پایش تغییرات پوشش سرزمین/کاربری سرزمین در پهنه‌ی ساحلی جلگه خوزستان

رامین علایی روزبهانی[۱*]، حمیدرضا جعفری[۱]، غلامرضا نبی بیدهندی[۲]، حسن هویدی[۱]

۱. گروه برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران
۲. گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸
شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22113/jmst.2017.45156

چکیده

روند گسترش فعالیت‌های انسانی با تغییر و معرفی انواع کاربری و پوشش زمین، ساختار سرزمین را دستخوش تغییرات شدیدی کرده است. طی چندین دهه‌ی اخیر ساختار و الگوی پوشش سرزمین در پهنه‌ی ساحلی خوزستان، نیز مصون از چنین تغییراتی نبوده است. بنابراین پایش ترکیب و آرایش فضایی پوشش سرزمین/کاربری سرزمین و تغییرات آن، به منظور شناسایی تهدیدها و فرصت‌های موجود امری ضروری محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش پایش روند تغییرات موزاییک سرزمین در مناطق ساحلی جلگه خوزستان بواسطه رشد و گسترش فعالیت‌های انسانی می‌باشد. در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای در دو سری زمانی، ۱۹۹۰(Landsat 7 ETM+) و سال ۲۰۱۵ (Landsat 8- OLI) برای استخراج نقشه پوشش سرزمین/ کاربری سرزمین استفاده گردید. به منظور پایش روند تغییرات از چهار سنجه‌ی سیمای سرزمینNP, PLAND, MPS, MNND استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که ترکیب و آرایش مکانی پوشش سرزمین در محدوده مطالعاتی با تجزیه‌شدگی، حذف و ساییدگی لکه‌ها، از ناهمگونی و پیچیدگی بیشتری برخوردار شده است. همچنین با اضافه شدن دو نوع کاربری کشت و صنعت نیشکر و حوضچه‌های پرورش ماهی و رشد واحدهای ساخت و ساز صنعتی، ساختار سرزمین از لحاظ ترکیب، توزیع، پیوستگی و وسعت الگوهای ارزشمند اکولوژیکی با تغییرات شدیدی مواجه شده است. جنگل‌های رودکناری با افزایش تعداد لکه و کاهش ۵۰٪ سنجه PLAND و تالاب‌ها نیز با افزایش ۵۸٪ سنجه NP و افزایش ۷۱٪ سنجه MNND در این نواحی با حدکثر سطح تجزیه‌شدگی، آسیب‌پذیرترین الگوهای محیطی نواحی ساحلی می‌باشند.

کلمات کلیدی: پایش، تغییرات سیمای سرزمین، سنجه‌ها، موزاییک سرزمین، پهنه‌ی ساحلی.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: r.roozbahani@ut.ac.ir

۱. مقدمه

زمین مکان تمامی فعالیت‌های انسانی و منابع لازم برای این کار محسوب می‌شود. استفاده‌ی انسان از این منابع "کاربری زمین"۱ نامیده می‌شود که بسته به اهداف مورد نظر همچون تولید غذا، تأمین سرپناه، استخراج و فرآوری مواد و نیز خصوصیات پوشش زیستی-فیزیکی سرزمین، وضعیت متفاوتی را ارایه می‌دهد (Turner et al., 2001). پوشش و کاربری زمین در لکه‌های۲ بزرگ و کوچک موزاییکی۳ پویایی را به‌وجود می‌آورند که ترکیب و آرایش فضایی۴ این موزاییک در دوره‌های زمانی مختلف بر اثر فرآیندهای طبیعی و انسانی مدام دست‌خوش تغییر می‌شود (Forman, 1995; Xiao et al., 2006). عرصه‌های زیادی از اراضی کشاورزی و تالاب‌ها به کاربری‌های مسکونی، صنعتی و زیرساخت‌های توسعه‌ای تبدیل شده‌اند. روند رو به گسترش اقدامات انسانی با حذف و تکه‌تکه کردن۵ اکوسیستم‌ها، گسستگی ارتباطات بین آنها و ساییدگی۶ این لکه‌های طبیعی، جریان‌های عمومی می‌باشد که نسبت به گذشته، الگوهای سرزمین را با سرعت بیشتری دگرگون می‌کنند (Ndubisi, 2002; Farina, 2006). برنامه‌ریزان و محققان محیط‌زیست برای اطمینان از پایداری منابع، شاخص‌های اکولوژیکی گسترده‌ای را توسعه داده‌اند تا به کمک آنها بتوانند وضعیت محیط زیست را پایش و مورد ارزیابی قرار دهند (Rapport, 1995). با تحولاتی که در زمینه‌ی سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و نظریه‌های اکولوژی سیمای سرزمین۷ بوجود آمده است، تمرکز بر شاخص‌های مکانی، به پارادایمی غالب در برنامه‌ریزی و پایش محیط زیست تبدیل شده است (Turner et al., 1994; Zhou et al., 2008; O'Neill et al., 1997; Uuemaa et al., 2013; Leitão and Ahern, 2002).

