

پایش تغییرات مانگروهای خور گواتر با استفاده از تصاویر هوابرد- فضابرد

مأده سادات حسینی^۱، زهرا عزیزی^{۲*}، علیرضا وفایی نژاد^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - واحد علوم و تحقیقات -

دانشگاه آزاد اسلامی - تهران
ms.hosseini.ust@gmail.com

^۲ استادیار گروه سنجش از دور و GIS - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - واحد علوم و تحقیقات - دانشگاه آزاد

اسلامی - تهران
zazizi@srbiau.ac.ir

^۳ استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست - دانشگاه شهید بهشتی

a_vafaei@sbu.ac.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۹، تاریخ تصویب خرداد ۱۴۰۰)

چکیده

به علت نقش زیست محیطی جنگل های مانگرو پایش تغییرات این جنگل ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از طرفی شرایط قرارگیری این جنگل ها در حدفاصل آب و خشکی، مطالعه مستقیم این پدیده را با مشکلاتی روبه رو ساخته است. در سال های اخیر توجه هرچه بیشتر به علم سنجش از دور، موانع دسترسی به این مناطق را مرتفع ساخته و بررسی این گیاهان را در هر شرایط منطقه ای، امکان پذیر کرده است. در این پژوهش با استفاده از داده های دورسنجی به بررسی تغییرات خور گواتر در جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان در یک دوره ی زمانی سی ساله پرداخته شد و از تصاویر ماهواره ی لندست - سنجنده های TM، ETM+ و OLI - مربوط به سال های ۱۹۸۸، ۱۹۹۶، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ بهره گرفته شد و تحولات در قالب چهار دوره ی مطالعاتی ۱۹۸۸-۱۹۹۶، ۱۹۹۶-۲۰۰۵، ۲۰۰۵-۲۰۱۳ و ۲۰۱۳-۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور محاسبه مقادیر مانگروهای این منطقه در هر سال و تهیه نقشه توزیع توده های مانگرو، از شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی^۱ استفاده گردید. در شرایط محیطی ذکر شده، تنها گونه های مانگرو قادر به ادامه حیات هستند و حضور سایر گونه های گیاهی در چنین شرایطی، دور از ذهن است و در نتیجه این شاخص گیاهی می تواند در زمینه مطالعات مانگرو عملکرد مناسبی داشته باشد. بررسی مقادیر مانگروها در سال های یاد شده نشان از رشد مثبت مقادیر مانگرو در سه دوره ی اول مطالعاتی داشت، به طوریکه در دوره اول ۳۲/۳۱ هکتار، در دوره دوم ۵۹/۳۱ هکتار و در دوره سوم ۱/۱۷ هکتار به مساحت مانگروها افزوده شده بود. این افزایش از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۳، بیش از دو برابر بوده است. اما از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ کاهش ناگهانی به مقدار ۵۹/۹۴ هکتار روی داد. این کاهش مساحت در جنگل های جزرومدی می تواند متأثر از دلایل متفاوتی باشد که در این پروژه با توجه به مقایسه ی نمودار طیفی مانگروها و آب های حاشیه ی آن به نظر می رسد این کاهش کاذب بوده و متأثر از پدیده ی جزرومد می باشد.

واژگان کلیدی: جنگل های مانگرو، سنجش از دور، پایش تغییرات، ماهواره ی لندست، جزرومد

* نویسنده رابط

^۱ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

۱- مقدمه

جنگل‌های مانگرو مجموعه‌ای از درختان و درختچه‌هایی است که در نواحی جزرومدی [۱] مستقر هستند و این جزرومد در رشد، استقرار و استمرار زندگی آن‌ها نقش مؤثری ایفا می‌کند [۲]. اکوسیستم‌های مانگرو در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان یافت می‌شوند [۳]. تالاب‌های مانگرو ممکن است در محدوده‌های وسیعی بین عرض‌های ۳۵ درجه‌ی شمالی و ۳۸ درجه‌ی جنوبی وجود داشته باشند [۴]. مانگروها یکی از اکوسیستم‌های حفاظتی با قوه‌ی انطباق‌پذیری بی‌نظیر، در سطح کره‌ی زمین هستند که خدمات بسیار گرانبهایی را برای نواحی ساحلی [۵] و میلیون‌ها نفری که در این جوامع زندگی می‌کنند، فراهم می‌کند [۶]، اما چون برای اکثر این خدمات نمی‌توان قیمت بازاری تعیین کرد، در نتیجه اغلب، اهمیت این اکوسیستم‌های منحصربه‌فرد ناچیز پنداشته می‌شود [۷]. در این جنگل‌ها با دور شدن از آب، درصد پوشش، میانگین سطح و ابعاد تاج کاهش می‌یابد و خصوصیات آب بر خاک در تراکم و ابعاد درختان تأثیر می‌گذارد [۸]. جنگل‌های مانگرو از نظر نیازمندی‌ها و بردباری‌های اکولوژیک، خصوصیات ساختمانی و نحوه‌ی تجدید حیات با گیاهان خشکی تفاوت دارند. آن‌ها محیط اکولوژیک منحصربه‌فردی ایجاد می‌کنند که پذیرای اجتماعات غنی از انواع گونه‌ها است [۹]. این جنگل‌ها جزء مهم‌ترین سیستم‌های حیات‌بخش در جهان می‌باشند، چراکه علاوه بر تأمین شرایط زیستی برای انواع گوناگونی از گیاهان و جانوران، محافظی مطمئن جهت کنترل امواج و طوفان‌های شدید بوده و پدیده‌ای برای حفظ موجودیت جوامع ساحلی می‌باشد [۱۰] و در زمره اکوسیستم‌های غنی از کربن دسته‌بندی می‌شوند [۱۱]. منابع این جنگل‌ها، دارای ارزش تجاری بالایی هستند که از جمله آن‌ها میتوان تولید الوار و سوخت هیزم، نخل هندی برای سقف، گونه‌های ماهی، تجارت خرچنگ و میگو به عنوان منبع غذا و همچنین دانه و میوه به عنوان دارو را نام برد. علاوه بر این، فعالیت‌های دیگری از جمله کشاورزی، پرورش آبزیان، ایجاد بنادر، دفن زباله و ساخت اسکله ماهی‌گیری در این جنگل‌ها رخ می‌دهد [۱۲].

