

بررسی اثرهای تغییرات کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس بر ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی با استفاده از تصاویر سنجنش از دوری

غدیر عشورنژاد- دانشجوی دکتری تخصصی سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، گروه سنجنش از دور و GIS، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران
فرشاد امیراصلانی* - دانشیار و عضو هیئت علمی گروه سنجنش از دور و GIS، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران
مجید کیاورز مقدم- استادیار و عضو هیئت علمی گروه سنجنش از دور و GIS، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران
آرا تومانیان- استادیار و عضو هیئت علمی گروه سنجنش از دور و GIS، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس بزرگ‌ترین منطقه ویژه اقتصادی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی در جهان است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر لندست تغییرات کاربری / پوشش اراضی این منطقه پیش از تأسیس (۱۳۷۷-۱۳۶۴) و بعد از آن (۱۳۷۷-۱۳۹۷) محاسبه شد. با تلفیق مساحت به دست آمده از هر کلاس با ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی آن‌ها، روند تغییرات ارزش خدمات اکوسیستمی منطقه مقایسه شد. نتایج نشان دهنده آن است که پیش از تأسیس این منطقه در بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ اراضی کشاورزی و نخلستان‌ها به میزان ۳۰۸,۷۹ و ۸۵۲,۴۸ هکتار (۷۵,۵۶ و ۱۰۰ درصد) افزایش و جنگل‌های مانگرو به میزان ۶۷,۶۸ هکتار (۳۶,۴۵ درصد) کاهش یافته است. با تأسیس این منطقه در سال ۱۳۷۷ شاهد افزایش اراضی انسان‌ساخت و جنگل‌های مانگرو به میزان ۲۷۵۶,۶۱ و ۱۱۳,۴۰ هکتار (۱۰۰ و ۹۶,۱۱ درصد) و کاهش اراضی کشاورزی و نخلستان‌ها به میزان ۳۹۷,۵۳ و ۵۷۹,۳۳ هکتار (۵۵,۴۱ و ۳۴,۲۱ درصد) تا سال ۱۳۹۷ بوده‌ایم. کاهش تالاب نای‌بند به میزان ۴۰۰۰ هکتار (۴۶,۷۹ درصد) مهم‌ترین تغییرات انجام گرفته در این منطقه است که ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی این میزان از تالاب نابود شده برابر با صد میلیون دلار در سال است.

واژگان کلیدی: خدمات اکوسیستم، سنجنش از دور، کاربری / پوشش اراضی، لندست، منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس.

مقدمه

امروزه تأثیر صنعت و تکنولوژی به‌عنوان عامل رشد اقتصادی هر کشور و توسعه مناطق مختلف آن بر کسی پوشیده نیست. اما، مداخله و دستکاری در طبیعت و بهره‌مند شدن از مواهب الهی آن با استفاده از تکنولوژی باید همراه تفکر توسعه پایدار باشد تا، ضمن بهره‌برداری معقول و متناسب، سعی شود توازن اکولوژیکی برهم نخورد (عزیزپور و قاسمی، ۱۳۸۹: ۱۰۲). اهمیت این موضوع تا حدی است که سازمان بین‌المللی ناظر بر رعایت حقوق انسانی و حفظ محیط زیست شرکت‌ها و سازمان‌های مجری پروژه‌های بین‌المللی، به‌ویژه مدیران شرکت‌های صنایع نفت و گاز و فعالان بخش معدن، را ملزم به ایجاد یک سیستم ارزیابی و مدیریت اثرهای زیست‌محیطی کرده‌اند (حجازی و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۸). برهم‌خوردن این توازن تغییر در ارائه خدمات و کالاهای قابل ارائه از اکوسیستم را همراه خواهد داشت و انسان همواره برای حفظ بقای خود نیازمند کالاهای و خدمات اکوسیستمی است. خدمات اکوسیستمی به چهار دسته تقسیم شده است:

خدمات تولیدی^۱، تنظیمی^۲، فرهنگی^۳، و پشتیبان حیات^۴. سه دسته اول به‌طور مستقیم در مردم اثر می‌گذارند و دسته چهارم بر استمرار تدارک سایر خدمات مذکور از سوی اکوسیستم‌ها حیاتی است (زرندیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۹۸؛ آیانو و همکاران، ۲۰۱۲). هر یک از این چهار طبقه شامل طیف گسترده‌ای از انواع خدمات اکوسیستمی‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. انواع خدمات اکوسیستمی (ارزیابی اکوسیستم هزاره، ۲۰۰۵)

| خدمات تولیدی | خدمات تنظیم‌کننده | خدمات فرهنگی | خدمات پشتیبانی |
|--|---|---|--|
| کالاهایی که از اکوسیستم‌ها گرفته می‌شود. | فوایدی که حاصل تنظیم فرایندهای اکوسیستمی است. | فواید غیرمادی حاصل از اکوسیستم‌ها را شامل می‌شود. | خدمات لازم برای تولید دیگر خدمات اکوسیستمی را شامل می‌شود. |
| *غذا | *تنظیم آب و هوا | *غیرمادی و معنوی | خدمات اکوسیستمی را شامل می‌شود. |
| *آب شیرین | *تعدیل بیماری | *تفریحی و اکوسیستمی | *خاک‌زایی |
| *سوخت چوبی | *تنظیم آب | *زیبایی‌شناسانه | *چرخه مواد مغذی |
| *چوب و الوار | *تصفیه آب | *الهام‌بخش | *تولید اولیه |
| *مواد بیوشیمیایی | *گرده‌افشانی | *آموزشی | |
| *منابع ژنی | | *احساس تعلق مکانی | |
| | | *میراث فرهنگی | |

از آنجا که خدمات اکوسیستمی در بازارهای تجاری قابل داد و ستد نیستند یا به‌گونه‌ای که قابل مقایسه با خدمات اقتصادی و سرمایه‌تولیدی باشند کمی‌سازی نمی‌شوند، اغلب اهمیت بسیار کمی در سیاست‌گذاری‌ها دارند (کوستانزا و همکاران، ۱۹۹۷؛ ارزیابی اکوسیستم هزاره، ۲۰۰۵؛ گاون و همکاران، ۲۰۰۶) و ارزش‌گذاری اقتصادی آن‌ها موضوع مهمی برای نادیده‌گرفته‌شدن آن‌هاست. اولین ارزش‌گذاری جهانی خدمات اکوسیستم را کوستانزا و همکارانش در سال ۱۹۹۷ ارائه داده‌اند. آن‌ها ارزش ۱۷ خدمت اکوسیستمی را برای ۱۶ بیوم در واحد پولی (دلار برای هر هکتار در سال) برآورد کردند. در سال ۲۰۱۴ آن‌ها تغییرات انجام‌گرفته در هر ۱۶ بیوم را تا سال ۲۰۱۱ بررسی کردند و ارزش خدمات اکوسیستم این تغییرات را در واحد پولی (دلار) بیان نمودند (کوستانزا و همکاران، ۲۰۱۴). این تحقیقات باعث شد تا برخی از محققان تغییرات کاربری/ پوشش‌های اراضی مناطق مختلف دنیا را در قالب ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی آن مناطق بیان کنند. به‌عنوان نمونه، کروتز و همکارانش (۲۰۰۱) خدمات و عملکرد اکوسیستم منطقه سن‌آنتونیو^۵ ایالات متحده آمریکا را در سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۸۵، و ۱۹۹۱ ارزیابی کردند. هدف آن‌ها بررسی قابلیت تصاویر لندست در تهیه کاربری اراضی برای ارزیابی ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم این منطقه بود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تصاویر لندست قابلیت ارزیابی تغییرات ارزش خدمات اکوسیستم در سطح حوضه آبخیز را دارد. بایان و لو (۲۰۱۳) معادن زغال سنگ در چین را عامل مهمی در تغییرات کاربری زمین می‌دانند و با استفاده از تصاویر لندست از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ اثرهای این معادن بر تغییرات ارزش خدمات اکوسیستمی در شهر جیاوانگ^۶ چین را بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها کاهش ۲۱/۲۱۱ میلیون دلاری یا ۲۳/۸ درصد خدمات اکوسیستم این شهر طی این سال‌ها را نشان می‌دهد. فنگ و همکارانش (۲۰۱۴) کلید بهبود سلامت اکوسیستم و پایداری آن را در درک رابطه بین تغییر کاربری زمین و ارزش خدمات اکوسیستم می‌دانند. آن‌ها تغییرات زمانی

1. Provisioning services
2. Regulation services
3. Cultural services
4. Supporting services
5. San Antonio
6. Jiawang town