اکولوژی سیمای سرزمین با تاکید بر الگودهی مکانی به اکوسیستم‌های متعدد در گستره‌ایی وسیع از سرزمین بر این اصل استوار است که الگوهای مکانی اکوسیستم‌ها، فرآیندهای اکولوژیکی سرزمین را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند (Cushman et al., 2008; Forman, 2008; Leitão et al., 2006). بنابراین شناخت الگوهای مکانی سیمای سرزمین و تغییرات مستمر آنها، ابزار توانمندی را برای تحلیل پیامدهای اکولوژیکی تغییرات و ارایه راه حل‌های مکانی پدید می‌آورند (Forman, 2008; Forman and Godron, 1986). الگوهای مکانی سیمای سرزمین را می‌توان با سه ویژگی شکل، ترکیب و پیکره‌بندی اندازه‌گیری و ارزیابی کرد (Rutledge, 2003). برای اندازه‌گیری این ویژگی‌ها، سنجه‌های۸ متعددی توسعه و معرفی شده‌اند. سنجه‌های ترکیب و پیکره-بندی از پرکاربردترین سنجه‌ها در ارزیابی و پایش سیمای سرزمین در مقیاس‌های گسترده است. سنجه‌های ترکیب سیمای سرزمین، بیانگر ویژگی‌های تنوع و فراوانی کلاس‌ها و انواع مختلف لکه و تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین است. در تحلیل پیکره‌بندی سیمای سرزمین، درجه ارتباط یا برعکس میزان جدایی ساختار یا شکل سرزمین بررسی می‌شود. به عبارت دیگر در این تحلیل، چگونگی آرایش مکانی لکه نسبت به لکه‌های همسان و یا ناهمسان بررسی خواهد شد (Leitão and Ahern, 2002; Cushman et al., 2008). در دهه‌های اخیر نوع و شکل فعالیت-های انسانی در جلگه‌ی ساحلی خوزستان، با انواع بهره‌برداری‌ها ترکیب و آرایش فضایی جدیدی از کاربری زمین را بوجود آورده است و این روند هنوز نیز در جریان است. همچنین با توجه به شرایط

۱-Land use
۲-Patch
۳-Mosaic
٤-Composition and Spatial Configuration
٥-Fragmentation
٦-Attrition
۷-Landscape ecology
۸-Landscape metrics

توپوگرافی، هیدرولوژیکی و جریان‌های دریایی، پهنه‌ی اکوتونی[۱]عریضی با پوشش زیستگاه‌های آب شور و شیرین، اراضی ماندابی و باتلاقی، پهنه‌ی وسیعی از سواحل خوزستان را تشکیل داده است. این پژوهش سعی دارد با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM[۲] و OLI[۳] ماهواره‌ی لندست و سنجه‌های سیمای سرزمین، تغییرات پوشش زمین و کاربری زمین در سیمای سواحل خوزستان طی بازه‌ایی ۲۵ساله بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، توصیف، تجزیه و تحلیل کند. در این مقاله، پایش تغییرات در مقیاس گسترده و با استفاده از نقشه‌های طبقه‌بندی شده در سطح کلاس سیمای سرزمین انجام می‌گردد. برای رسیدن به اهداف پژوهش، سنجه‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی ساختار سواحل خوزستان و در استخراج کلاس پوشش زمین وکاربری زمین از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای و حجم قابل ملاحظه‌ای عملیات میدانی استفاده شد. اهداف مورد نظر در این پژوهش عبارت‌اند از:

