‌بندی شده	اراضی مرطوب	۱	۲۲۵	۵۴۳۲	۵۹۲۹	۵۴۳۲	۴۹۶/۷	۹۱/۶
سال ۱۹۸۶	سطح	۲۵۰/۱	۸۲۳۴/۱	۵۹۲۸/۷	۱۴۴۱۳	۱۳۶۶۸/۲	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۲۳۶/۱	۸۰۰۰/۱	۵۴۳۲	۱۳۶۶۸/۲	–	–	–
	خطای گماشته شده	۱۴	۲۳۴	۴۹۶/۷	–	۹۴/۸	–	–
	جنگل حرا	۲۳۴	۲۰	۳۵	۲۸۸/۹	۲۳۴	۵۴/۹	۸۱
	دریا	۳۱	۷۹۳۴	۱۹۳/۱	۸۲۶۶/۳	۷۹۳۴	۳۳۲/۳	۹۶
اطلاعات طبقه‌بندی شده	اراضی مرطوب	۲۴	۳۰۰	۵۶۰۴	۵۸۴۵/۱	۵۶۰۴	۲۴۱/۱	۹۵/۹
سال ۱۹۹۸	سطح	۲۸۸/۹	۸۲۶۶/۳	۵۸۴۵/۱	۱۴۴۰۰	۱۳۷۷۲	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۲۳۴	۷۹۳۴	۵۶۰۴	۱۳۷۷۲	–	–	–
	خطای گماشته شده	۵۴/۹	۳۳۲/۳	۲۴۱/۱	–	۹۵/۶	–	–
	جنگل حرا	۲۹۸/۱	۲/۱	۱۹	۳۱۹/۱	۲۳۴	۸۵/۱	۷۳/۳
	دریا	۷/۹	۸۰۴۲	۱۳۰/۳	۸۱۸۰/۲	۷۹۳۴	۲۴۶/۲	۹۷
اطلاعات طبقه‌بندی شده	اراضی مرطوب	۱۳/۱	۱۳۶/۱	۵۷۴۵	۵۸۹۴/۳	۵۶۰۴	۲۹۰/۳	۹۵/۱
سال ۲۰۱۸	سطح	۳۱۹/۱	۸۱۸۰/۲	۵۸۹۴/۳	۱۴۳۹۴	۱۳۷۷۲	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۲۹۸/۱	۸۰۴۲	۵۳۷۴	۱۳۷۱۴/۱	–	–	–
	خطای گماشته شده	۲۱	۱۳۸/۲	۵۲۰/۳	–	۹۵/۷	–	–

سطح کاربری/ پوشش اراضی به هکتار بیان شده است.

افزایش ۳۰ هکتاری سطح جنگل‌های حرا در بازهٔ زمانی ۳۲ ساله است. اما آنالیز آماری میزان این تغییرات در این سه دوره آماری نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن این تغییرات است ($p<0/05$). کاربری اراضی مرطوب حاشیه دریا در سال‌های مطالعه تغییر معنی‌داری نداشته است (شکل ۵). نتایج تغییرات LULC در منطقه دیر نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۶، دو هکتار از اراضی تحت پوشش حرا بوده است. سطح کاربری جنگل‌های حرا از سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۱۸ به شش هکتار افزایش سطح داشته که این افزایش ناشی از

جدول ۳. ماتریس خطا و صحت کلی طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی شده منطقه دیر (۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸)