و مکانی ارزش خدمات اکوسیستم را در ارتباط با تغییرات کاربری زمین در شهر همچون چین بررسی کردند. براساس نتایج تحقیق آن‌ها، ارزش خدمات اکوسیستم با تغییر کاربری زمین از سال ۱۹۸۲ تا سال ۲۰۰۸ با اجرای پروژه‌های برنامه‌ریزی شده و به‌ویژه در زمینه کشاورزی افزایش یافته است. ارزش این خدمات از ۶,۳۱۵ میلیون دلار در سال ۱۹۸۲ به ۷,۳۳۶ میلیون دلار در سال ۲۰۰۲ رسید و افزایشی به میزان ۱۶/۱۷ درصد داشت. پس از آن به ۱۱,۲۷۵ میلیون دلار در سال ۲۰۰۸ رسید و به میزان ۶۷/۶۱ درصد افزایش یافت. ژانگ و همکارانش (۲۰۱۵) برنامه‌ریزی غیراصولی را دلیلی برای کاهش ارزش خدمات اکوسیستم می‌دانند. آن‌ها در تحقیق خود، با بررسی ارزش خدمات اکوسیستم در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۶، ارزش این خدمات در سال ۲۰۲۱ را در شهرستان میون^۱ چین پیش‌بینی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مجموع ارزش خدمات اکوسیستم حدود ۲۹۶۸,۳۴ میلیون یوان در سال ۱۹۹۱، ۳۳۰۴,۷۲ میلیون یوان در سال ۲۰۰۶ (۱۱/۳۳ درصد افزایش نسبت به سال ۱۹۹۱)، و ۳۱۰۶,۴۸ میلیون یوان در سال ۲۰۲۱ (۶ درصد کاهش نسبت به سال ۲۰۰۶) است و در صورت بهبود برنامه‌ریزی‌ها و شرایط به ۳۷۵۹,۷۷ میلیون یوان (۱۳,۷۷ درصد افزایش نسبت به سال ۲۰۰۶) می‌رسد. مامت و همکارانش (۲۰۱۸) تغییرات ارزش خدمات اکوسیستم را در پاسخ به تغییرات کاربری اراضی در منطقه کاشگر^۲ (شمال غربی چین) بررسی کردند. آن‌ها از تصاویر لندست در بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی این منطقه استفاده کردند. نتایج ارزش کل خدمات اکوسیستم این منطقه را حدود ۱,۰۸۴۵,۳، ۱,۱۲۱۸,۶، ۱,۰۲۹۱,۷، و ۱,۰۱۲۷,۳ دلار در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۵، و ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که در طی این ۲۹ سال کاهشی به میزان ۶ درصد داشته است. کائو و همکارانش (۲۰۱۸) تغییرات ارزش خدمات اکوسیستم در مناطق ساحلی استان ژجیانگ^۳ چین را طی شهرک‌سازی سریع از نظر تغییرات کاربری زمین بررسی کردند. آن‌ها در تحقیق خود از نقشه‌های کاربری اراضی به‌دست‌آمده از تصاویر لندست در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۰ استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها رشد قابل توجه ساخت‌وسازهای شهری و کاهش زمین‌های جنگلی و اراضی کشاورزی را نشان می‌دهد که باعث کاهش ارزش خدمات اکوسیستمی این منطقه از ۳۵,۲۷۸ میلیارد به ۲۹,۹۶۴ میلیارد یوان^۴ شده است (کاهش ۱۵,۰۶ درصدی). ژائو و همکاران (۲۰۰۴)، لیو و همکاران (۲۰۱۲)، هان و همکاران (۲۰۱۶)، یو و همکاران (۲۰۱۸)، و رای و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقات مشابه دیگری انجام داده‌اند؛ آن‌ها ارزش خدمات اکوسیستمی را بر مبنای تغییرات کاربری اراضی و با استفاده از تصاویر سنجنش از دور بررسی کرده‌اند. همه این تحقیقات دو ویژگی مشترک داشتند: ویژگی مشترک نخست این تحقیقات استفاده از پتانسیل مکانی و زمانی تصاویر سنجنش از دوری و به‌ویژه داده‌های لندست است. ویژگی مهم و قابل توجه دیگر در این تحقیقات تغییرات سریع و گسترده کاربری/ پوشش اراضی در مناطق مورد مطالعه است که با هدف بیان تغییرات در قالب ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی به‌دنبال ایجاد درکی بهتر در تصمیم‌گیری‌های برنامه‌ریزان، مسئولان، و حتی برخورد مردم با محیط هستند. در کشور ایران تغییرات سریع کاربری/ پوشش اراضی را می‌توان در ظهور مناطق ویژه اقتصادی مشاهده کرد. منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس را می‌توان نمونه‌ای دانست که در مدتی کوتاه و متأثر از فعالیت‌های مرتبط با استخراج، استحصال، پالایش، و صدور انرژی گاز از منطقه‌ای روستایی و کمتر شناخته‌شده به منطقه‌ای ملی و فراملی تبدیل شده است (طالبیان و همکاران، ۲۰۰۸). این منطقه، علاوه بر وجود منابع نفت و گاز، از مواهب طبیعی همچون جنگل‌های مانگرو (حرا)، آب‌سنگ‌های مرجانی، سواحل صخره‌ای، خورها، و تنوع زیستی بالا برخوردار است که آن را در

1. Miyun county
 2. Kashgar region
 3. Zhejiang province
 4. Yuan

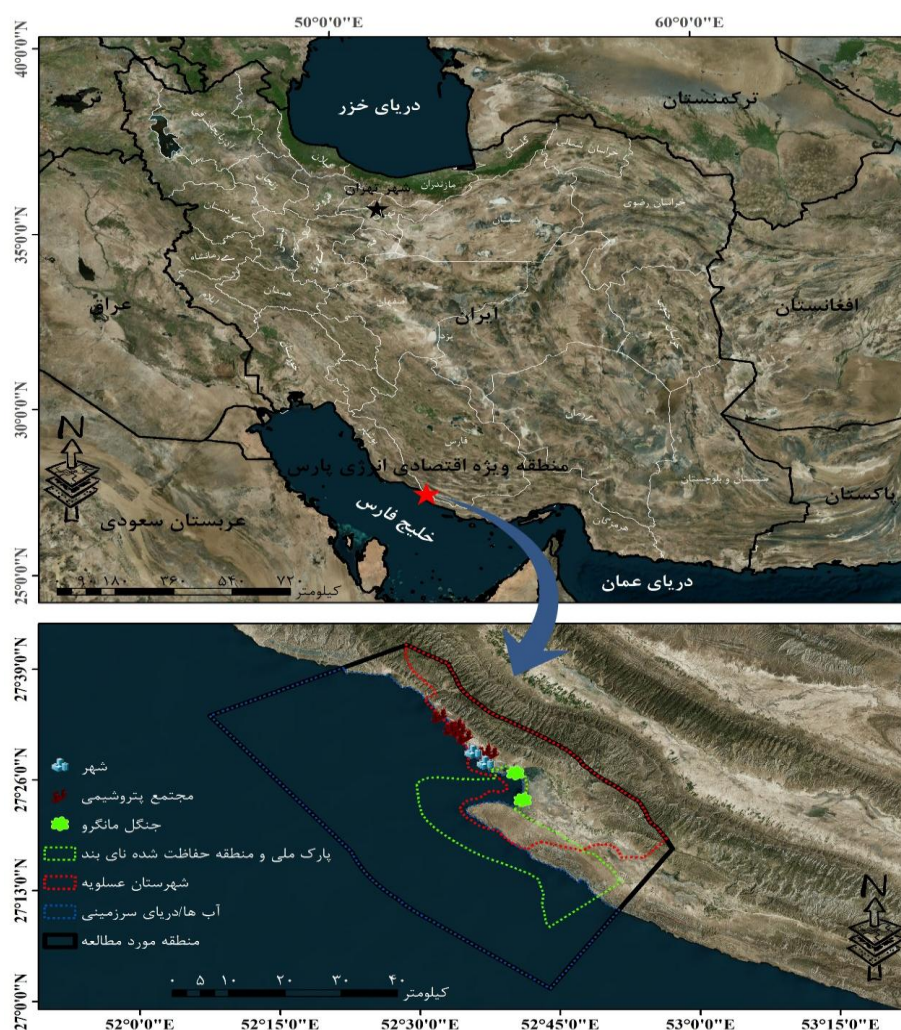
زمره یکی از متنوع‌ترین و زیباترین اکوسیستم‌های ساحلی قرار داده است. با وجود این مواهب طبیعی در کنار تغییرات وسیع و سریع ایجادشده در این منطقه، بررسی روند این تغییرات و میزان اثرهای آن در ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی منطقه با هدف ایجاد درکی بهتر برای تصمیم‌گیری‌های برنامه‌ریزان، مسئولان، و مردم لازم و ضروری است (کوستانزا و همکاران، ۱۹۹۷؛ سیدل و موریس، ۲۰۰۰؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۷، کوستانزا و همکاران، ۲۰۱۴). این هدف با دراختیارداشتن اطلاعاتی مکانمند و زمانمند امکان‌پذیر می‌شود و داده‌های سنجش از دور با قابلیت مکانی و زمانی نقش مهمی در دستیابی به این اطلاعات دقیق دارد (آراجو-باربسا و همکاران، ۲۰۱۵؛ کورد و همکاران، ۲۰۱۷). در این میان، مجموعه داده‌های لندست، که از ویژگی‌هایی همچون پوشش جهانی، دسترسی آسان و رایگان، و قدرت تفکیک مکانی، زمانی، و طیفی مناسب برخوردارند، در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷). در این تحقیق، تغییرات کاربری/پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس پیش از تأسیس این منطقه (۱۳۶۴-۱۳۷۷) و بعد از آن (۱۳۷۷-۱۳۹۷) در یک بازه زمانی ۳۳ ساله بررسی و ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی آن‌ها براساس ارزش‌های جهانی محاسبه می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس بزرگ‌ترین منطقه ویژه اقتصادی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی در جهان است که در سال ۱۳۷۷ به منظور برداشت از منابع نفت و گاز میدان پارس جنوبی^۱ و اجرای فعالیت‌های اقتصادی در شهرستان عسلویه استان بوشهر تأسیس شد (منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، ۲۰۱۸). احداث این منطقه ویژه توسعه پالایشگاه‌های پتروشیمی را به همراه داشته است که خود به جذب جمعیت (از ۲۰۰۰ نفر به ۶۰۰۰۰ نفر) و گسترش سکونتگاه‌های انسانی منجر شده است. از سوی دیگر، تأسیس این منطقه توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل زمینی، دریایی، و هوایی را به دنبال داشته است (سعادتیان و دولا، ۲۰۰۷). آنچه در میان دارایی‌های نفت و گاز منطقه کم‌رنگ شده است وجود مواهب و دارایی‌های طبیعی منطقه به‌ویژه پارک ملی آبی و منطقه حفاظت‌شده نایند است (داوودی و همکاران، ۲۰۱۷) که وجود جنگل‌های مانگرو، آب‌سنگ‌های مرجانی، سواحل صخره‌ای، و خورها آن را در زمره یکی از متنوع‌ترین و زیباترین اکوسیستم‌های ساحلی قرار داده است. علاوه‌براین، وجود انواع آبزیان، پستانداران دریایی مانند دلفین و نهنگ، خزندگان در معرض خطر انقراض مانند لاک‌پشت سبز و نوک‌عقابی و انواع پرندگان آبی از تنوع زیستی بسیار زیاد این منطقه حکایت می‌کند (زاهد و همکاران، ۲۰۱۰؛ عوفی و عوفی، ۲۰۱۸). از لحاظ مکانی، این تحقیق پارک ملی دریایی نایبند، شهرستان عسلویه، و آب‌های سرزمینی این مناطق را دربر می‌گیرد که مساحت آن برابر با ۳۰۰۰۰۰ هکتار (۱۰۰۰۰۰ هکتار خشکی و ۲۰۰۰۰۰ هکتار محیط آبی خلیج فارس) است (شکل ۱).