۱. تهیه نقشه‌های پوشش زمین و کاربری زمین و تحلیل کمی ترکیب و توزیع آنها در بازه‌ی ۲۰۱۵-۱۹۹۰

۲. تحلیل مکانی تغییرات برای ایجاد انواع استراتژی‌های برنامه‌ریزی و مدیریت سواحل خوزستان

مجموعه پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌ی افزایش آگاهی در مورد تغییرات و مدیریت کارآمد در تمامی سطوح نواحی ساحلی انجام شده است. Yang و Liu (2005) در منطقه مصبی و ساحلی پنساکولا در خلیج مکزیک، نشان می‌دهند که پیرامون مراکز شهری و در طول ساحل، جائی‌که فعالیت‌ها متمرکزند، موزائیک ناهمگن‌تری ایجاد و در طی زمان انقطاع بیشتری در بستر سرزمین رخ داده است. Liu و Cameron (2001) با تجزیه و تحلیل الگوهای ساختاری نواحی تالابی در گالوستون تگزاس، نشان می‌دهند افزایش تراکم جاده در واحد سطح و کاربری اراضی در نواحی مرزی تالاب‌ها شاخص شکل لبه را به شده متأثر نموده که همین تغییر ساختاری باعث تغییر در تنوع زیستی گردیده است. همچنین در خصوص استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در جلگه خوزستان می‌توان به مطالعات (Faraji et al., 2016; Madadi and Ashrafzadeh, 2010) رجوع کرد. در واقع، نیاز به پایش مستمر و معرفی ابزار تحلیل مکانی تغییرات در مقیاس ساحلی خوزستان با توجه به گسترش سریع کاربری‌ها، انگیزه‌ی اصلی پژوهشگران در این پژوهش بوده است.

۲. مواد و روش ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

نواحی ساحلی خوزستان به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه، قسمتی از جلگه پهناور خوزستان است که با مساحت حدود ۱۲۳۷۲/۵ کیلومتر مربع بین ″۶′۵۵°۲۹ و ″۱۸′۴۸°۳۰عرض‌شمالی و ″۲۷ ۶۵ °۴۸ تا ″۶′۴۹°۴۹ طول‌شرقی واقع شده است شکل(۱). طبق راهنمای ویژگی‌های تیپ تالاب‌ها در سیستم طبقه‌بندی جدید رامسر(۱۹۹۰)، می‌توان سیمای ساحلی خوزستان از سواحل اروند و بهمن‌شیر، تالاب شادگان، خورالامیه و خورموسی تا سواحل بین کشندی هندیجان-بحرکان را در طبقه‌ی تالاب‌های ساحلی-دریایی دسته‌بندی کرد (Madjnoonian, 2012). اکولوژی این نواحی با توجه به تنوع زیستی قابل ملاحظه و کم نظیر و زیستگاه‌های ساحلی-دریایی در دستور کار ۲۱ ریو، به عنوان مناطقی شکننده و آسیب‌پذیر توصیف شده‌اند. Adamus و Stokwell (1983) با بررسی دقیق و گسترده منابع علمی، ۷۵ ویژگی برای نواحی تالابی و ساحلی تعیین کرده‌اند. ارایه خدمات اکوسیستمی و کارکردهای چند