	طبقات کاربری/ پوشش اراضی	جنگل حرا	دریا	اراضی مرطوب	مناطق مسکونی	سطح صحیح طبقه بندی شده	سطح به هکتار	خطای حذف‌شده	صحت طبقه‌بندی هر کاربری (K^)
	جنگل حرا	۰/۵۴	۰	۰	۰	۰/۵۴	۰/۵۴	۰	۱۰۰
	دریا	۰	۴۰۰۰	۲۷۰	۸۵	۴۳۵۵	۴۰۰۰	۳۵۵	۹۱/۸
اطلاعات	اراضی مرطوب	۰	۲۴۰	۱۹۹۸/۵	۲۳۰	۲۴۶۸/۵	۱۹۹۸/۵	۴۷۰	۸۱
طبقه‌بندی شده	مناطق مسکونی	۰	۱۱۵/۱	۲۰۰/۰۳	۲۳۲	۵۴۷/۱	۲۳۲	۳۱۵/۱	۴۲/۴
سال ۱۹۸۶	سطح	۰/۵۴	۴۳۵۵/۱	۲۴۶۸/۵	۵۴۷	۷۳۷۱/۱	۶۲۳۱	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۰/۵۴	۴۰۰۰	۱۹۹۸/۵	۲۳۲	۶۲۳۱	–	–	–
	خطای گماشته شده	۰	۳۵۵/۱	۴۷۰	۳۱۵	–	۸۴/۵	–	–
	جنگل حرا	۱/۴	۰/۱	۰/۳۹	۰	۱/۸۹	۱/۴	۰/۵	۷۴/۰
	دریا	۰	۴۱۰۰/۱	۲۲۸/۱	۰	۴۳۲۸/۱۹	۴۱۰۰/۱	۲۲۸/۱	۹۴/۷
اطلاعات	اراضی مرطوب	۰/۴۹	۲۲۸	۲۰۶۶/۶	۰	۲۲۹۵/۱	۲۰۶۶/۶	۲۲۸/۵	۹۰
طبقه‌بندی شده	مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۳۹۳/۹	۳۹۳/۹	۳۹۳/۹	۰	۱۰۰
سال ۱۹۹۸	سطح	۱/۹	۴۳۲۸/۲	۲۲۹۵/۱	۳۹۳/۹	۷۰۱۹/۱	۶۵۶۲	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۱/۴	۴۱۰۰/۱	۲۰۶۶/۶	۳۹۳/۹	۶۵۶۲	–	–	–
	خطای گماشته شده	۰/۵	۲۲۸/۱	۲۲۸/۵	۰	–	۹۳/۵	–	–
	جنگل حرا	۵	۰	۰/۸	۰	۵/۷	۵	۰/۸	۸۶/۸
	دریا	۰	۴۰۲۵	۳۱۸/۵	۰	۴۳۴۳/۵	۴۰۲۵	۳۱۸/۵	۹۲/۷
اطلاعات	اراضی مرطوب	۰/۷	۳۱۸/۵	۱۷۸۰/۴	۰/۳	۲۰۹۹/۹	۱۷۸۰/۵	۳۱۹/۵	۸۴/۸
طبقه‌بندی شده	مناطق مسکونی	۰	۰	۰	۵۶۳/۵	۵۶۳/۶	۵۶۳/۶	۰	۱۰۰
سال ۲۰۱۸	سطح	۵/۷	۴۳۴۳/۵	۲۰۹۹/۷	۵۶۳/۸	۷۰۱۲/۸	۶۳۷۴	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۵	۴۰۲۵	۱۷۸۰/۴۵	۵۶۳/۵۸	۶۳۷۴	–	–	–
	خطای گماشته شده	۰/۸	۳۱۸/۵	۳۱۹/۳	۰/۳	–	۹۰/۹	–	–

سطح کاربری/ پوشش اراضی به هکتار بیان شده است.

اراضی غرقابی حاشیه دریا به سطح تحت پوشش حرا بوده است. در طول دوره ۳۲ سال مطالعه تغییر سطح محدوده شهری در سال ۱۹۸۶ از ۳۹۴ هکتار به ۵۶۴ هکتار در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است که این افزایش در محدوده شهری در سطح پنج درصد

جدول ۴. ماتریس خطا و صحت کلی طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی شده منطقه مله گنزه (۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸)