برخی برآوردها نشان داده که کمتر از ۵۰ درصد از جنگل‌های مانگروی جهان تا پایان قرن بیستم دست

نخورده باقی مانده‌اند و نیمی دیگر در شرایط وخیم به سر می‌برند. جنگل‌های مانگرو از زیستگاه‌های در معرض تهدید به شمار می‌آیند که از بین رفتن آن‌ها در جهان بسیار شایع است [۴]. این اکوسیستم‌های ساحلی متأثر از فعالیت‌های طبیعی و انسانی دچار تغییر می‌شوند [۱۳]. پیامدهای تغییرات در سطح زمین مانند تغییرات آب و هوایی و افزایش نسبی سطح دریا تهدیدی بزرگ برای استقرار مانگروها به حساب می‌آید [۴]. با این وجود به نظر می‌رسد این تهدید کوچک‌تر از فشاری است که در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسانی نظیر تبدیل برای آبی‌پروری و زهکشی به این درختان وارد می‌شود که آینده آن‌ها را به خطر می‌اندازد [۱۴]. لذا بررسی روند تغییرات سطح مانگروها در زمان‌های مختلف، مهم و ضروری می‌باشد تا با مشخص شدن مناطقی که بیشتر در معرض تهدید هستند، روند کاهش تخریب آن‌ها در طی زمان آشکار شود [۱۵].

آلتوری^۱ و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات پوشش مانگرو و تأثیر پرورش میگو در کاهش سلامت مانگروها را در ساحل جنوب شرقی خلیج کالیفرنیا از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار دادند. در این راستا از سنجنده‌ی TM لندست بهره بردند و بر روی همه تصاویر، شاخص NDVI را اعمال کرده و از این شاخص جهت کشف روند افزایش و کاهش میزان پوشش گیاهی استفاده کردند. آن‌ها با بکارگیری روش تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره وجود روند منفی آماری قابل توجه NDVI را در سه پوشش، مانگروی خالص، تلفیق مانگرو و علف‌های هرز و علف هرز خالص نشان دادند. این مطالعه نشان داد که چگونه فعالیت‌های بشر در ارتباط با طبیعت بر اکوسیستم ساحلی اثر می‌گذارد و رشد بیش از اندازه پرورش میگو سلامت مانگروها را به خطر خواهد انداخت [۴].

هاوزر^۲ و همکاران (۲۰۱۷) جهت آشکارسازی تغییرات پوشش زمین و قطعه قطعه شدن مانگروها در شبه جزیره‌ی کامائو^۳ در ویتنام از تصاویر ماهواره‌ی اسپات برای سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ و اطلاعات زمینی شامل داده‌های نقطه‌ای استفاده کردند. آن‌ها جهت طبقه‌بندی دقیق و تهیه‌ی نقشه از پوشش زمین روش طبقه‌بندی نیمه

^۱ Alatorre

^۲ Hauser

^۳ Ca Mau

اتوماتیک را به کار گرفتند. تحلیل آن‌ها حاکی از رخداد یک دوره جنگل زدایی در سال‌های اول مطالعات و سپس یک دوره کاشت جنگل بود که این تغییرات با آبی‌پروری گره خورده بود [۶].

جایانسی^۱ و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی تغییرات جنگل‌های مانگروی حفاظت‌شده و حفاظت‌نشده‌ی هند را مورد بررسی قرار دادند. این محققین تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره‌ی لندست را به ترتیب برای سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۳ و برای پنج ایالت ساحلی به کار گرفتند. آن‌ها به طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش زمین پرداختند و برای ارزیابی دقت از نقاط کنترل زمینی بصورت تصادفی استفاده کردند. در نهایت برای پایش تغییرات زمانی، نقشه‌ها را روی هم قرار دادند. آنان دریافتند میزان مانگروهای از دست رفته و مانگروهای بوجودآمده در مناطق بدون محافظت و نواحی محافظت‌شده، تا حدودی باهم برابری می‌کرد و حتی در اثر جنگل‌کاری در مناطق محافظت‌نشده حدود ۱۵ درصد هم به این مانگروها اضافه شد [۱۶].