۱-Ecotone
۲-Thematic Mapper
۳-Operational Land Imager

جانبه‌ای شامل مهار و کاهش خطر سیلاب‌ها، حذف آلاینده‌های آب و به‌علاوه بسیاری از خدمات تفرجی و حفاظت تنوع زیستی در این نواحی، آن‌ها را به عنوان اولویت‌های ارزشمند محیطی-اجتماعی تعیین کرده است (Keddy, 2010; Mitsch and Gosselink, 2000; Forman, 2008). پدیده‌ها دارای مقیاسی مشخص یا محدوده‌ای هستند که ویژگی‌های رفتاری آن‌ها در این مقیاس روی می‌دهد (Yavari and Bahrainy, 2001). تعیین مقیاس، نخستین گام برای درک تغییرات پدیده‌ها می‌باشد. در مقیاس مناسب است که می‌توان پویایی و تغییرات آن‌ها را به بهترین شکل پایش کرده و مورد مطالعه قرار داد. مطالعات متعددی در میزان کارایی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای سنجش ویژگی‌های سیمای سواحل انجام شده است (Roy et al., 2014). این مطالعات نشان می‌دهند قدرت تفکیک مکانی و زمانی موجود در تصاویر ماهواره‌ی لندست۱ با سنجنده‌های TM و OLI در تعیین پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی در نواحی ساحلی از کارایی بالایی برخوردارند. بنابراین در این پژوهش برای استخراج نقشه‌های پوشش زمین و کاربری زمین در نواحی ساحلی خوزستان از تصاویر ماهواره‌ای لندست سری ۵ و سری ۸ در دو بازه‌ی زمانی ۱۹۹۰و ۲۰۱۵ استفاده گردید.

پیش از هرگونه پردازش و عملیات طبقه‌بندی بر روی تصاویر ماهواره‌ای نیاز است تصاویر با مجموعه‌ای از عملیات‌ها، از خطاهای رادیومتریک و هندسی تصحیح و آماده‌سازی کرد. تصحیح هندسی تصاویر دو بازه-ی۱۹۹۰و ۲۰۱۵ از طریق ارجاع و تطبیق با نقشه توپوگرافی۱/۲۵۰۰۰سازمان نقشه‌برداری با خطای متوسط ریشه مربعات (RMS) ۰/۳۱پیکسل تهیه شد. برای تصحیح رادیومتریک تصاویر منطقه مورد مطالعه نیز بخاطر نبود پارامترهایی اتمسفری مورد نیاز، از روش تصحیح کلی استفاده شد و حداقل دامنه هیستوگرام تصاویر مرئی و مادون قرمز نزدیک به عدد صفر تغییر داده شد. طبقه‌بندی به عنوان یک رویکرد برای مطالعه‌ی تعامل بین فعالیت‌های انسانی و سیمای سرزمین بسیار حیاتی است (Burel, 2003; Lillesand et al., 2014). زیرا چگونگی تعریف و طبقه‌بندی سرزمین، اثر معناداری بر دامنه وسیعی از تصمیمات برنامه‌ریزی و نتایج مطالعه دارد (Alavipanah, 2010). باید توجه داشت که طبقه-بندی یک انتزاع از واقعیت زمینی است و به عنوان نماینده، بخشی از واقعیت را در سطحی از مقیاس به تصویر می‌کشد.