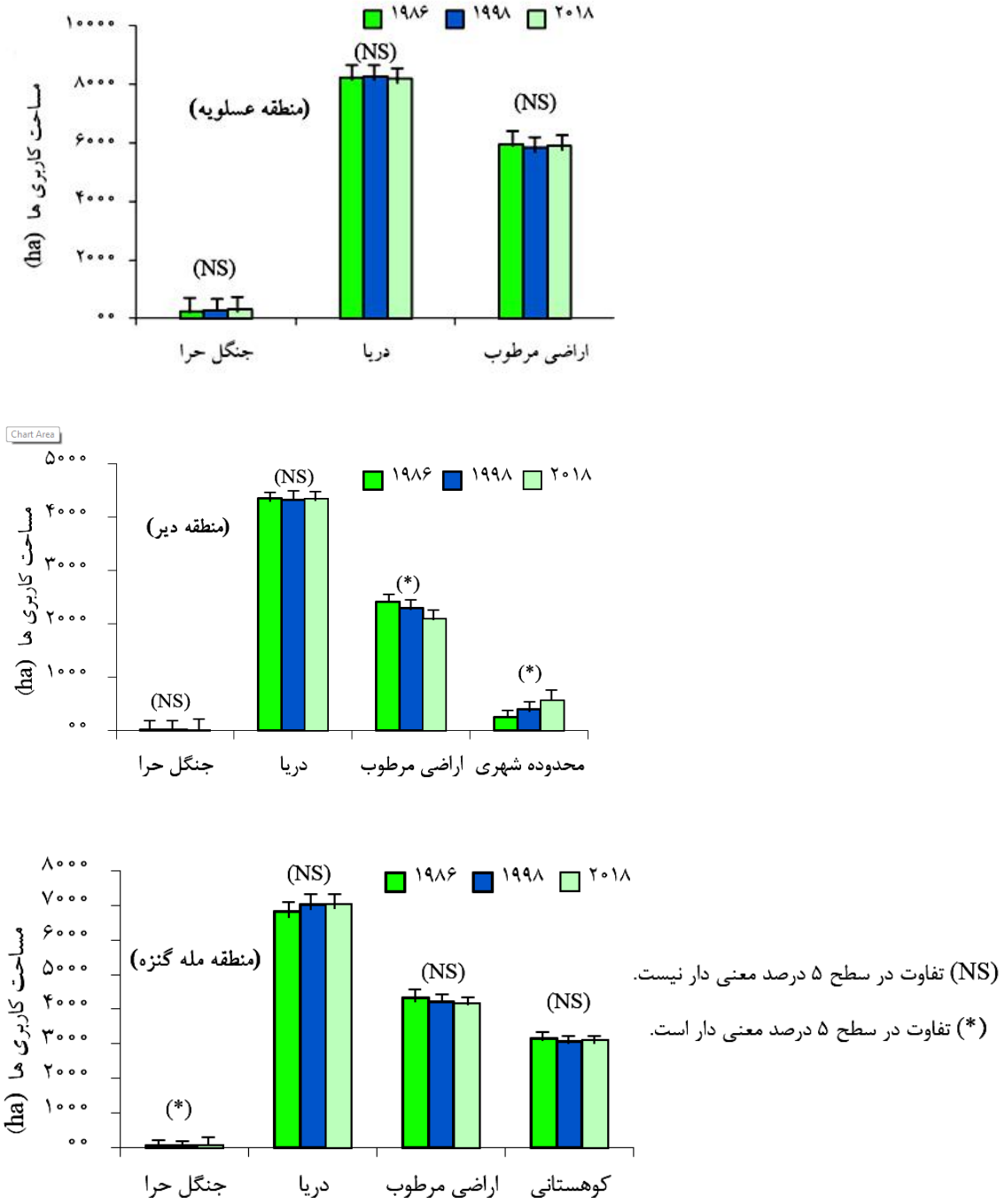
	طبقات کاربری/ پوشش اراضی	جنگل حرا	دریا	اراضی مرطوب	کوهستانی	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	سطح به هکتار	خطای حذف‌شده	صحت طبقه‌بندی هر کاربری (K^)
اطلاعات طبقه‌بندی شده سال ۱۹۸۶	جنگل حرا	۴۴	۸	۵	۰	۵۷	۴۴	۱۳	۷۷/۲
	دریا	۵	۶۵۳۲	۲۸۳/۱	۰	۶۸۲۰/۲	۶۵۳۲	۲۸۸/۱	۹۵/۸
	اراضی مرطوب	۸	۲۸۰/۲	۴۰۴۰/۸	۲۰۱	۴۵۳۰	۴۰۴۰/۸	۴۸۹/۲	۸۹/۲
	کوهستانی	۰	۰	۰	۲۹۵۷	۲۹۵۷	۲۹۵۷	۰	۱۰۰
	سطح	۵۷	۶۸۲۰/۲	۴۳۲۸/۹	۳۱۵۸	۱۴۳۶۴/۱	۱۳۵۷۳/۸	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۴۴	۶۵۳۲	۴۰۴۰/۸	۲۹۵۷	۱۳۵۷۳/۸	–	–	–
	خطای گماشته شده	۱۳	۲۸۸/۲	۲۸۸/۱	۲۰۱	–	۹۴/۵	–	–
اطلاعات طبقه‌بندی شده سال ۱۹۹۸	جنگل حرا	۵۳	۱۰	۷	۰	۷۰	۵۳	۱۷	۷۵/۷
	دریا	۴	۶۸۲۳	۲۰۱	۰	۷۰۲۸	۶۸۲۳	۲۰۵	۹۷/۱
	اراضی مرطوب	۱۳	۱۹۵/۱	۳۹۸۷	۲۳	۴۲۱۸/۱	۳۹۸۷	۲۳۱/۱	۹۴/۵
	کوهستانی	۰	۰	۲۴	۳۰۵۹/۵	۳۰۸۳/۵	۳۰۵۹/۵	۲۴	۹۹/۲
	سطح	۷۰	۷۰۲۸/۱	۴۲۱۹	۳۰۸۲/۵	۱۴۳۹۹/۶	۱۳۹۲۲/۵	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۵۳	۶۸۲۳	۳۹۸۷	۳۰۵۹/۵	۱۳۹۲۲/۵	–	–	–
	خطای گماشته شده	۱۷	۲۰۵/۱	۲۳۲	۲۳	–	۹۶/۷	–	–
اطلاعات طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۸	جنگل حرا	۶۷/۵	۷/۳	۹	۰	۸۳/۸	۶۷/۵	۱۶/۳	۸۰/۵
	دریا	۰/۳	۶۹۸۵	۳۷/۳	۰	۷۰۲۲/۶	۶۹۸۵	۳۷/۶	۹۹/۵
	اراضی مرطوب	۱۶	۳۰/۳	۴۰۲۰	۱۰۶	۴۱۷۲/۳	۴۰۲۰	۱۵۲/۳	۹۶/۳
	کوهستانی	۰	۰	۱۰۶	۳۰۱۴	۳۱۲۰	۳۰۱۴	۱۰۶	۹۶/۶
	سطح	۸۳/۸	۷۰۲۲/۶	۴۱۷۲/۳	۳۱۲۰	۱۴۳۹۸/۷	۱۴۰۸۶/۵	–	–
	سطح صحیح طبقه‌بندی شده	۶۷/۵	۶۹۸۵	۴۰۲۰	۳۰۱۴	۱۴۰۸۶/۵	–	–	–
	خطای گماشته شده	۱۶/۳	۳۷/۶	۱۵۲/۳	۱۰۶	–	۹۷/۸	–	–