سرزمین پهناور ایران از آن حیث که تفاوت زیادی در دو عرض جغرافیایی از شمال تا جنوب دارد میزبان گونه‌های گیاهی فراوانی از جمله مانگرو می‌باشد [۱۷]. جنگل‌های مانگرو ایران از محدوده‌های مهم و حساس در میان مانگروهای جهان می‌باشد، چرا که استقرار آن‌ها بر خلاف سایر رویشگاه‌های دنیا در مناطق کم‌باران و تحت تأثیر فصل‌های خشک صورت گرفته و بعضی از خصوصیات محیطی نیز آن‌ها را از دیگر مناطق دنیا متمایز کرده است [۲]. متأسفانه این جنگل‌ها همانند سایر مانگروهای جهان با وجود عملکردهای گسترده‌ی اکولوژی، در معرض تخریب در اثر مخاطرات طبیعی و انسانی قرار دارند [۱۸]. برخی از موضوعاتی که اغلب باعث از بین رفتن مانگروهای ایران شده است، استفاده بیش از حد از برگ‌ها و شاخه‌های مانگرو جهت تعلیف دام، امواج و فعالیت‌های شدید جزرومدی، تغییرات آب‌وهوایی مانند خشک شدن زمین و تأخیر در دوره غوطه‌وری در آب و تغذیه پستانداران از این گیاهان می‌باشد [۱۹].

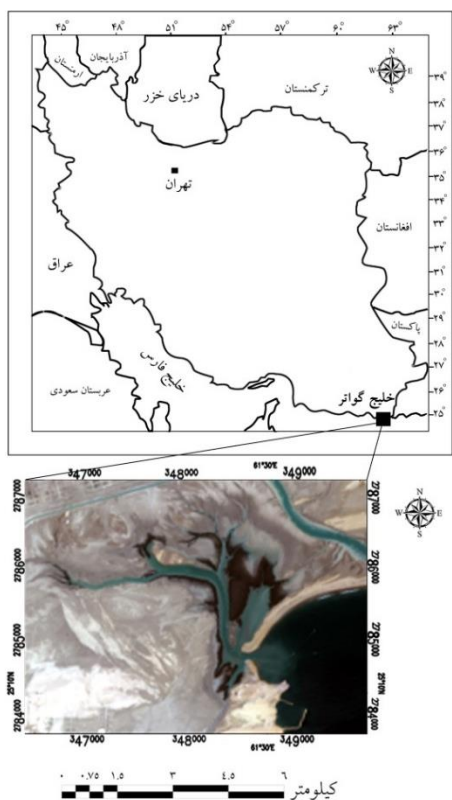
سنگش‌ازدور به عنوان یک رشته‌ی علمی [۲۰]، راهی مطمئن در جهت مطالعه‌ی این جنگل‌ها است و اغلب

جایگزین قابل اطمینانی برای روش‌های بررسی زمینی است [۱۲]. چراکه برآورد کامل پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنتی زمان‌بر بوده و از دقت کافی برخوردار نیست [۲۱]. علم دورسنجی که در طول دو دهه‌ی گذشته جهت نقشه‌برداری و نظارت بر نواحی مانگرو به کار گرفته شده است [۵]، طیف گوناگونی از اطلاعات را فراهم می‌کند که برای پایش خصوصیات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی جنگل‌ها، میزان کربن و باروری اکوسیستم‌های جهانی، بیماری گیاهان، پارامترهای منحصربه‌فرد درختان، وضعیت جنگل، نقشه‌برداری از کاربری و پوشش زمین و نیز توزیع جنگل‌های مانگرو سودمند می‌باشد [۳] و منبع ارزشمندی از اطلاعات و پوشش به موقع و کامل، بویژه از نواحی مانگرو که دسترسی به آن دشوار است، ارائه می‌دهد [۱۲]. جعفرنیا و همکاران (۱۳۹۰) درصد بررسی تغییرات جنگل‌های مانگرو در محدوده قشم ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۸ برآمدند. آن‌ها برای دستیابی به این هدف از داده‌های چندطیفی سنجنده‌ی TM ماهواره‌ی لندست برای سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۸ و سنجنده‌ی LISS III ماهواره‌ی IRS-C هندوستان برای سال ۲۰۰۸ و همچنین از نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی و شکل زمین بهره بردند. سپس بعد از آشکارسازی به تولید تصاویر مصنوعی مانند DVI، TVI، PCA، NDVI، IPVI پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، شرایطی که توسعه را سبب شده بر تمام شرایطی که موجب کاهش بوده چیرگی داشته و لذا بیان رشد در منطقه مثبت بوده و در مناطق دور از دسترس سطح پوشش افزایش یافته است [۱۵].

تقوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی کارایی دو الگوریتم شبکه عصبی و حداکثر احتمال جهت شناسایی تغییرات پوشش مانگرو گاندو در استان سیستان و بلوچستان پرداختند. در این راستا از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌ی MSS، TM و ETM+، مربوط به سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۹۵، ۲۰۱۵ و نقشه‌های توپوگرافی منطقه استفاده کردند و برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی‌های شبکه عصبی و حداکثر احتمال با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی^۲ به برداشت نقاط زمینی بصورت تصادفی پرداختند. یافته‌های آنان حاکی از دقت بیشتر شبکه‌ی عصبی

۲ GPS (Global Positioning System)

۱ Jayanthi



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مانگروهای خور گواتر در استان سیستان و بلوچستان

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده TM برای سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۶، سنجنده ETM+ متعلق به سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ و سنجنده OLI برای سال ۲۰۱۸، بهره گرفته شده است (جدول ۱). زمان اخذ این تصاویر مربوط به فصل بهار می‌باشد که به علت انجام مقایسه بین تصاویر سال‌های مذکور بازه‌های زمانی نزدیک و فاقد ابر تهیه گردید.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده

تصاویر	تاریخ دریافت	زمان به وقت محلی	عبور/ ردیف
Landsat TM	۱۹۸۸/۴/۱۲	۱۰°۲۱'۵۶"	۰۴۳/۱۵۶
	۱۹۹۶/۴/۲	۱۰°۲۱'	
Landsat ETM+	۲۰۰۵/۴/۳	۱۰°۴۱'۲۹"	۰۴۳/۱۵۶
	۲۰۱۳/۳/۲۴	۱۰°۴۷'۵۴"	
Landsat OLI	۲۰۱۸/۳/۳۰	۱۰°۵۱'۸۱"	۰۴۳/۱۵۶

۳-۲- روش کار

در این مرحله به منظور حذف خطای رادیومتری، بر روی باندهای انعکاسی تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۶،

مصنوعی در تهیه نقشه‌ی مانگروها و همچنین افزایش سطح این جنگل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه بود [۲۲].

زنگنه‌اسدی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به بررسی روند تغییرات جنگل مانگرو بندرعباس، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای لندست -سنجنده‌های TM، ETM+، OLI- مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ پرداختند و جهت دستیابی به دقیق‌ترین روش در تهیه نقشه‌ی پوشش گیاهی این منطقه، الگوریتم‌های حداکثر احتمال، ماشین‌بردار پشتیبان و حداقل فاصله را مقایسه نمودند. همچنین جهت افزایش تباین و وضوح بیشتر، عملیات فیوژن و تکنیک‌های بارزسازی را اعمال کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان از دقت بیشتر روش حداکثر احتمال در پایش تغییرات داشت. همچنین طبق محاسبات آن‌ها مجموع جنگل‌های مانگرو از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵ کاهش و از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ که به طرز قابل توجهی افزایش داشته است [۱۳].

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

خلیج گواتر در جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان و در ۸۵ کیلومتری چابهار در عرض شمالی ۱° تا ۲۵° ۱۲' و طول شرقی ۶۱° ۳۴' و ۶۱° ۴۷' قرار گرفته است و حدود نیمی از آن به کشور پاکستان تعلق دارد [۲۳] (شکل ۱). در بخش ایرانی این خلیج ۵ شاخ آبه خور و رودخانه شامل رودخانه کاجو، نهنگ، باهوکلالت و خورهای باهو و گواتر در ارتباط هستند. رودخانه‌های یادشده سیلابی هستند و جریان پایهی ضعیفی دارند [۲۴]، چراکه رژیم بارندگی آن‌ها نامنظم می‌باشد و علاوه بر تغییرات فصلی، تغییرات سالانه‌ی قابل توجهی دارند و بارندگی سالانه در این ناحیه اغلب با شدت زیاد و در چند نوبت به وقوع می‌پیوندد که جریان یافتن سیلاب در رودخانه‌ها را سبب می‌شود و در سایر ایام رودخانه‌های این محدوده خشک هستند و یا آب کمی از زهکشی آب‌های زیرزمینی در آن جریان دارد [۲۵]. اغلب رسوبات خلیج گواتر آواری است و از فرسایش تشکیلات زمین‌شناختی اطراف این خلیج ایجاد شده که توسط رودخانه باهوکلالت حمل شده‌اند و عمده‌ی این رسوبات از ماسه و سیلت حاصل از فرسایش بخش‌های ماسه‌سنگی، کنگلومرایی و مارنی تشکیل شده است [۲۶].