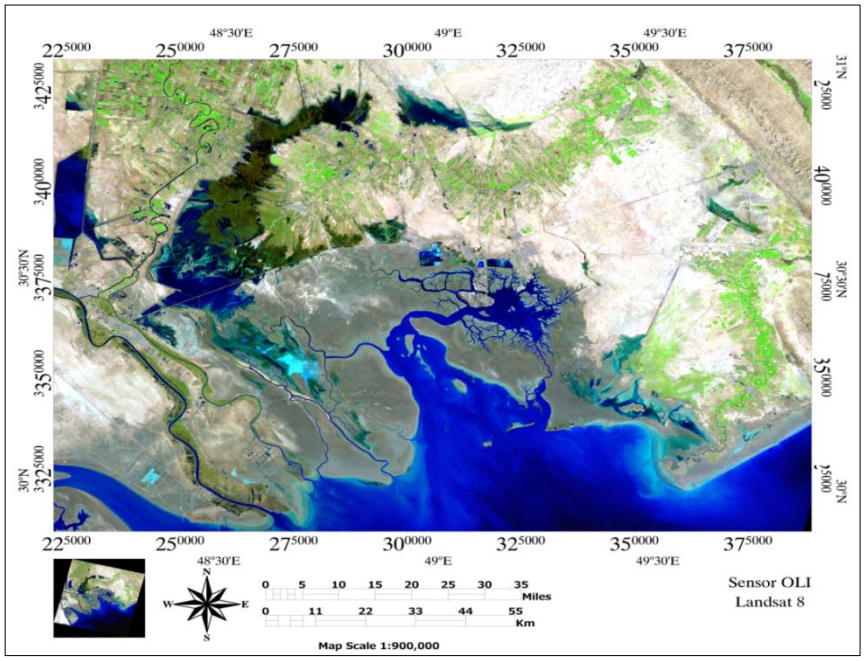
(Farina, 2006). طبقه‌بندی تصاویر موجود در سه مرحله‌ی، انتخاب نواحی آموزشی، اعمال روش طبقه-بندی و ارزیابی صحت طبقه‌بندی انجام شد. با درنظرگرفتن این‌که تکنیک مورد استفاده در پژوهش، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال[۲] از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده[۳] محسوب می‌شود، انتخاب نواحی آموزشی و کلاس-های پوشش سرزمین برای الگوریتم طبقه‌بندی گام اول و مهم می‌باشد جدول(۲). در این روش، سیستم باید برای تشخیص الگوها و پدیده‌های مورد نظر آموزش داده شود. آموزش، فرآیند تعیین ضوابط تشخیص پدیده‌ها در طبقه‌بندی نظارت شده می‌باشد (Gang, 1993). در این فرآیند پیکسل‌های ارایه کننده طبقات پوشش زمین انتخاب می‌گردند. این انتخاب با بهره‌گیری از منابع کمکی مانند نقشه‌ها و برداشت‌های زمینی انجام شد. بر این اساس پهنه‌ی سواحل خوزستان را چهار پوشش/کاربری زمین عمده شامل: پوشش گیاهی (نواحی کشاورزی آبی و دیم، جنگل‌های رودکناری)، خاک (اراضی بایر) ساخت و ساز (شهر و جاده) و آب (تالاب، اراضی ماندابی و

۱-Maximum Likelihood
۲-Supervise Classification
۲-Landsat

شوره‌زارها، حوضچه‌های آبزی‌پروری) در بر می‌گیرد. کلیه مراحل عملیات‌های پیش‌پردازش، طبقه‌بندی با استفاده از نرم‌افزارEnvi4.5 انجام گردید.

جدول۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده تهیه پوشش زمین/کاربری در نواحی ساحلی خوزستان

ماهواره/سنجنده	گذر ردیف	باند کاربردی	قدرت تفکیک مکانی	زمان تصویربرداری
لندستTM۵	۱۶۵-۳۸ و ۱۶۵-۳۹	۱،۲،۳،۴،۵،۷	۳۰	June1990 /خرداد ۱۳۶۹
لندستOLI۸	۱۶۵-۳۸ و ۱۶۵-۳۹	۲،۳،۴،۵،۶،۷	۳۰	July2015 /تیرماه ۱۳۹۴



شکل۱. تصویر ماهواره‌ای لندستOLI ۸(۲۰۱۵) با تصحیحات و ترکیب باند (۲-۵-۷)

جدول۲. مشخصات نواحی آموزشی و طرح کلاس‌های طبقه‌بندی تصاویر

ردیف	نوع پوشش زمین	نوع کاربری زمین	توصیف کلاس‌ها
۱	پوشش گیاهی	کشاورزی آبی و دیم	مناطق کشاورزی آبی و دیم با کاربری خصوصی جوامع محلی
		کشاورزی تجاری-صنعتی	مناطق کشت و صنعت نیشکر با کشت تک محصولی
		جنگل و بیشه‌زار	مناطق با پوشش بالای ٪۵۰
۲	خاک	خاک لخت با پوشش کمتر از٪۵	قطعات درشت زمین با خاک لخت
۳	آب	تالاب‌ها	مناطقی با پوشش آب دایمی
		شوره زار و اراضی ماندابی	مناطق با پوشش آب فصلی و شوره‌زار
		حوضچه‌ها و مزارع پرورش ماهی	الگوی منظم با کاربری آبزی پروری
۴	انسان ساخت	مناطق شهری و روستایی	پهنه‌های مسکونی و صنعتی