۱. میدان گازی پارس جنوبی (در قطر: گنبد شمالی) بزرگ‌ترین میدان گازی جهان است که در خلیج فارس و در آب‌های سرزمینی ایران و قطر واقع شده است. این میدان گازی بین ایران و قطر مشترک است و در کشور قطر میدان گازی گنبد شمالی نام دارد. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که ۳۷۰۰ کیلومتر مربع آن در آب‌های سرزمینی ایران و ۶۰۰۰ کیلومتر مربع آن در آب‌های سرزمینی قطر قرار دارد. حجم گاز برداشت‌شده در میدان به همراه میعانات گازی معادل ۲۳۰ میلیارد بشکه نفت خام است.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه (منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - پارس جنوبی)

روش تحقیق

برای بررسی روند تغییرات انجام گرفته در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس از سه تصویر لندست در یک بازه زمانی ۳۳ ساله استفاده می شود (جدول ۲). تصویر سال ۱۳۶۴ به عنوان بازه زمانی اول در نظر گرفته شد تا با مقایسه تغییرات این تصویر نسبت به تصویر سال ۱۳۷۷ روند تغییرات پیش از تأسیس منطقه ویژه اقتصادی پارس بررسی شود. با مقایسه تصویر سال ۱۳۷۷ نسبت به سال ۱۳۹۷ روند تغییرات برای سال های بعد از تأسیس منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس بررسی می شود. در انتخاب این تصاویر برای منطقه مورد مطالعه توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و اثرهایی که این شرایط بر کاربری زراعی منطقه می گذارد و همچنین ویژگی جزر و مد خلیج فارس و اثرهای آن بر جنگل های مانگرو در نظر گرفته شد. شرایط آب و هوایی منطقه فصل زمستان را برای کشاورزی در این منطقه ایده آل کرده است؛ به طوری که زمین های زراعی در ماه های بهمن، اسفند، و فروردین قابلیت تفکیک بهتری نسبت به سایر ماه های سال بر تصاویر سنجنش از دوری خواهد داشت. تصاویر لندست مورد استفاده در تحقیق از نوع تصاویر تصحیح اتمسفری شده به وسیله سازمان زمین شناسایی ایالات متحده (۲۰۱۸) و در قالب بازتاب طیفی است (فاورتو، ۲۰۱۸). دقت هندسی تصاویر با وجود دقت قابل توجه آن ها کنترل شد تا در ادامه در این تحقیق از آن ها استفاده شود.

جدول ۲. داده‌های سنجش از دوری مورد استفاده در تحقیق

| تصویر | ماهواره / سنجنده | مسیر / ردیف | تاریخ میلادی | تاریخ شمسی | سیستم مختصات |
|-------|------------------|-------------|--------------|------------|----------------|
| ۱ | Landsat 5/TM | ۱۶۲/۰۴۲ | ۱۹۸۶/۰۲/۲۸ | ۱۳۶۴/۱۲/۰۹ | WGS84/UTM/39 N |
| ۲ | Landsat 5/TM | ۱۶۲/۰۴۲ | ۱۹۹۸/۰۴/۱۸ | ۱۳۷۷/۰۱/۲۹ | WGS84/UTM/39 N |
| ۳ | Landsat 8/OLI | ۱۶۲/۰۴۲ | ۲۰۱۸/۰۳/۲۴ | ۱۳۹۷/۰۱/۰۴ | WGS84/UTM/39 N |

برای طبقه‌بندی این تصاویر از الگوریتم جنگل‌های تصادفی یا جنگل‌های تصمیم‌گیری تصادفی^۱ استفاده می‌شود. از این الگوریتم به‌طور گسترده در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دوری مختلف استفاده می‌شود و نتایج قدرت این الگوریتم را در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد. توانایی عملیاتی غیرپارامتریک، دقت زیاد طبقه‌بندی، و توانایی استخراج بهترین متغیر ورودی با بالاترین مشارکت سه برتری عمده این الگوریتم است. در مقایسه با شیوه‌های طبقه‌بندی پارامتریک همانند بیشترین احتمال، که برای داده‌ها با توزیع نرمال استفاده می‌شود، الگوریتم جنگل تصادفی امکان ترکیب داده‌های چندسنجنده سنجش از دوری با داده‌های کمکی را فراهم می‌کند، چون داده‌های چندبعدی با توزیع غیرپارامتریک با استفاده از این تکنیک می‌توانند پردازش شوند. علاوه‌براین، الگوریتم جنگل تصادفی حساسیت اندکی به اندازه نمونه‌های آموزشی دارد و حتی با اندازه آموزشی کوچک بدون کاهش ویژگی^۲ به‌خوبی اجرا می‌شود. سرعت بالای این الگوریتم در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های طبقه‌بندی از دیگر دلایل انتخاب این الگوریتم است (پال، ۲۰۰۵؛ اینگلادا و همکاران ۲۰۱۶؛ بلژیو و دراگوت، ۲۰۱۶). کلاس‌های پوشش / کاربری زمین به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر با این الگوریتم براساس هدف تحقیق و منطقه مورد مطالعه شامل کلاس‌های ساخته‌های انسانی، اراضی بایر، تالاب، دریا، اراضی کشاورزی، نخلستان، مانگرو، و سایر پوشش‌های گیاهی انتخاب شد. پس از کنترل بصری نقشه‌های طبقه‌بندی شده، ماتریس خطا^۳ برای محاسبه دقت کلی^۴ و ضریب کاپا^۵ در ارزیابی نتایج طبقه‌بندی تشکیل می‌شود (کونگلاتون، ۱۹۹۱).

پس از طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی آن‌ها، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی برای محاسبه میزان تغییرات ایجاد شده در هر بازه زمانی به‌کار گرفته می‌شود. این شیوه رایج‌ترین روش برای آشکارسازی تغییرات است. در این روش، اطلاعات مربوط به مقدار تغییرات «از-به» یعنی از نوع مشخصی از پوشش اراضی به نوع دیگری از آن و همچنین نوع تغییرات چشم‌انداز به‌آسانی می‌تواند محاسبه شود و به‌صورت نقشه هم نمایش داده شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۸۴).

برای بیان این تغییرات در قالب ارزش اقتصادی، مساحت به‌دست‌آمده از هر کلاس (نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر) با ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی هر کدام از آن‌ها (جدول ۳) براساس معادله‌های ۱، ۲، و ۳ تلفیق شد (لیو و همکاران، ۲۰۱۲):

$$ESV_k = A_k \times VC_k \quad (1)$$

$$ESV_t = \sum_k A_k \times VC_k \quad (2)$$

1. Random Forests or Random Decision Forests
2. Feature
3. Error matrix
4. Overall accuracy
5. Kappa coefficient
6. From-to

$$ESV_f = \sum_k A_k \times VC_{kf} \quad (3)$$

که در آن ESV_k ، ESV_f و ESV_t به ترتیب به ارزش خدمات اکوسیستم کاربری / پوشش اراضی نوع k ، ارزش عملکرد خدمت f ، و ارزش خدمات اکوسیستمی تمامی کاربری / پوشش های اراضی اشاره دارد. A_k مساحت کاربری / پوشش اراضی نوع k است که در این تحقیق از طریق طبقه بندی تصاویر لندست به دست می آید. VC_k ضریب ارزش برای کاربری / پوشش اراضی نوع k است که در جدول ۳ آمده است. VC_{kf} نیز ضریب ارزش برای کاربری / پوشش اراضی نوع k با عملکرد خدمات اکوسیستم نوع f است که در جدول ۳ آمده است. VC_k و VC_{kf} در این تحقیق براساس ارزش جهانی آنها تعیین شده است (کوستانزا و همکاران، ۲۰۱۴) که برای کاربری / پوشش های منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. از این ۱۷ خدمت اکوسیستمی، تشکیل خاک، چرخه مواد مغذی، و زیستگاه / پناهگاه در دسته خدمات حمایتی، تأمین آب، تولید غذا، و مواد خام و منابع ژنتیکی در دسته خدمات تولیدی، تنظیم گاز، تنظیم آب و هوا، تنظیم اختلالات، تنظیم آب، کنترل فرسایش، تصفیه ضایعات و گرده افشانی و کنترل بیولوژیکی در دسته خدمات تنظیمی و تفریحی و فرهنگی قرار می گیرد.