۳- بحث و نتایج

در این پژوهش جهت پایش تغییرات خور گواتر در یک دوره‌ی زمانی سی ساله، از تصاویر ماهواره‌ی لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۶، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ بهره گرفته شد. تهیه‌ی نقشه‌های توزیع توده‌های مانگرو و محاسبه مقادیر پوشش گیاهی برای هر سال توسط شاخص NDVI انجام گرفت و در راستای درک بهتر تغییرات، بررسی بازتاب طیفی پدیده‌ها کمک به‌سزایی کرد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که بین سال‌های ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۱۳ روند رشد مانگروها مثبت بوده، اما محاسبه مقدار مانگروی سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۱۳ نشان‌دهنده کاهش قابل توجهی بود (جدول ۲). میزان این مانگروها در نقشه‌های تهیه‌شده به تفکیک هر سال قابل مشاهده است (شکل ۳). بر اساس تفسیر بصری این نقشه‌ها، کمترین میزان مانگرو مربوط به سال ۱۹۸۸ می‌باشد. از این تاریخ به بعد، مانگروها به‌ویژه در نواحی شمال و شرق رشد به‌سزایی داشتند، به‌طوری‌که افزایش این پوشش در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ به اوج خود می‌رسد. اما همانطور که در نقشه‌ی سال ۲۰۱۸ دیده می‌شود، کاهش محسوس در مساحت مانگروها رخ داده و این کاهش بیشتر در محل تلاقی پوشش گیاهی با آب بوده است.

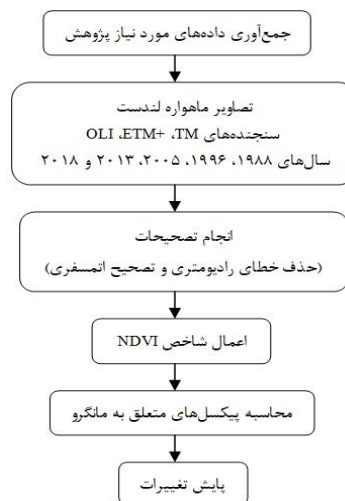
جدول ۲- مساحت مانگرو و تغییرات این پوشش در هر دوره با شاخص NDVI و تکنیک‌های دورسنجی به هکتار

سال	مساحت توده مانگرو	دوره‌های مطالعاتی	اختلاف مساحت مانگروی هر سال نسبت به سال قبل
۱۹۸۸	۷۷/۳۱		
۱۹۹۶	۱۰۹/۶۲	۱۹۸۸-۱۹۹۶	۳۲/۳۱
۲۰۰۵	۱۶۸/۹۳	۱۹۹۶-۲۰۰۵	۵۹/۳۱
۲۰۱۳	۱۷۰/۱	۲۰۰۵-۲۰۱۳	۱/۱۷
۲۰۱۸	۱۱۰/۱۶	۲۰۱۳-۲۰۱۸	-۵۹/۹۴

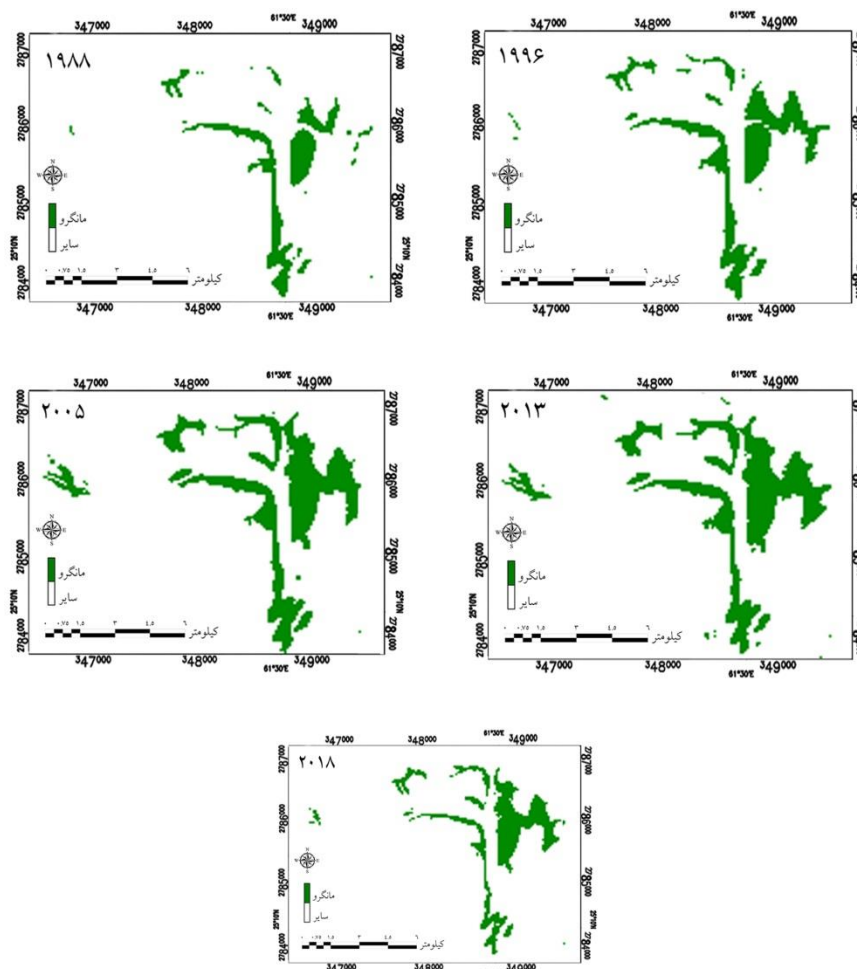
۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ تصحیح صورت گرفت و رادیانس (Radiance) آن‌ها محاسبه و مقادیر بدست آمده برای هر باند اعتبارسنجی شد. در مرحله بعد بر روی تصاویر، تصحیح اتمسفری صورت گرفت. این مدل تصحیح اتمسفری از پایگاه داده مدل‌های انتقال تابش MODTRAN4 برای تصحیح اتمسفری استفاده می‌کند [۲۷] و ورودی آن جهت اعمال تصحیحات تصویر رادیانس می‌باشد. سپس برای تمامی تصاویر، NDVI محاسبه شد (رابطه ۱). این شاخص که از شناخته‌شده‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی است، حاصل تفاضل بین حداکثر جذب در محدوده قرمز ناشی از رنگدانه‌های کلروفیل و حداکثر بازتاب در محدوده مادون قرمز ناشی از ساختار سلولی برگ می‌باشد [۲۰].