سطح کاربری/ پوشش اراضی به هکتار بیان شده است.

معنی‌دار بوده است (شکل ۵). در منطقه مله گنزه سطح تحت پوشش جنگل‌های حرا در سال ۱۹۸۶ از ۲۸ هکتار به ۸۳ هکتار در سال ۲۰۱۸ افزایش داشته است. مقایسه آماری تغییرات سطح اراضی تحت پوشش این کاربری افزایش معنی‌دار در سطح پنج درصد آماری داشته است. درحالی که تغییر سطح دیگر کاربری‌ها مانند سطح دریا، اراضی حاشیه دریا و مناطق کوهستانی، در طول دوره مطالعه معنی‌دار نبود (شکل ۵).

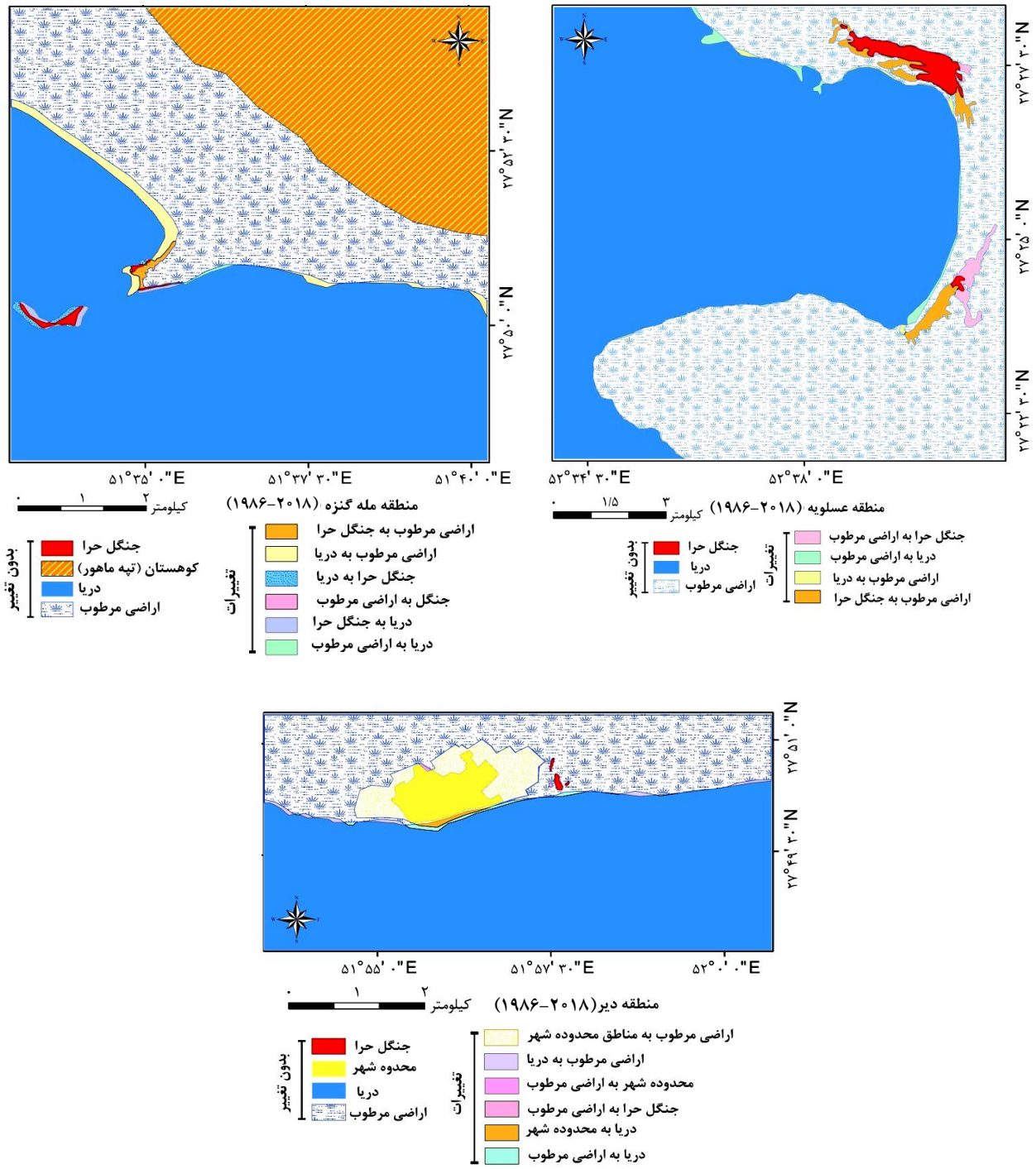
تغییرات مکانی کاربری/ پوشش اراضی

پراکنش مکانی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در بازه ۳۲ سال (۱۹۸۶–۲۰۱۸) در شکل ۶، و در جدول ۵ درصد مناطق تغییر یافته و نرخ سالانه تغییر در هر کلاس کاربری/ پوشش اراضی، آورده شده است. روند تغییرات کاربری/ پوشش در منطقه عسلویه در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که مساحت اراضی تحت پوشش جنگل حرا ۶۸/۹ هکتار با ۴۳/۸ درصد



شکل ۵. مساحت کاربری‌های مختلف در منطقه عسلویه، دیر و مله گنزه در طول دوره مطالعه (۲۰۱۸-۱۹۸۶)

تغییرات، افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۱/۴ درصد بوده است. مساحت دریا ۵۳/۹- هکتار، ۳۴/۳- درصد تغییرات کاهش داشته است که این کاهش ناشی از خطای طبقه‌بندی این کاربری در کاربری اراضی مرطوب است. مساحت اراضی مرطوب حاشیه دریا ۳۴/۴- هکتار با ۲۱/۸- درصد تغییرات کاهش داشته است که این کاهش با نرخ سالانه ۰/۷- بوده است. روند تغییرات در منطقه دیر نشان می‌دهد که مساحت اراضی تحت پوشش جنگل حرا ۵/۲ هکتار با ۰/۸ درصد افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۰/۰۳ بوده است. مساحت اراضی مرطوب حاشیه دریا ۳۲۲/۵- هکتار با ۴۹/۴-



شکل ۶. پراکنش مکانی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در بازه زمانی (۲۰۱۸-۱۹۸۶) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

درصد کاهش داشته است که این کاهش با نرخ سالانه ۱/۶- بوده است. مساحت محدوده شهر ۳۱۳/۱ هکتار با ۴۷/۹ درصد تغییرات افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۱/۵ درصد بوده است.

روند تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در منطقه مله گنزه نشان می‌دهد که مساحت اراضی تحت پوشش جنگل حرا ۲۶/۸ هکتار با ۶/۳ درصد افزایش داشته است که این افزایش با نرخ سالانه ۰/۲۰ بوده است. مساحت اراضی تپه‌ماهور ۳۷/۹- هکتار، ۸/۹- درصد کاهش داشته است که این کاهش با نرخ سالانه ۰/۳- درصد بوده است (جدول ۵).

جدول ۵. ماتریس تغییرات بین هر جفت نقشه کاربری/پوشش اراضی در سه دوره زمانی ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸

		طبقات کاربری/ پوشش اراضی	نرخ سالانه تغییرات (C_r)	درصد تغییرات (C_e)	مساحت تغییرات (C_a) (هکتار)
عسلویه	دوره ۱۹۹۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۲/۰۹	۲۵/۰۹	۳۸/۷۹
		دریا	۱/۷۴	۲۰/۸۴	۳۲/۲۲
		اراضی مرطوب	-۴/۵۱	-۵۴/۰۷	-۸۳/۶۱
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۸	جنگل حرا	۰/۹۶	۱۸/۲۲	۳۰/۱۵
		دریا	-۲/۷۴	-۵۲/۰۴	-۸۶/۱۳
		اراضی مرطوب	۱/۵۷	۲۹/۷۴	۴۹/۲۳
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۱/۴۱	۴۳/۸۵	۶۸/۹۴
		دریا	-۱/۱۱	-۳۴/۲۹	-۵۳/۹۱
		اراضی مرطوب	-۰/۷۱	-۲۱/۸۷	-۳۴/۳۸
دیر	دوره ۱۹۹۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۰/۰۴	۰/۴۵	۱/۳۵
		دریا	-۰/۷۶	-۹/۰۶	-۲۶/۹۱
		اراضی مرطوب	-۳/۵۵	-۴۲/۶۲	-۱۲۶/۵۴
		محدوه شهر	۴/۰۱	۴۸/۱۴	۱۴۲/۹۲
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۸	جنگل حرا	۰/۰۵	۱	۳/۸۷
		دریا	۰/۲۱	۳/۹۷	۱۵/۳۰
		اراضی مرطوب	-۲/۶۸	-۵۰/۸۶	-۱۹۶/۰۲
		محدوه شهر	۲/۳۲	۴۴/۱۶	۱۷۰/۱۹
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۰/۰۳	۰/۸۰	۵/۲۲
		دریا	-۰/۰۶	-۱/۷۸	-۱۱/۶۱
		اراضی مرطوب	-۱/۵۹	-۴۹/۴۳	-۳۲۲/۵۶
		محدوه شهر	۱/۵۵	۴۷/۹۹	۳۱۳/۱۱
مله گنزه	دوره ۱۹۹۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۰/۲۷	۳/۲۰	۱۳/۰۵
		دریا	۴/۲۷	۵۱/۲۷	۲۰۸/۸
		اراضی مرطوب	-۲/۲۶	-۲۷/۱۲	-۱۱۰/۴۳
		کوهستانی	-۱/۵۳	-۱۸/۴۱	-۷۴/۹۷
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۸	جنگل حرا	۰/۷۰	۱۳/۳۲	۱۳/۷۷
		دریا	-۰/۳۲	-۶/۰۹	-۶/۳۰
		اراضی مرطوب	-۲/۳۵	-۴۴/۷۳	-۴۶/۲۶
		کوهستانی	۱/۸۹	۳۵/۸۶	۳۷/۰۸
	دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۶	جنگل حرا	۰/۲۰	۶/۳۳	۲۶/۸۲
		دریا	۱/۵۴	۴۷/۷۷	۲۰۲/۵۰
		اراضی مرطوب	-۱/۱۹	-۳۶/۹۶	-۱۵۶/۶۹
		کوهستانی	-۰/۲۹	-۸/۹۴	-۳۷/۸۹

نتیجه‌گیری

دقت نقشه‌های تولیدی کاربری/ پوشش اراضی (LULC) منطقه رویشگاهی عسلویه در سه دوره مطالعه ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۹۴/۸، ۹۵/۶ و ۹۵/۷ درصد، برای منطقه رویشگاهی دیر در سه دوره مطالعه ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۸۴/۵، ۹۳/۵ و ۹۰/۹ درصد برای منطقه رویشگاهی مله گنزه برای سه دوره مطالعه ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۹۴/۵، ۹۶/۷ و ۹۷/۸ درصد نشان می‌دهد که ادغام تفسیر چشمی با طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر یک روش مؤثر برای شناسایی تغییرات در LULC است. تفسیر تصویری نه تنها در افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر لندست مفید بود، بلکه در تشخیص پوشش جنگل حرا مفید است. روند تغییرات جنگل‌های حرا در سه منطقه رویشگاهی نشان می دهد که پروژه‌های حفاظت اراضی تحت پوشش جنگل‌های حرا و سیاست‌های منطقه‌ای در طی سه دهه گذشته، به‌طور مؤثری بر روند تغییرات سطح تحت پوشش این گونه در سه منطقه مطالعه تأثیر مثبت داشته است.