روش بسیار معمول و استاندارد برای تعیین صحت موضوعی[1]نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده از ماتریس خطا[2]می‌باشد (Congalton and Green, 2008). براساس ماتریس‌های خطا برای طبقه‌بندی تصاویر بازه‌های ۱۹۹۰و ۲۰۱۵ میزان صحت کلی برای طبقه‌بندی به ترتیب ۸۵/۱ و۸۷/۷ درصد بدست آمد. در این پژوهش به منظور تحلیل ترکیب و توزیع کلاس‌ها و لکه‌های پوشش و کاربری زمین، با در نظر گرفتن قابلیت‌های تحلیلی، به شرح زیر مورد محاسبه قرار گرفت: سنجه‌های تعداد لکه‌ها، درصد مساحت هر کلاس از کل سرزمین، میانگین اندازه لکه‌های هر کلاس و میانگین پراکندگی لکه‌های هم نوع از یک کلاس. محاسبات سنجه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcView 3.3 و ArcGis9.2 با ابزار Patch Analysis و Zonal انجام شده است. شرح کوتاهی از سنجه‌های مکانی مورد استفاده در جدول(۳) ارایه شده است.

۳. نتایج

نتایج طبقه‌بندی پوشش و کاربری زمین مربوط به سال‌های۱۹۹۰ و ۲۰۱۵ در شکل(۲) ارایه شده است. مکان استقرار فعالیت‌های مختلف (اعم از صنعت، کشاورزی، شهری) با پوشش محیطی پهنه‌ی ساحلی در قالب فرمت برداری با الگوی پلیگونی نمایش داده شده است. مقادیر محاسبه شده سنجه‌ها برای پایش تغییرات سیمای سواحل خوزستان در جدول(۴) ارایه شده است.

نتایج بررسی‌های مقادیر این سنجه‌ها به عنوان نشانه-هایی برای رمزگشایی چگونگی تغییر در ترکیب و توزیع کلاس‌ها و لکه‌های مربوط به آنها نشان داد که از سال۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، دو کلاس کاربری شامل کشاورزی تجاری-صنعتی (کشت تک محصوله نیشکر) و حوضچه‌های آبزی‌پروری طی بازه‌ی ۲۵ساله به مجموعه‌ی کلاس‌های سرزمین اضافه شده است و با بررسی تعداد لکه‌ها NP سطح سرزمین در بازه‌ی زمانی ۲۵ساله افزایش قابل توجهی از ۹۱ لکه مختلف به ۱۴۴ لکه در ماتریس سرزمین داشته است با وجود این دو کلاس کاربری جدید، می‌توان افزایش ناهمگونی[3] در نواحی ساحلی خوزستان را در بررسی سنجه‌ها انتظار داشت. علاوه بر این دو کلاس در تمامی کلاس‌های سرزمین بخصوص کلاس جنگل و بیشه‌های رودکناری[4] افزایش لکه از ۲ به ۲۷ لکه و تالاب با افزایش تعداد لکه از ۱۷ به ۲۷ وجود دارد که با توجه به کاهش شدید ٪۵۰ درصد سنجه‌ی مساحت PLAND در کلاس جنگل و کاهش ٪۲ در کلاس تالاب نشان می‌دهد که افزایش تعداد لکه‌ها بر اثر تکه‌تکه شدن ساختار نواحی جنگلی و تالابی بوده است. همچنین سنجه‌ی MPS میانگین اندازه لکه برای لکه‌های کلاس تالاب و جنگل و بیشه رودکناری کاهش ۲۵ تا ۲۸درصدی داشته است.

کلاس جنگل رودکناری از ارزشمندترین کلاس‌های پوشش گیاهی این ناحیه است که به میزان بالایی با حذف‌شدگی و انقباض لکه‌ها روبرو شده است. تالاب شادگان به عنوان بزرگترین لکه آبی شیرین و تأمین کننده‌ی تعادل اکولوژیک و سطح آب شیرین در نواحی ساحلی خوزستان، بیشترین تغییر در سنجه درصد مساحت PLAND را داشته است. روند تغییر تالاب شادگان و نوع تبدیل پوشش آن نشان می‌دهد که تغییرات در منطقه جنوب و جنوب‌غربی تالاب و تبدیل عرصه‌های آبی تالاب به زمین لخت و تجزیه-شدگی تالاب بر اثر احداث جاده‌های متعدد بوده است. همچنین تعداد لکه‌های کوچک فصلی پیرامون تالاب شادگان با کاربری آبزی پروری و تبدیل به اراضی کشاورزی کاهش بالای ۸۰درصدی را نشان می‌دهد. تالاب‌ها با لکه‌های بزرگ و کوچک همراه