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

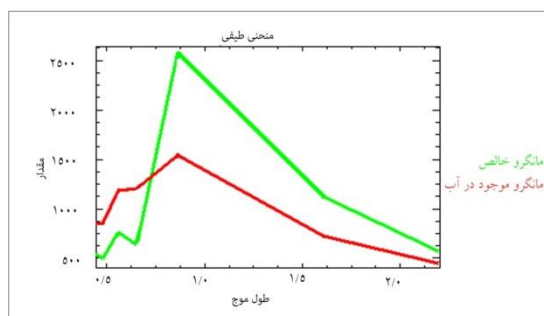
پس از محاسبه‌ی NDVI از تصاویر سال‌های مورد مطالعه و جداسازی پوشش مانگرو از سایر پوشش‌ها، تعداد پیکسل‌های متعلق به مانگرو در تصاویر محاسبه گردید و مساحت این پوشش با در نظر گرفتن اندازه پیکسل‌های تصاویر لندست بر روی سطح زمین، تعیین و نقشه‌ی توده‌های مانگرو برای سال‌های مورد مطالعه ایجاد گردید. سپس اختلاف مساحت توده‌های مانگرو در هر دوره‌ی مطالعاتی، جهت تعیین میزان تغییرات و افزایش یا کاهش پوشش مانگرو محاسبه شد. در نهایت پس از بررسی تغییرات این پوشش، جهت اطمینان از صحت تغییرات برای تصویر سال ۲۰۱۸ که احتمال مد برای آن وجود داشت، از نواحی مختلف پوشش مانگرو و حاشیه‌ی آبی آن - به علت زیر آب رفتن بخشی از این گیاهان هنگام مد - منحنی‌های بازتاب طیفی تهیه شد. در شکل (۲) روند کلی پژوهش نمایش داده شده است.



شکل ۲- نمودار روند کلی پژوهش



شکل ۳- نقشه‌های توزیع توده‌های مانگرو در سال‌های مورد مطالعه



شکل ۴- منحنی بازتاب طیفی تهیه‌شده از مانگرو خالص و مانگروی زیر آب در سال ۲۰۱۸

۴- نتیجه‌گیری

به‌علت اهمیت اکوسیستم مانگرو و سکونتگاه منحصربه‌فرد آن و تأثیر آن در زندگی انسان‌ها و سایر موجودات، مطالعه‌ی این پدیده نیازمند توجهی ویژه می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات توده‌های مانگرو خور گواتر در چهار دوره و در بین سال‌های ۱۹۸۸ تا

کاهش چشمگیر مقدار مانگرو در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال‌های قبل احتمال وقوع مد را در این سال افزایش می‌داد. در نتیجه تهیه‌ی چندین منحنی بازتاب طیفی از نواحی مختلف مانگروهای خالص و حاشیه‌ی آبی این پوشش که در ظاهر بخشی از آب به حساب می‌آمد، کمک شایان توجهی در این راستا انجام داد که به علت شباهت ساختار همگی این نمودارها، یکی از آن‌ها به عنوان نمونه انتخاب گردید (شکل ۴). رفتار طیفی این دو محدوده ثابت کرد که با وجود تفاوت‌هایی که این دو منحنی در میزان بازتاب باهم دارند، اما ساختار کلی آن‌ها مانند هم می‌باشد و منحنی قرمز رنگ تلفیقی از بازتاب آب و پوشش گیاهی می‌باشد و این نشان‌دهنده‌ی وجود مانگروها در زیر آب - به‌هنگام مد - است. بنابراین می‌توان گفت که کاهش رخ- داده در سال ۲۰۱۸ ناشی از قرارگیری بخشی از مانگروها در زیر آب بوده و بنابراین در منطقه کاهش رخ نداده است.

قبل، روند افزایشی داشته‌اند. از دلایل این افزایش می‌توان رسوب گذاری رودخانه‌های ساحلی و از طرفی بالا آمدن سطح اساس دریای عمان و پیشروی آب در خلیج گواتر را معرفی کرد [۲۲].

هم‌چنین شاخص NDVI که شاخصی کارآمد در زمینه‌ی تشخیص پوشش گیاهی است، در نمایش مانگروهای منطقه‌ی مورد مطالعه عملکردی مناسب داشت و در سایر پژوهش‌های مربوط به مانگرو نیز به کار گرفته شده است [۴].