جدول ۳. ارزش خدمات اکوسیستمی کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (کوستانزا و همکاران، ۲۰۱۴)

| کاربری / پوشش اراضی خدمات اکوسیستم | ساخته های انسانی* | اراضی بایر | تالاب | دریا | مزارع (اراضی کشاورزی و نخلستان) | مانگرو | سایر پوشش گیاهی |
|------------------------------------|-------------------|------------|-------|--------|---------------------------------|--------|-----------------|
| تنظیم گاز | - | - | - | - | - | - | ۹ |
| تنظیم آب و هوا | - | - | ۴۸۸ | ۶۶ | ۴۱۰۷ | ۶۵ | ۴۰ |
| تنظیم اختلالات | - | - | ۳۹۸۶ | ۱۳ | - | ۵۳۵۱ | - |
| تنظیم آب | - | - | ۵۶۰۶ | - | - | - | ۳ |
| تأمین آب | - | - | ۴۰۸ | - | ۳۹۹۹۵ | ۱۲۱۷ | ۶۰ |
| کنترل فرسایش | - | - | ۲۶۰۷ | ۴۰۷ | ۱۰۶۷۶ | ۳۹۲۹ | ۲۴ |
| تشکیل خاک | - | - | - | - | ۵۳۱۸ | - | ۲ |
| چرخه مواد مغذی | - | - | ۱۷۱۳ | ۳۹۴ | - | ۴۵ | - |
| تصفیه ضایعات | - | - | ۳۰۱۵ | ۰۰۷ | ۳۹۶۸۲ | ۱۶۲۱۲۵ | ۷۵ |
| گرده افشانی | - | - | - | - | ۲۱۸ | - | ۳۵ |
| کنترل بیولوژیکی | - | - | ۹۴۸ | ۱۰ | ۳۲۷ | - | ۳۱ |
| زیستگاه / پناهگاه | - | - | ۳۴۵۵ | ۱۵ | - | ۱۷۱۳۸ | ۱۲۱۴ |
| تولید غذا | - | - | ۶۱۴ | ۱۲۰ | ۳۳۳۳ | ۱۱۱۱ | ۱۱۹۲ |
| مواد خام | - | - | ۵۳۹ | ۲۵ | ۲۱۹۱۹ | ۲۵۸ | ۵۴ |
| منابع ژنتیکی | - | - | ۹۹ | ۳۲ | ۱۰۴۱۷۷ | ۳۱۱ | ۱۲۱۴ |
| تفریحی | - | - | ۳۲۱۱ | ۳۶۹ | ۸۲۱۵ | ۲۱۹۳ | ۲۶ |
| فرهنگی | - | - | ۱۹۹۲ | ۱۷ | - | - | ۱۶۷ |
| ارزش کل | - | - | ۲۵۶۸۱ | ۱۳۶۸۰۷ | ۵۵۶۶۶۴ | ۱۹۳۸۴۳ | ۴۱۶۶ |

واحد: دلار برای هر هکتار در سال

* ارزش خدمات اکوسیستمی برای محیط شهری ۶۶۶۱ دلار برای هر هکتار در سال در نظر گرفته شده است که شامل سه خدمت اکوسیستمی تنظیم آب و هوا، تنظیم آب و خدمات تفریحی با ارزش های ۹۰۵، ۱۶، و ۵۷۴۰ دلار برای هر هکتار است. از آنجا که بیشتر محیط انسان ساخت این منطقه را زیرساخت های منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و زیرساخت های حمل و نقل آن تشکیل می دهند ارزشی برای آن در این تحقیق در نظر گرفته نشده است.

از آنجا که کاربری / پوشش های اراضی منطقه با بیوم هایی که کوستانزا و همکارانش ارزش اقتصادی آنها را تعیین کرده اند (جدول ۳) کاملاً یکسان نیست و عدم قطعیت در این ارزش ها وجود دارد، اجرای آنالیز حساسیتی برای تعیین

درصد تغییرات در ارزش خدمات اکوسیستم براساس میزان معینی از تغییرات نیاز است. درواقع، این ضریب به منظور نشان دادن اهمیت کاربری/ پوشش‌های اراضی موجود در منطقه بر مبنای مشارکت آن‌ها در ارزش کل خدمات اکوسیستم استفاده می‌شود (کائو و همکاران، ۲۰۱۸). در این تحقیق ضریب حساسیت (CS)^۱ با استفاده از مفهوم اقتصادی استاندارد کسانانی محاسبه شد (کروتر و همکاران، ۲۰۰۱):

$$CS = \frac{\left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right|}{\quad} \quad (4)$$

که در آن i و j به ترتیب مقادیر اولیه و تعدیل‌شده^۲ را نشان می‌دهد. اگر $CS > 1$ ، پس ارزش خدمات اکوسیستم تخمین زده شده با توجه به ضریب آن الاستیسیته است و در تخمین ارزش خدمات اکوسیستم کل به ضریب ارزش حساس است. اما اگر $CS < 1$ ، پس ارزش تخمین زده شده اکوسیستم غیر الاستیسیته است و نتایج محاسبات ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم قابل اعتماد خواهد (فانگ و همکاران، ۲۰۱۴). برای ضریب حساسیت با مقادیر بالا مهم‌ترین نکته داشتن یک ضریب ارزش خدمات اکوسیستم دقیق است (بیان و لو، ۲۰۱۳). در این تحقیق از تعدیل ۵۰ درصدی در ضرایب استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

نقشه‌های طبقه‌بندی شده با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی دقت کلی و ضریب کاپای بالای ۹۰ درصد برای هر سه تصویر ایجاد کرد (جدول ۴). نتایج به دست آمده حکایت از آن دارد که ساخته‌های انسانی در بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ فقط ۱۵۷/۴۱ هکتار افزایش داشته و از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۹۷ افزایش قابل توجهی به میزان ۲۷۵۶/۶۱ هکتار یافته است (جدول ۴ و شکل‌های ۲ و ۳). این افزایش ۱۰۰ درصدی ساخته‌های انسانی در بازه زمانی دوم، که بخش عمده آن شامل پالایشگاه‌ها و صنایع مربوط به آن است، از مرکز به غرب منطقه مورد مطالعه را دربر می‌گیرد. توسعه سکونتگاه‌های انسانی برای جمعیت شاغل در منطقه دلیل دیگری برای این افزایش است. بخشی از این ساخت‌وسازها در تالاب نایبند انجام گرفته که شامل احداث فرودگاه جدید و ساخت جاده‌های متعدد در این تالاب است. این جاده‌ها در فضایی به مساحت ۴۰۰۰ هکتار از این تالاب ساخته شده‌اند که برای دسترسی به فضای بیشتر و جذب سرمایه‌گذار خشک و تبدیل به اراضی بایر شده است. پیشروی آب دریا به میزان ۲۶۹/۳۷ هکتار در بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ باعث افزایش کلاس آب شد که بعد از آن به دلیل احداث بندر و پیشروی در آب دریا برای توسعه حمل و نقل دریایی به میزان ۹۷۲ هکتار کاهش یافت. اراضی کشاورزی و نخلستان‌ها، که در ارزش‌گذاری اقتصادی در قالب کلاس مزارع با یکدیگر ادغام شدند، نخست به میزان ۳۰۸/۷۹ و ۸۵۲/۴۸ هکتار افزایش و سپس در بازه مطالعاتی دوم به میزان ۳۹۷/۵۳ و ۵۷۹/۳۳ هکتار کاهش یافتند. این افزایش اراضی کشاورزی متناسب با افزایش جمعیت و شیوه معیشتی مردم در بازه مطالعاتی اول موضوعی طبیعی به نظر می‌رسید که در بازه مطالعاتی دوم و با تأسیس منطقه ویژه اقتصادی انرژی از آن کاسته شد. این نشان‌دهنده آن است که منطقه ویژه اقتصادی انرژی بر معیشت سنتی مردم اثرگذار بوده است. نخلستان‌ها نیز وضعیتی مشابه اراضی کشاورزی داشتند؛ با این تفاوت که، با توجه به ماهیت آن‌ها، که برخلاف اراضی کشاورزی به کاشت محصول در هر سال نیاز نبود، میزان کاهش آن‌ها در بازه زمانی دوم بیشتر از افزایش آن‌ها در بازه زمانی اول نبود. جنگل‌های مانگرو منطقه، که یکی از