منابع مورد استفاده

1. Abdu, H. A. 2019. Classification accuracy and trend assessments of land cover-land use changes from principal components of land satellite images. *International Journal of Remote Sensing* 40(4): 1275-1300.
2. Adhikary, P. P., D. Barman, M. Madhu, C. J. Dash, P. Jakhar, H. Hombegowda, B. Naik, D. Sahoo and K. Beer. 2019. Land use and land cover dynamics with special emphasis on shifting cultivation in Eastern Ghats Highlands of India using remote sensing data and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment* 191(315): 1-15.
3. Allam, M., N. Bakr and W. Elbably. 2019. Multi-temporal assessment of land use/land cover change in arid region based on landsat satellite imagery: Case study in fayoum region, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 14: 8-19.
4. Amiri, F. 2014. A nutritive value of Iranian mangrove ecosystems, northern part of the Persian Gulf. *Natural Resources Research* 23(3): 321-330.
5. Amiri, F., V. Rahdari, B. Pradhan and T. Tabatabaei. 2014. Multi-temporal landsat images based on eco-environmental change analysis in and around Chah Nimeh reservoir, Balochestan (Iran). *Environmental Earth Sciences* 72(3): 801-809.
6. Amiri, F. and A. R. B. M. Shariff. 2012. Spatial change detector (SCD®v.10), University Putra Malaysia. In: University Putra Malaysia. (Copyright No. B197).
7. Arévalo, P., P. Olofsson and C. E. Woodcock. 2019. Continuous monitoring of land change activities and post-disturbance dynamics from landsat time series: A test methodology for redd+ reporting. Remote Sensing of Environment: Available online 29 January 2019. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.013.
8. Bekele, D., T. Alamirew, A. Kebede, G. Zeleke and A. M. Melesse. 2019. Land use and land cover dynamics in the keleta watershed, Awash River basin, Ethiopia. *Environmental Hazards* 18(3): 246-265.
9. Chegoonian A. M., M. Mokhtarzade, M. Valadan Zouj, M. Bolouki. 2016. Accuracy assessment of the coral reef mapping using landsat-8 imagery- Case study: Persian Gulf. *Journal of Oceanography* 6(24): 85-93. (In Farsi).
10. Deng, Z., X. Zhu, Q. He and L. Tang. 2019. Land use/land cover classification using time series landsat 8 images in a heavily urbanized area. *Advances in Space Research* 63(7): 2144-2154.
11. Du, P., S. Liu, P. Gamba, K. Tan and J. Xia. 2012. Fusion of difference images for change detection over urban areas. *IEEE Journal on Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 5(4): 1076-1086.
12. Eckert, S., F. Hüsler, H. Liniger and E. Hodel. 2015. Trend analysis of MODIS ndvi time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments* 113: 16-28.
13. El-Kawy, O. A., J. Rød, H. Ismail and A. Suliman. 2011. Land use and land cover change detection in the western Nile Delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography* 31(2): 483-494.
14. Evans, M. J. and J. W. Malcom. 2019. Automated habitat change detection methods using satellite data to improve conservation law implementation. *BioRxiv* 611459.
15. Fu, Y., J. Li, Q. Weng, Q. Zheng, L. Li, S. Dai and B. Guo. 2019. Characterizing the spatial pattern of annual urban growth by using time series landsat imagery. *Science of the Total Environment* 666: 274-284.
16. Gao, J. and Y. Liu. 2010. Determination of land degradation causes in Tonga county, northeast China via land cover change detection. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 12(1): 9-16.
17. García-Álvarez, D., H. Van Delden, M. T. C. Olmedo and M. Paegelow. 2019. Uncertainty challenge in geospatial analysis: An approximation from the land use cover change modelling perspective. In: Geospatial challenges in the

21st century. Springer, pp: 289-314.
18. Hassan, Z., R. Shabbir, S. S. Ahmad, A. H. Malik, N. Aziz, A. Butt and S. Erum. 2016. Dynamics of land use and land cover change (LU/LC) using geospatial techniques: A case study of Islamabad Pakistan. *SpringerPlus* 5(1): 812.
19. Hurni, K., C. Hett, A. Heinimann, P. Messerli and U. Wiesmann. 2013. Dynamics of shifting cultivation landscapes in northern Lao PDR between 2000 and 2009 based on an analysis of MODIS time series and landsat images. *Human Ecology* 41(1): 21-36.