مطالعات مربوط به تغییرات مانگروها در راستای حفاظت از این پدیده مهم باید همواره مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد، چراکه این جنگل‌ها علاوه بر اهمیت بالای زیست محیطی، می‌تواند نقش بسزایی در اقتصاد ساکنان بومی این مناطق ایفا کند. به این منظور در مطالعات آینده جهت دستیابی به دقت بیشتر در پایش تغییرات مانگروهای ایران، می‌توان از سایر شاخص‌های گیاهی به- همراه تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان جزر و مد - به‌ویژه تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بالا - بهره گرفت.

۲۰۱۸ می‌باشد. مطالعات انجام گرفته نشان از رشد مثبت مانگروهای این منطقه تا سال ۲۰۱۳ داشت، به‌طوریکه مساحت توده‌های مانگرو در سال ۱۹۸۸، از ۷۷/۳۱ هکتار به ۱۷۰/۱ هکتار در سال ۲۰۱۳ رسیده و مطالعات برخی از محققین مهر تأییدی بر روند افزایشی این پوشش بوده است [۲۲]. اما این مانگروها از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ به مقدار ۵۹/۹۴ هکتار کاهش یافتند که میزانی بسیار قابل توجه بود. از آنجایی که این جنگل‌ها در نواحی جزرومدی واقع شده‌اند، مطالعه‌ی آن‌ها زمان بیشتری را می‌طلبد. چراکه بخشی از این جنگل‌ها در مواقع مد در زیر آب فرو می‌روند و ممکن است بخشی از این پوشش در تصویر ماهواره‌ای، آب مشاهده گردد. لذا بررسی رفتار طیفی پدیده‌ی مانگرو و آب‌های حاشیه‌ی آن کمک شایانی در راستای درک بهتر علت این کاهش، انجام داد. مقایسه‌ی بین رفتار طیفی این دو پدیده نشان از شباهت طیفی آن‌ها داشت و این مسئله را روشن کرد که برخی از گیاهان در تصویر سال ۲۰۱۸ بر اثر پدیده مد، در زیر آب استقرار یافته‌اند. در نتیجه می‌توان ادعا کرد که از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ میزان مانگروها بدون تغییر و یا حتی مانند دوره

مراجع

- [1] Xia, Q., Qin, C.Z., Li, H., Huang, C., Su, F.Z. and Jia, M.M. (2020). "Evaluation of submerged mangrove recognition index using multi-tidal remote sensing data." *Ecological Indicators*. Vol.113, 106196.
- [2] Safiari, S. and Nasouri, M. (2008). "Mangrove forests development." Publications of the General Directorate of Natural Resources. Hormozgan.
- [3] Maryantika, N. and Lin, C. (2017). "Exploring changes of land use and mangrove distribution in the economic area of Sidoarjo District, East Java using multi-temporal Landsat images." *Information Processing In Agriculture*. Vol.4, pp. 321-332.
- [4] Alatorre, L.C., Sanchez-Carrillo, S., Miramontes-Beltran, S., Medina, R.J., Torres-Olave, M.E., Bravo, L.C., Wiebe, L.C., Granados, A., Adams, D.K., Sanchez, E. and Uc, M. (2016). "Temporal changes of NDVI for qualitative environmental assessment of mangroves: Shrimp farming impact on the health decline of the arid mangroves in the Gulf of California (1990-2010)." *Journal of Arid Environments*. Vol.125, pp. 98-109.
- [5] Umroh., Adi, W. and Sari, S.P. (2016). "Detection of mangrove distribution in Pongok Island." *Procedia Environmental Sciences*. Vol.33, pp. 253-257.
- [6] Hauser, L.T., Vu, G.N., Nguyen, B.A., Dade, E., Nguyen, H.M., Nguyen, T.Q., Le, T.Q., Vu, L.H., Tong, T.H. and Pham, H.V. (2017). "Uncovering the spatio-temporal dynamics of land cover change and fragmentation of mangroves in the Ca Mau peninsula, Vietnam using multi-temporal SPOT satellite imagery 2004-2013." *Applied Geography*. Vol.86, pp. 197-207.
- [7] Petrosian, H. and Danekar, A. (2012). "Identification of effective criteria in spatial distribution of mangrove forests (study of mangrove forest samples)." *Journal of Environmental Science*. No.53&54, pp. 81-90.
- [8] Jafarnia, S. and Akbarinia, M. (2014). "Investigation of Spatial Distribution of Some Physical and Chemical Properties of Soil and Water in Qeshm Island Mangrove Forests Using Geostatistics." *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. Vol.22, No.4, pp. 673-686.
- [9] Alavi, S. and Saeedi, G. H. (2012). "Proposing an appropriate economic method for managing and developing mangrove forests (*Rizophoraceae*) in the east of Jask city." *Iranian Journal of Natural Ecosystems*. Second Year, No.4, pp. 53-61.