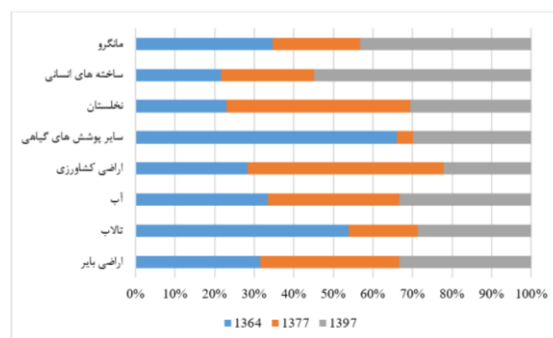
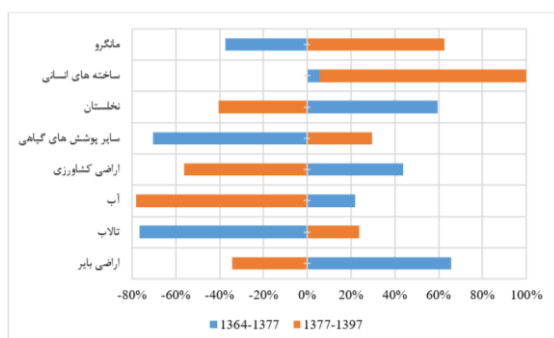
1. CS: Coefficient of Sensitivity

2. Adjusted value

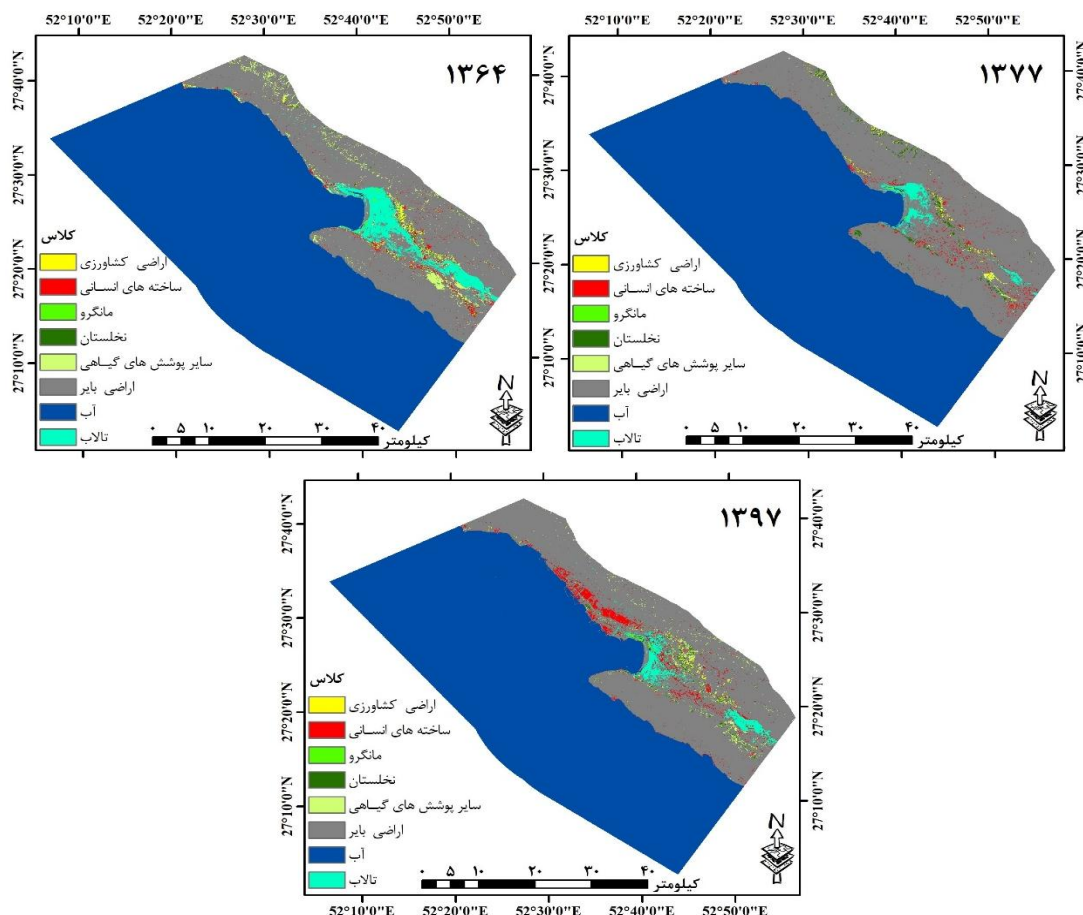
بازرزش‌ترین دارایی‌های طبیعی منطقه است، در بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ کاهش به میزان ۶۷/۶۸ هکتار داشت که، براساس گزارش‌ها (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۳)، استفاده افراد بومی از سرشاخه‌ها برای غذای دام و برداشت چوپ از دلایل کاهش آن‌ها در گذشته بوده است. مساحت مانگروها از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ روند صعودی به خود گرفته است؛ به طوری که به میزان ۱۱۳/۴۰ هکتار افزایش در مساحت آن‌ها مشاهده می‌شود که بخشی از این افزایش به دلیل احیای دوباره جنگل‌های مانگرو در خورهای منطقه مورد مطالعه است (گفت‌وگو و توسعه پایدار در ایران، ۱۳۹۲؛ سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۷). سایر پوشش‌های گیاهی منطقه هم که بخش عمده‌ای از آن‌ها در حاشیه تالاب نایبند مشاهده می‌شود در طی ۳۳ سال کاهش چشم‌گیری به میزان ۲۶۷۶/۲۴ هکتار یافته‌اند. اراضی بایر در بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ به میزان ۸۹۴۷/۳۵ هکتار افزایش و سپس به میزان ۴۶۵۱/۹۲ هکتار کاهش یافته است. دلیل این افزایش ویژگی تالاب نایبند است که همواره دارای آب نیست و تحت تأثیر شرایط اقلیمی فصول مختلف است. این موضوع باعث می‌شود که در شرایط بدون آب در کلاس اراضی بایر قرار بگیرد.

جدول ۴. مساحت کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و تغییرات آن در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

| واحد | تغییرات | | | ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷ | ۱۳۶۴ | کاربری / پوشش اراضی |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|----------|----------|---------------------|
| | تغییرات ۱۳۶۴-۱۳۹۷ | تغییرات ۱۳۷۷-۱۳۹۷ | تغییرات ۱۳۶۴-۱۳۷۷ | | | | |
| هکتار | ۲۹۱۴,۰۲ | ۲۷۵۶,۶۱ | ۱۵۷,۴۱ | ۴۸۱۴,۵۵ | ۲۰۵۷,۹۴ | ۱۹۰۰,۵۳ | ساخته‌های انسانی |
| هکتار | ۴۲۹۵,۴۳ | -۴۶۵۱,۹۲ | ۸۹۴۷,۳۵ | ۸۰۲۷۰,۱۹ | ۸۴۹۲۲,۰۲ | ۷۵۹۷۴,۵۸ | اراضی بایر |
| هکتار | -۴۰۶۰,۷۱ | ۱۸۰۵,۲۲ | -۵۸۶۵,۹۳ | ۴۶۱۷,۶۳ | ۲۸۱۲,۴۱ | ۸۶۷۸,۳۴ | تالاب |
| هکتار | -۷۰۲,۶۳ | -۹۷۲ | ۲۶۹,۳۷ | ۲۰۶۷۵۹,۳ | ۲۰۷۷۳۱,۳ | ۲۰۷۴۶۱,۷ | آب (دریا) |
| هکتار | -۸۸,۷۴ | -۳۹۷,۵۳ | ۳۰۸,۷۹ | ۳۱۹,۹۵ | ۷۱۷,۴۸ | ۴۰۸,۶۹ | اراضی کشاورزی |
| هکتار | ۲۷۳,۱۵ | -۵۷۹,۳۳ | ۸۵۲,۴۸ | ۱۱۱۴,۰۲ | ۱۶۹۳,۳۵ | ۸۴۰,۸۷ | نخلستان |
| هکتار | ۴۵,۷۲ | ۱۱۳,۴۰ | -۶۷,۶۸ | ۲۳۱,۳۹ | ۱۱۷,۹۹ | ۱۸۵,۶۷ | مانگرو |
| هکتار | -۲۶۷۶,۲۴ | ۱۹۲۵,۵۵ | -۴۶۰,۱۷۹ | ۲۲۲۰,۵۷ | ۲۹۵,۰۲ | ۴۸۹۶,۸۱ | سایر پوشش گیاهی |
| درصد | - | - | - | ۹۵,۶۱ | ۹۶,۰۶ | ۹۳,۹۷ | دقت کلی طبقه‌بندی |
| درصد | - | - | - | ۹۳,۹۴ | ۹۴ | ۹۱,۹۲ | ضریب کاپا طبقه‌بندی |



شکل ۲. نسبت مساحت کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷ به درصد (شکل سمت راست) و نسبت تغییرات کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در دو بازه زمانی ۱۳۶۴-۱۳۷۷ و ۱۳۷۷-۱۳۹۷ (شکل سمت چپ)