20. Jafarnia, S., J. Oladi, S. M. B. Hojati and K. Mir Akhorloo. 2016. Status and change detection of Mangrove forest in Qeshm Island using satellite imagery from 1988 to 2008. *Journal of Environmental Science and Technology* 18(1): 178-191. (In Farsi).
21. Jiang, X., D. Lu, E. Moran, M. F. Calvi, L. V. Dutra and G. Li. 2018. Examining impacts of the belo monte hydroelectric dam construction on land-cover changes using multitemporal landsat imagery. *Applied Geography* 97: 35-47.
22. Kabisch, N., P. Selsam, T. Kirsten, A. Lausch and J. Bumberger. 2019. A multi-sensor and multi-temporal remote sensing approach to detect land cover change dynamics in heterogeneous urban landscapes. *Ecological Indicators* 99: 273-282.
23. Kogo, B. K., L. Kumar and R. Koech. 2019. Analysis of spatio-temporal dynamics of land use and cover changes in western Kenya. *Geocarto International* 1-16.
24. Li, G., D. Lu, E. Moran, M. F. Calvi, L. V. Dutra and M. Batistella. 2019. Examining deforestation and agropasture dynamics along the Brazilian transamazon highway using multitemporal landsat imagery. *GISscience & Remote Sensing* 56(2): 161-183.
25. Lu, D., P. Mausel, E. Brondizio and E. Moran. 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing* 25(12): 2365-2401.
26. Mafi Gholami, D., M. Baharlouii and B. Mahmoudi. 2017. Mapping area changes of mangroves using RS and GIS (Case study: mangroves of Hormozgan province). *Environmental Sciences* 15(2): 75-92. (In Farsi).
27. Mondal, I., S. Thakur, P. Ghosh, T. K. De and J. Bandyopadhyay. 2019. Land use/land cover modeling of Sagar Island, India using remote sensing and GIS techniques. Emerging Technologies in Data Mining and Information Security, Springer Singapore, pp 771-785.
28. Nagendra Nagendra, H., S. Pareeth and R. Ghate. 2006. People within parks-forest villages, land-cover change and landscape fragmentation in the tadoba and Hari Tiger reserve, India. *Applied Geography* 26(2): 96-112.
29. Pontius Jr, R. G. 2017. Pontiusmatrix41.Xlsx (WorkBook). www.clarku.edu/~rpontius.
30. Robert, S., D. Fox, G. Boulay, A. Grandclément, M. Garrido, V. Pasqualini, A. Prévost, A. Schleyer-Lindenmann and M. -L. Trémélo. 2019. A framework to analyse urban sprawl in the French mediterranean coastal zone. *Regional Environmental Change* 19(2): 559-572.
31. Rokni, K., A. Ahmad, K. Solaimani and S. Hazini. 2015. A new approach for surface water change detection: Integration of pixel level image fusion and image classification techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 34: 226-234.
32. Rwanga, S. S. and J. Ndambuki. 2017. Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences* 8(04): 611-625.
33. Schulz, J. J., L. Cayuela, C. Echeverria, J. Salas and J. M. R. Benayas. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of central Chile (1975-2008). *Applied Geography* 30(3): 436-447.
34. Serra, P., X. Pons and D. Saurí. 2008. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography* 28(3): 189-209.
35. Shalaby, A. and R. Tateishi. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography* 27(1): 28-41.
36. Shiferaw, H., W. Bewket, T. Alamirew, G. Zeleke, D. Teketay, K. Bekele, U. Schaffner and S. Eckert. 2019. Implications of land use/land cover dynamics and prosopis invasion on ecosystem service values in Afar region, Ethiopia. *Science of the Total Environment* 675: 354-366.
37. Shimabukuro, Y. E., E. Arai, V. Duarte, A. Jorge, E. G. d. Santos, K. A. C. Gasparini and A. C. Dutra. 2019. Monitoring deforestation and forest degradation using multi-temporal fraction images derived from Landsat sensor data in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing* 1-22.
38. Shrestha, S., I. Miranda, A. Kumar, M. L. E. Pardo, S. Dahal, T. Rashid, C. Remillard and D. R. Mishra. 2019. Identifying and forecasting potential biophysical risk areas within a tropical mangrove ecosystem using multi-sensor data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 74: 281-294.
39. Singh, A. 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing* 10(6): 989-1003.
40. Syariz, M. A., B. -Y. Lin, L. G. Denaro, L. M. Jaelani, M. Van Nguyen and C. -H. Lin. 2019. Spectral-consistent relative radiometric normalization for multitemporal landsat 8 imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and*