- [10] Safiari, S. (2001). "Mangrove forests (mangrove forests in the world)." Forests and Rangelands Research Institute. Tehran.
- [11] Cooray, P.L., Kodikara, K.A., Kumara, M.P., Jayasinghe, U.L., Madarasinghe, S.K., Dahdouh, G., F., Gorman, D., Huxham, M. and Jayatissa, L.P. (2021). "Climate and intertidal zonation drive variability in the carbon stocks of Sri Lankan mangrove forests." *Geoderma*. Vol. 389, 114929.
- [12] Ibharim, N.A., Mustapha, M.A., Lihan, T. and Mazlan, A.G. (2015). "Mapping mangrove changes in the Matang Mangrove Forest using multi temporal satellite imageries." *Ocean & Coastal Management*. Vol.114, pp. 64-76.
- [13] Zanganeh, A. M., Taqavi, M. E. and Akbari, E. (2016). "Investigation and evaluation of changes in mangrove forests using remote sensing techniques (Case study: Bandar Abbas)." *Iranian Natural Ecosystems Quarterly*. Seventh year, No.4, pp. 17-31.
- [14] Proisy, C., Viennois, G., Sidik, F., Andayani, A., Enright, J.A., Guitet, S., Gusmawati, N., Lemonnier, H., Muthusankar, G., Olagoke, A., Prosperi, J., Rahmania, R., Ricout, A., Soulard, B. and Suhardjono. (2017). "Monitoring mangrove forests after aquaculture abandonment using time series of very high spatial resolution satellite images: A case study from the Perancak estuary, Bali, Indonesia." *Marine Pollution Bulletin*. Vol.131, pp. 61-71.
- [15] Jafarnia, S., Oladi, J., Hojati, S.M. and Mirakhurlu, K. (2011). "Investigation of the situation and detection of changes in the mangrove forests of Qeshm Island using satellite images between 1988 and 2008." *Environmental Science and Technology*. Vol.18, No.1. pp. 177-191.
- [16] Jayanthi, M., Thirumurthya, S., Nagarajb, G., Muralidhara, M. and Ravichandran, P. (2018). "Spatial and temporal changes in mangrove cover across the protected and unprotected forests of India." *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol.213, pp. 81-91.
- [17] Safiari, S. (2002). "Mangrove forests." Forests and Rangelands Research Institute. Tehran.
- [18] Mafi, G. D., Baharloui, M. and Mahmoodi, B. (2017). "Progress and regression rates in mangrove forests using remote sensing and digital shoreline analysis system (DSAS) (Case study: mangrove biosphere reserve)." *Environmental Science*. Vol.43, No.4, pp. 633-646.
- [19] Zahed, M., Rouhani, F., Mohajeri, S., Bateni, F. and Mohajeri, L. (2010). An overview of Iranian mangrove ecosystems, northern part of the Persian Gulf and Oman Sea. *Acta Ecologica Sinica*. Vol.30, pp. 240-244.
- [20] Alavipanah, S.K. (2011). *Fundamentals of modern remote sensing and interpretation of satellite images and aerial photos*. University of Tehran Press. Tehran.
- [21] Khoramak, S. and T. Mahmoudi, F. (2020). "Detection of urban vegetation based on integration at the level of decision of leader data and hyperspectral image." *Journal of Geomatics Science and Technology*. Vol.10, No.1, pp. 27-37.
- [22] Taqavi, M. E., Bahrami, S. and Akbari, E. (2015). "Comparison of maximum likelihood and neural network methods in assessing changes in mangrove level using Landsat satellite imagery in Gando protected area of Sistan and Baluchestan province." *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research*. Vol.23, pp. 23- 48.
- [23] Erfani, M., Danekar, A., Ardakani, T. and Moradi, S. S. (2011). "Study of nutrients of mangrove branches in Govater Bay, Sistan and Baluchestan province." *Journal of Vegetation (Iranian Journal of Biology)*. Vol. 26, No. 3, pp. 320-329.
- [24] Zareyi, E. (1994). "Preliminary study of hydrology and hydrobiology of Govater Bay." Publications of Iran Fisheries Research Institute. Chabahar.
- [25] Awfi, F., Behzadi, S., Dehqan, M. S., Nourinejad, M. and Rabani, M. (2018). "Identification, land use planning and ecological standard classification of habitats, station and centers of genetics resources of Iran south province (Persian Gulf-Gulf of Oman)." Publications of the Fisheries Science Research Institute of the country. Tehran.
- [26] Mor, F., Nematollahi, M., Keshavarzi, B. and Hamze, M. (2014). "Surface and major distribution of heavy metals in coastal and marine sediments of the Iranian part of Govater Bay." *Journal of Marine Science and Technology*. Vol.13, No.2.
- [27] Cooley, T., Anderson, G.P., Felde, G.W., Hoke, M.L., Ratkowski, A.J., Chetwynd, J.H., Gardner, J.A., Adler, G. S., Matthew, M.W., Berk, A., Bernstein, L., Acharya, P.K., Miller, D. and Lewis, P. (2002). "FLAASH, a MODTRAN4- based atmospheric correction algorithm, its application and validation." In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Vol.3, pp. 1414-1418.