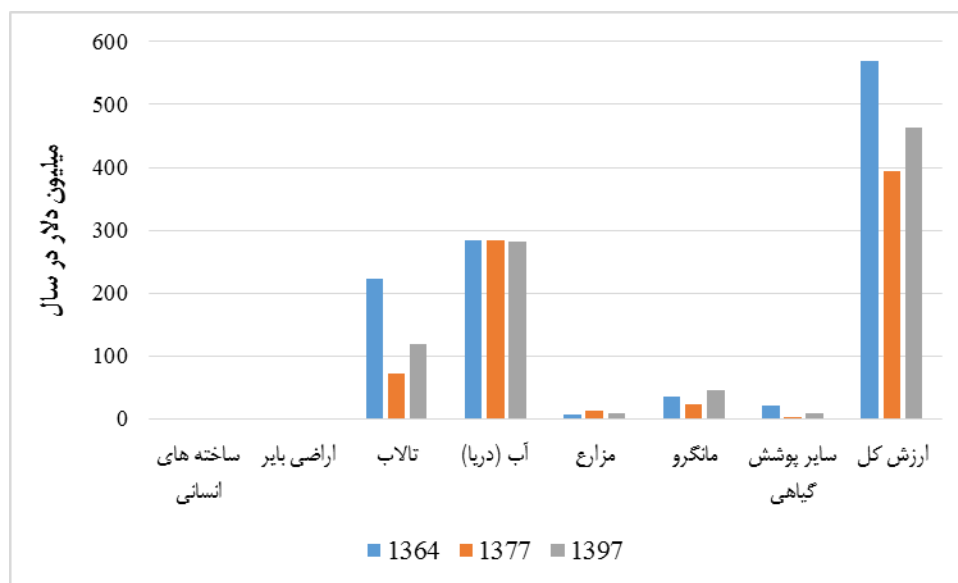


شکل ۳. نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری/ پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

با محاسبه ارزش خدمات اکوسیستمی هر یک از کاربری/ پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، ارزش کلی این خدمات برای سال‌های مورد مطالعه برابر با ۵۷۰/۰۲، ۳۹۳/۹۲، و ۴۶۳/۵۲ میلیون دلار به دست آمد که بخش اعظم این ارزش متعلق به خدمات اکوسیستم آب دریا و تالاب است (جدول ۵ و شکل ۴). مهم‌ترین تغییرات ارزش خدمات اکوسیستمی ایجاد شده در طی این سال‌ها در تالاب نایبند روی داده است که ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی این میزان از تالاب نابود شده (۴۰۰۰ هکتار) براساس ارزش جهانی به ۱۰۰ میلیون دلار می‌رسد. علاوه بر این، از بین رفتن این میزان از تالاب حیات آبی جنگل‌های مانگرو منطقه را به ارزش ۴۴ میلیون دلار در سال تهدید می‌کند که فضای باقی مانده از تالاب نایبند در شرق خور بساتین با مساحتی برابر با ۳۰۰۰ متر و ارزش تقریبی ۷۷ میلیون دلار در سال ضمانتی برای حیات آبی مانگروهای این منطقه است. خوشبختانه، مانگروهای منطقه، پس از کاهش ۱۳/۱۲ میلیون دلاری در بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۷۷، ارزش آن‌ها به ۴۴/۸۵ میلیون دلار در سال ۱۳۹۷ رسید. مزارع (اراضی کشاورزی)، که طی سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۷۷ رشد چشم‌گیری داشتند، از سال ۱۳۷۷ به بعد کاهشی به ارزش ۵/۴۴ میلیون دلاری داشته‌اند. ارزش اقتصادی سایر پوشش‌های گیاهی، که از ۲۰/۴۰ میلیون دلار در سال ۱۳۶۴ به ۱/۲۳ دلار در سال ۱۳۷۷ رسیده بود، در سال ۱۳۹۷ به ۹/۲۵ میلیون دلار رسید که نسبت به سال ۱۳۶۴ کاهشی ۱۱/۱۵ میلیون دلاری داشته است.

جدول ۵. ارزش خدمات اکوسیستمی کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و تغییرات آن در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

| تغییرات | تغییرات | تغییرات | ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷ | ۱۳۶۴ | ارزش واحد* | کاربری / پوشش اراضی |
|---------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------|
| ۱۳۶۴- ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷- ۱۳۹۷ | ۱۳۶۴- ۱۳۷۷ | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | درصد | دلار برای هر هکتار در سال |
| . | . | . | . | . | . | . | ساخته‌های انسانی |
| . | . | . | . | . | . | . | اراضی بایر |
| -۱۰۴,۲۸ | ۴۶,۳۶ | -۱۵۰,۶۴ | ۱۱۸,۵۹ | ۷۲,۲۳ | ۲۲۲,۸۷ | ۱۱,۱۴ | تالاب |
| -۰,۹۶ | -۱,۳۳ | ۰,۳۷ | ۲۸۲,۸۶ | ۲۸۴,۱۹ | ۲۸۳,۸۲ | ۰,۵۹ | آب (دریا) |
| ۱,۰۳ | -۵,۴۴ | ۶,۴۶ | ۷,۹۸ | ۱۳,۴۲ | ۶,۹۶ | ۲,۴۱ | مزارع (اراضی کشاورزی و نخلستان) |
| ۸,۸۶ | ۲۱,۹۸ | -۱۳,۱۲ | ۴۴,۸۵ | ۲۲,۸۷ | ۳۵,۹۹ | ۸۴,۰۵ | مانگرو |
| -۱۱,۱۵ | ۸,۰۲ | -۱۹,۱۷ | ۹,۲۵ | ۱,۲۳ | ۲۰,۴۰ | ۱,۸۱ | سایر پوشش گیاهی |
| -۱۰۶,۵۰ | ۶۹,۶۰ | -۱۷۶,۱۰ | ۴۶۳,۵۳ | ۳۹۳,۹۴ | ۵۷۰,۰۴ | ۱۰۰ | ارزش کل |



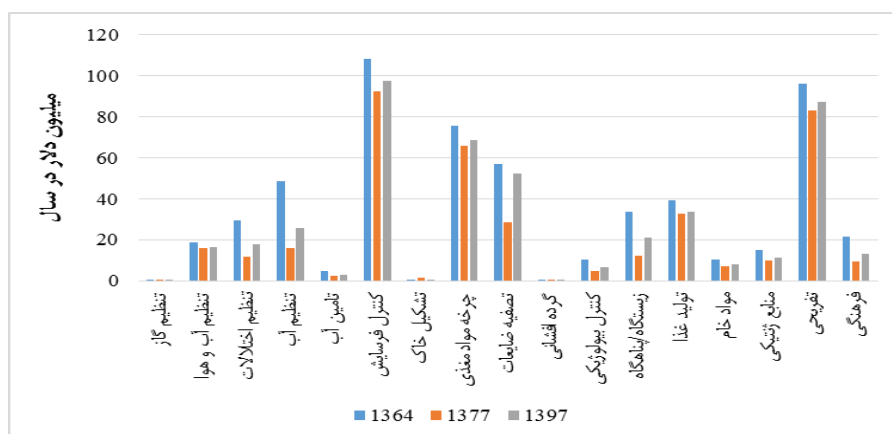
شکل ۴. ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی کاربری / پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

ارزش عملکرد خدمات اکوسیستم و تغییرات آن در سال‌های مورد مطالعه در جدول ۶ و شکل ۵ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده آن است که کنترل فرسایش، تفریحی، چرخه مواد مغذی، تصفیه ضایعات، و تولید غذا ارزش بیشتری در منطقه مورد مطالعه طی این سال‌ها داشته‌اند و در مقابل، گرده‌افشانی، تنظیم گاز، تشکیل خاک، تأمین آب، و کنترل بیولوژیکی ارزش کمتری داشته‌اند. با محاسبه تغییرات، مشخص شد که، طی این سال‌ها، تنظیم آب، زیستگاه یا پناهگاه،

تنظیم اختلالات، کنترل فرسایش، و تفریحی بیشترین تغییرات را در منطقه مورد مطالعه به میزان ۲۲/۷۷۲، ۱۲/۴۴۵، ۱۱/۸۹۰، ۱۰/۷۹۱، و ۹/۱۹۲ میلیون دلار داشته‌اند. نتایج عملکرد خدمات اکوسیستم از پتانسیل بالای خدمات تفریحی منطقه حکایت می‌کند که باید مورد توجه بیشتر قرار بگیرد و برای حفظ آن تلاش کرد.

جدول ۶. ارزش عملکرد خدمات اکوسیستمی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و تغییرات آن در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