Remote Sensing 147: 56-64.
41. Um, J. -S. 2019. Imaging sensors. pp: 177-225. *In*: Um, J.- S. (Eds.), Drones as cyber-physical systems: Concepts and applications for the fourth industrial revolution, Springer Singapore, Singapore.
42. Vogt, J., U. Safriel, G. Von Maltitz, Y. Sokona, R. Zougmore, G. Bastin and J. Hill. 2011. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: Towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation and Development* 22(2): 150-165.
43. Wang, Y., G. Ziv, M. Adami, E. Mitchard, S. A. Batterman, W. Buermann, B. S. Marimon, B. H. M. Junior, S. M. Reis and D. Rodrigues. 2019. Mapping tropical disturbed forests using multi-decadal 30 m optical satellite imagery. *Remote Sensing of Environment* 221: 474-488.

Multi-Temporal Assessment of Mangrove Forests Change in the Coastal Areas of Bushehr Region Based on Landsat Satellite Imagery

T. Tabatabaie[1] and F. Amiri[1*]

(Received: July 8-2019; Accepted: November 20-2019)

Abstract

Continual access to precise information about the land use/land cover (LULC) changes of the Earth's surface is extremely important for any sustainable development program in which LULC serves as one of the major input criteria. In this study, a supervised classification was applied to three Landsat images collected in 1986, 1998and 2018, providing mangrove forests change data in the coastal area of the Bushehr province. The supervised classification results were further improved by employing image enhancement and visual interpretation. Visual interpretation was not only useful in increasing the classification accuracy of the Landsat images, but also in identifying the mangrove forest cover. Post-classification comparisons of the classified images of the mangrove forest area of the Assaluyeh habitat zone during a period from 1986 to 2018 indicated that the area of these lands had been increased by 68.94 hectares, with a percentage change of 43.85%, which was an increase of 1.41% per year. These changes in the Deir habitat zone showed that the area of the land covered by the mangrove forest was 5.25 hectares, with a percentage change of 0.87. In the Mela Ganza habitat zone, the area of the land covered by the mangrove forest was 26.82 hectares, with a percentage change of 6.33, which was an increase in the annual rate of 0.20.

Keywords: Change detection, Land use/Land cover, Image enhancement, Visual interpretation, Mangrove forest

1. Dept. of Environ., Bushehr Branch, Islamic Azad Univ., Bushehr, Iran.
*: Corresponding Author, Email: famiri@iaubushehr.ac.ir