| تغییرات ۱۳۶۴-۱۳۹۷ | تغییرات ۱۳۷۷-۱۳۹۷ | تغییرات ۱۳۶۴-۱۳۷۷ | ۱۳۹۷ | ۱۳۷۷ | ۱۳۶۴ | کلاس |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | میلیون دلار در سال | |
| -۰/۰۲۴ | ۰/۰۱۷ | -۰/۰۴۱ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۴۴ | تنظیم گاز |
| -۲/۰۵۶ | ۰/۵۰۰ | -۲/۵۵۶ | ۱۶/۵۹۲ | ۱۶/۰۹۲ | ۱۸/۶۴۹ | تنظیم آب و هوا |
| -۱۱/۸۹۰ | ۵/۹۸۵ | -۱۷/۸۴۷ | ۱۷/۷۱۴ | ۱۱/۷۳۰ | ۲۹/۶۰۴ | تنظیم اختلالات |
| -۲۲/۷۷۲ | ۱۰/۱۲۶ | -۳۲/۸۹۸ | ۲۵/۸۹۳ | ۱۵/۷۶۷ | ۴۸/۶۶۵ | تنظیم آب |
| -۱/۶۸۸ | ۰/۵۹۹ | -۲/۲۸۷ | ۲/۸۷۲ | ۲/۲۷۳ | ۴/۵۶۰ | تأمین آب |
| -۱۰/۷۹۱ | ۴/۷۳۷ | -۱۵/۵۲۷ | ۹۷/۳۴۹ | ۹۲/۶۱۳ | ۱۰۸/۱۴۰ | کنترل فرسایش |
| ۰/۰۹۳ | -۰/۵۱۶ | ۰/۶۰۸ | ۰/۷۶۷ | ۱/۲۸۳ | ۰/۶۷۴ | تشکیل خاک |
| -۷/۱۶۰ | ۲/۸۱۲ | -۹/۹۷۲ | ۶۸/۷۰۸ | ۶۵/۸۹۶ | ۷۵/۸۶۸ | چرخه مواد مغذی |
| -۴/۹۵۸ | ۲۳/۵۸۴ | -۲۸/۵۴۳ | ۵۲/۱۸۶ | ۲۸/۶۰۲ | ۵۷/۱۴۵ | تصفیه ضایعات |
| -۰/۰۹۰ | ۰/۰۴۶ | -۰/۱۳۶ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۶۳ | ۰/۱۹۹ | گرده‌افشانی |
| -۳/۹۳۴ | ۱/۷۲۹ | -۵/۶۶۳ | ۶/۵۶۱ | ۴/۸۳۱ | ۱۰/۴۹۴ | کنترل بیولوژیکی |
| -۱۲/۴۴۵ | ۸/۶۹۸ | -۲۱/۱۴۳ | ۲۱/۰۹۹ | ۱۲/۴۰۱ | ۳۳/۵۴۴ | زیستگاه پناهگاه |
| -۵/۲۸۸ | ۱/۱۴۴ | -۶/۴۳۲ | ۳۳/۸۸۱ | ۳۲/۷۳۸ | ۳۹/۱۷۰ | تولید غذا |
| -۲/۲۹۴ | ۰/۸۷۹ | -۳/۱۷۳ | ۸/۱۷۵ | ۷/۲۹۶ | ۱۰/۴۶۹ | مواد خام |
| -۳/۴۶۷ | ۱/۵۰۳ | -۴/۹۷۰ | ۱۱/۳۳۵ | ۹/۸۳۲ | ۱۴/۸۰۲ | منابع ژنتیکی |
| -۹/۱۹۲ | ۳/۸۵۱ | -۱۳/۰۴۳ | ۸۷/۱۸۷ | ۸۳/۳۳۶ | ۹۶/۳۷۸ | تفریحی |
| -۸/۵۴۸ | ۳/۹۰۱ | -۱۲/۴۴۹ | ۱۳/۰۸۴ | ۹/۱۸۳ | ۲۱/۶۳۲ | فرهنگی |
| -۱۰/۶۵۰ | ۶۹/۶۰ | -۱۷۶/۱۰ | ۴۶۳/۵۳ | ۳۹۳/۹۴ | ۵۷۰/۰۴ | ارزش کل |



شکل ۵. ارزش عملکرد خدمات اکوسیستمی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و تغییرات آن در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۷، و ۱۳۹۷

ضریب حساسیت محاسبه شده برای خدمات اکوسیستم منطقه در جدول ۷ آمده است. ضریب حساسیت آب دریا بیشترین ارزش را نشان می‌دهد که مساحت زیاد آن در منطقه مورد مطالعه دلیل اصلی آن است. این در حالی است که آب دریا پایین‌ترین ارزش را نسبت به کلاس‌های مانگرو، تالاب، مزارع، و سایر پوشش گیاهی دارد. تالاب بعد از آب دریا با وجود تغییرات زیاد طی این سال‌ها بیشترین ارزش را دارد. مانگروها با وجود بیشترین ارزش خدمات اکوسیستمی در میان کاربری‌های موجود در منطقه سهم بسیار کمتری نسبت به آب دریا و تالاب نایبند دارند که دلیل آن وسعت کم آن‌هاست. سایر پوشش‌های گیاهی منطقه هم، به دلیل وسعت کم و ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی پایین، ضریب حساسیت پایینی را نشان می‌دهد. مزارع، همچون سایر پوشش‌های گیاهی منطقه، با تغییراتی که طی این سال‌ها باعث کاهش آن‌ها شده است، دارای سهم کمی از ارزش اقتصادی کل خدمات اکوسیستم منطقه هستند. براساس تجزیه و تحلیل مقادیر ضریب حساسیت، اگرچه این مقادیر برای انواع مختلف کاربری/ پوشش زمین متفاوت است، محدوده تغییر آن برای تالاب به ۰/۲- هم می‌رسد که به نظر از ناپایداری این پوشش زمین حکایت می‌کند.

جدول ۷. درصد تغییرات در ارزش خدمات اکوسیستمی تخمین زده شده کاربری/ پوشش اراضی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و نتایج ضریب حساسیت با ۵۰ درصد تعدیل در ارزش خدمات اکوسیستم

| ۱۳۹۷ | | ۱۳۷۷ | | ۱۳۶۴ | | ±۵۰ درصد ضریب ارزش هر کدام از کاربری/ پوشش اراضی‌ها |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|---|
| ضریب حساسیت | % | ضریب حساسیت | % | ضریب حساسیت | % | |
| . | . | . | . | . | . | ساخته‌های انسانی |
| . | . | . | . | . | . | اراضی بایر |
| ±۰/۲۵۵۸ | ±۱۲/۷۹ | ±۰/۱۸۳۳ | ±۹/۱۷ | ±۰/۳۹۱۰ | ±۱۹/۵۵ | تالاب |
| ±۰/۶۱۰۲ | ±۳۰/۵۱ | ±۰/۷۲۱۴ | ±۳۶/۰۷ | ±۰/۴۹۷۹ | ±۲۴/۹۰ | آب (دریا) |
| ±۰/۰۱۷۲ | ±۰/۸۶ | ±۰/۰۳۴۱ | ±۱/۷۰ | ±۰/۰۱۲۲ | ±۰/۶۱ | مزارع (اراضی کشاورزی و نخلستان) |
| ±۰/۰۹۶۸ | ±۴/۸۴ | ±۰/۰۵۸۱ | ±۲/۹۰ | ±۰/۰۶۳۱ | ±۳/۱۶ | مانگرو |
| ±۰/۰۲۰۰ | ±۱/۰۰ | ±۰/۰۰۳۱ | ±۰/۱۶ | ±۰/۰۳۵۸ | ±۱/۷۹ | سایر پوشش گیاهی |

نتیجه‌گیری

روند تغییرات کاربری/ پوشش اراضی و ارزش خدمات اکوسیستمی حاصل از آن‌ها در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس با استفاده از تصاویر سنجش از دوری لندست در سامانه اطلاعات جغرافیایی برآورد شد. بیان این تغییرات در قالب ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی هر یک از بیوم‌های موجود در منطقه انعکاس مجموعه تصمیمات خرد تا کلان برنامه‌ریزان، مسئولان، و حتی مردم است. آگاهی این طیف از تصمیم‌گیران در میزان ضرر و منفعت اقتصادی که به دارایی‌های طبیعی موجود می‌زنند می‌تواند نقش مهمی در تصمیمات آتی آن‌ها داشته باشد. علاوه بر این، نتایج به دست آمده می‌تواند برای سایر پروژه‌های مشابه در سایر مناطق مفید واقع شود. تعیین حساسیت هر یک از بیوم‌های موجود در منطقه پیش از تأسیس پروژه عظیمی همچون منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و پس از آن از دیگر موارد کاربردی حاصل از این تحقیق است. با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان موارد زیر را در ارتباط با نتایج به دست آمده از منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس نتیجه‌گیری و پیشنهادهای لازم را مطرح کرد:

- کاهش ۴۷ درصدی تالاب نایبند نشان‌دهنده بی‌توجهی به این تالاب در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای بوده است و برای حفظ فضای باقی‌مانده باید برنامه‌های اصولی و علمی تدوین شود؛

- پتانسیل خدمات تفریحی و گردشگری این منطقه مطالعه و به آن توجه بیشتری شود و برای حفظ آن اقدامات و برنامه‌ریزی‌های لازم انجام گیرد؛
- از آنجا که امکان طبقه‌بندی آب‌سنگ‌های مرجانی موجود در منطقه (هاله و عسلویه) با این تصاویر وجود نداشت، پیشنهاد می‌شود مطالعاتی برای بررسی تغییرات و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم آن‌ها انجام گیرد؛
- وضعیت خورها (بیدخون یا عسلویه، بساتین، و هاله) و مانگروهای موجود در این خورها جداگانه بررسی شود و اقدامات لازم برای حفظ و توسعه آن‌ها پیشنهاد شود.

منابع

- جعفری، ح.ر.؛ حمزه، م.؛ نصیری، ح. و رفیعی، ی. (۱۳۹۰). توسعه مدل مفهومی مبتنی بر الگوریتم Decision Tree و داده کاوی به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM و داده های کمکی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان بویراحمد)، فصل نامه علوم محیطی، ۳: ۱-۳۰.
- حجازی، ن.؛ فاضل، ر. و وحید، ف. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر توسعه منطقه عسلویه بر کیفیت زندگی (با رویکرد رشد صنعتی)، فصل نامه راهبرد اجتماعی فرهنگی، ۱۴: ۸۷-۱۱۳.
- زندیان، ا.؛ یآوری، ا.ر.؛ جعفری، ح.ر. و امیرنژاد، ح. (۱۳۹۴). مدل سازی اثرات تغییر کاربری زمین بر خدمات آبی اکوسیستم با استفاده از یک سامانه پشتیبان سیاست گذاری، فصل نامه علوم محیطی، ۴: ۹۷-۱۱۲.
- سازمان حفاظت محیط زیست ایران - استان بوشهر (۱۳۹۷). دریافت شده از وبسایت این سازمان به آدرس زیر:
<http://www.bu.doe.ir>
- عزیزپور، ف. و قاسمی، س.ع. (۱۳۸۹). نقش منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی (عسلویه) در تحول مکانی - فضایی سکونتگاه های روستایی مطالعه موردی: روستای اخند (ناحیه کنگان)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹: ۹۷-۱۱۰.
- عزیزی، ن.؛ قربانزاده، ز.س.ق.؛ شهلاپور، ش. و سرابی، ف. (۱۳۹۳). راهنمای احیا و بازسازی اکولوژیک مانگرو EMR - سازمان حفاظت محیط، نشر شروع، ایران.
- گفت و گو و توسعه پایدار در ایران (۱۳۹۲). ایجاد همسویی میان گروه های ذی نفع، خبرنامه شماره ۳. دریافت شده از وبسایت مؤسسه توسعه پایدار و محیط زیست به آدرس زیر:
<http://www.cenesta.org/wp-content/uploads/2014/10/project-asalouyeh-newsletter-3-fa.pdf>
- Araujo-Barbosa, C.C.; Atkinson, P.M. and Dearing, J.A. (2015). Remote sensing of ecosystem services: A systematic review, *Ecol. Indic.*, 52: 430-443.
- Ayanu, YZ.; Conrad, C.; Nauss, T.; Wegmann, M. and Koellner, T. (2012). Quantifying and mapping ecosystem services supplies and demands: a review of remote sensing applications, *Environ Sci Technol*, 46(16): 8529-8541.
- Azizi, N.; Ghorbanzadeh, S.Gh.; Shahlapour, Sh. and Sarabi, F. (2014). Ecological Restoration of Mangrove Forests, Shoru Press. Iran. (In Persian)
- Azizpour, F. and Ghasemi, S.A. (2011). The role of south parsot economic special region in location transformation of rural settlements case: akhand village (kangan area), *Scientific Journals Management System*, 19: 97-110. (In Persian)
- Belgiu, M. and Dragut, L. (2016). RandomForest in remote sensing: a review of applications and future directions, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 114: 24-31.
- Bian, ZF. and Lu, QQ. (2013). Ecological effects analysis of land use change in coal mining area based on the ecosystem service valuing: a case study in Jiawang, *Environ Earth Sci*, 68: 1619-1630.
- Bin Zhao, Urs Kreuter, Bo Li, Zhijun Ma, Jiakuan Chen, Nobukazu Nakagoshi (2004). An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China, *Land Use Policy*, 21(2): 139-148.
- Cao, L.; Li, J.; Ye, M.; Pu, R.; Liu, Y.; Guo, Q.; Feng, B. and Song, X. (2018). Changes of Ecosystem Service Value in a Coastal Zone of Zhejiang Province, China, during Rapid Urbanization. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15: 1301.

- Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.*, 37: 35-46.
- Cord, A.F.; Brauman, K.A.; Chaplin-Kramer, R. et al. (2017). *Priorities to advance monitoring of ecosystem services using Earth observation*, *Trends in Ecology and Evolution*, 32: 416-428.
- Costanza, R.; Arge, R.; Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limberg, K.; Naeem, S.; Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van Den Belt, M. (1997). The value of the worlds ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387: 253- 260.
- Costanza, R.; De Groot, R.; Sutton, P.; Van der Ploeg, S.; Anderson, S.J.; Kubiszewski, I.; Farber, S. and Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services, *Global Environmental Change*, 26: 152-158.
- Davoodi, H.; Gharibreza, M.; Negarestan, H.; Mortazavi, M.S. and Lak, R. (2017). Ecological risk assessment of the Assaluyeh and Bassatin estuaries (northern Persian Gulf) using sediment quality indices, *Estuar Coast Mar Sci*, 192: 17-28.
- Dialogue and Development in Iran (2013). Building Multi-stakeholder Alliances (Asaloyeh Project), Newsletter No.3. (Persian)
- DOE (Iranian Department of Environment) (2018). Retrieved September 26, 2018, from <http://www.bu.doe.ir/>
- Fang, X.; Tang, G.; Li, B. and Han, R. (2014). Spatial and Temporal Variations of Ecosystem Service Values in Relation to Land Use Pattern in the Loess Plateau of China at Town Scale, *PLoS ONE*, 9(10): e110745.
- Favretto, A. (2018). Checking vegetation changes with remote sensing: The case of the Trieste province (North-East of Italy), *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 11: 1-10.
- Gowan, Ch.; Stefenson, K. and Shabman, L. (2006). The role of ecosystem valuation in environmental decision making: Hydropower relicensing and dam removal on the Elwha River, *Ecological Economics*, 56: 508- 523.
- Han, Z.; Song, W. and Deng, X. (2016). Responses of Ecosystem Service to Land Use Change in Qinghai Province, *Energies*, 9: 303.
- Hejazi, N.; Fazel, R. and Vahida F. (2015). Impacts of Economic Development of Assaluyeh on Quality of Life (by Industrial Development Approach), *Socio Cultural Strategy Journal*, 4(15): 87-113. (In Persian)
- Inglada, J.; Vincent, A.; Arias, M. and Marais-Sicre, C. (2016). Improved Early Crop Type Identification by Joint Use of High Temporal Resolution SAR and Optical Image Time Series, *Remote Sens*, 8(5): 362.
- Jafari, H.R.; Hamzeh, M.; Nasiri H. and Rafii, Y. (2011). Developing Decision Tree and Data Mining Based Conceptual Model for Detecting Land Cover Changes Using TM Images and Ancillary Data, *Environmental Sciences*, 31(3): 1-30. (In Persian)
- Kreuter, U.P.; Harris, H.G.; Matlock, M.D. and Lacey, R.E. (2001). Change in ecosystem service values in the San Antonio Area, Texas, *Ecol Econ*, 39(3): 333-346.
- Liu, Y.; Li, J. and Zhang, H. (2012). An ecosystem service valuation of land use change in taiyuan city, China, *Ecol. Model.*, 225: 127-132.
- Mamat, A.; Halik, Ü. and Rouzi, A. (2018). Variations of Ecosystem Service Value in Response to Land-Use Change in the Kashgar Region, Northwest China. *Sustainability*, 10: 200.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). Millennium ecosystem assessment synthesis report.

- Owfi, R.E. and Owfi, F. (2018). Ecological study of Harra forests in the Nayband protected area at Bushehr province, Iran, *International Journal for Research in Agricultural and Food Science*, 6: 1-8.
- Pal, M. (2005). Random Forest classifier for remote sensing classification, *Int. J. Remote Sens.*, 26: 217-222.
- PSEEZ (2018). About PSEEZ Field. Retrieved July 26, 2018, from. <http://www.pseez.ir/en/home>
- Rai, R.; Zhang, Y.; Paudel, B.; Acharya, B.K. and Basnet, L. (2018). Land Use and Land Cover Dynamics and Assessing the Ecosystem Service Values in the Trans-Boundary Gandaki River Basin, Central Himalayas, *Sustainability*, 10, 3052.
- Saadatian, O.R. and Dola, K. (2007). Planning for Social Sustainability in Iran's South Pars Special Economic Energy Zone. *International Symposium on Cities and Conservation*, Hotel Marriot Putra Jaya, Malaysia.
- Seidl, A. and Moraes, A.S. (2000). Global valuation of ecosystem services: Application to the pantanal da nhocolandia, Brazil, *Ecol. Econ.*, 33: 1-6.
- Talebian et al. (2008). An analysis of the social impact of industrial development in the region Asalooye, Tehran, *a Social Science*, 33: 75-55.
- USGS (2018a). Landsat 4-7 Surface Reflectance (LEDAPS) Product, Product Guide, Version 8.3, March.
- USGS (2018b). Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product, Product Guide, Version 4.3, March.
- Wang, Q.; Blackburn, G.A.; Onojeghuo, A.O.; Dash, J.; Zhou, L.; Zhang, Y. and Atkinson, P.M. (2017). Fusion of Landsat 8 OLI and Sentinel-2 MSI Data. *IEEE Trans, Geosci. Remote Sens.*, 55: 3885-3899.
- Yu, Z.; Qin, T.; Yan, D.; Yang, M.; Yu, H.; Shi, W. (2018). The Impact on the Ecosystem Services Value of the Ecological Shelter Zone Reconstruction in the Upper Reaches Basin of the Yangtze River in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15: 2273.
- Zahed, M.A.; 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*, 30: 240-244.
- Zhang, D.; Lan, Zh.; Wang, Q.; Wang, X.; Zhang, W. and Li, Zh. (2007). The evaluation of the mangrove ecosystem services value change in Zhangjiang River Estuary based on remote sensing, 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, Spain.
- Zhang, P.; He, L.; Fan, X.; Huo, P.; Liu, Y.; Zhang, T.; Pan, Y.; Yu, Z. (2015). Ecosystem Service Value Assessment and Contribution Factor Analysis of Land Use Change in Miyun County, China, *Sustainability*, 7: 7333-7356.
- Zhao, B.; Kreuter, U.; Li, B.; Ma, Z.; Chen, J.; Nakagoshi, N. (2004). An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China. *Land Use Policy*, 21: 139-148.