۱-Thematic Accuracy
۲-Confusion Matrix

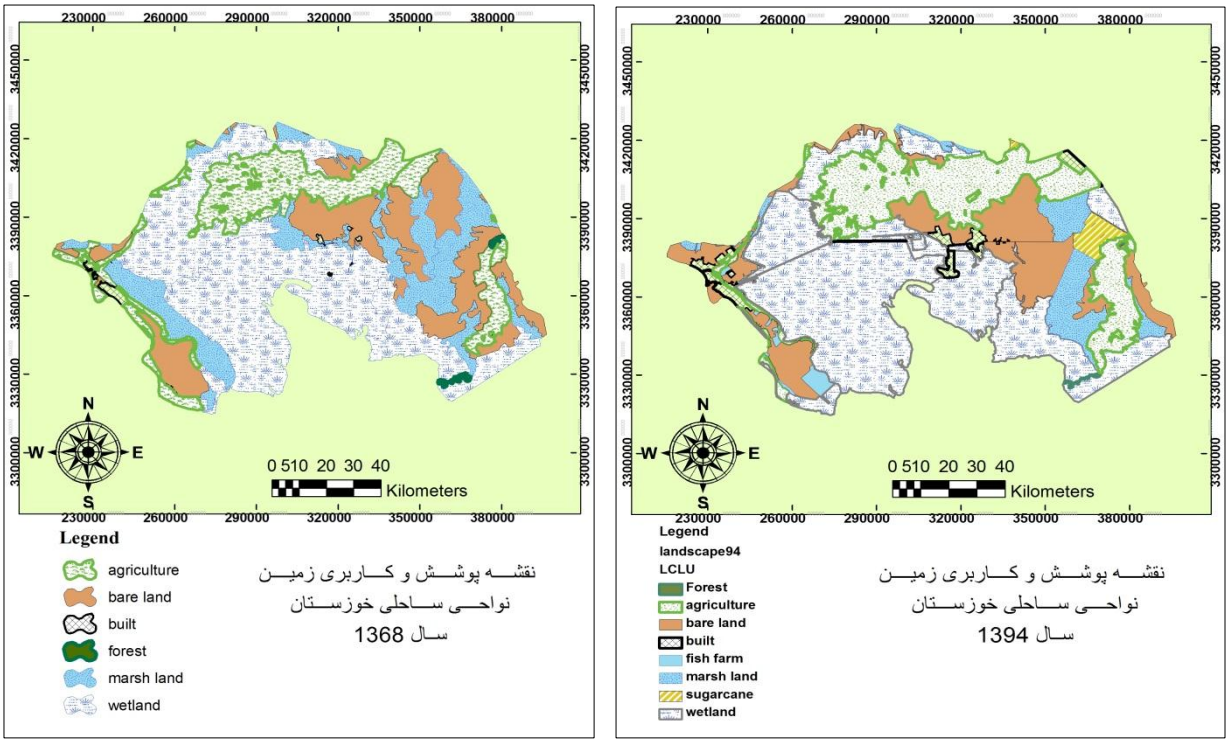
۱-Heterogeneous
۲-Riparian Forest

خورها از ساختارهاب اصلی سواحل خوزستان می-باشند که سلامت اکولوژیکی و فرآیندهای مقاومت-پذیری سرزمین را پشتیبانی می‌کنند، مقادیر محاسبه شده مربوط به این کلاس‌ها نشان می‌دهد که مساحت کلاس CA و میانگین پراکندگی آنها در بازه‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ حدود ۴۰درصد کاهش داشته است نتایج این دو سنجه نشان می‌دهند که این الگوی پوششی در این ناحیه علاوه بر کاهش چشمگیر مساحت، با تجزیه‌شدگی بالایی نیز مواجه شده است. در کنار این تغییرات که بر ساختار کلاس پوشش زمین و تالاب وارد شده است، مناطق پیرامونی این کلاس‌ها نیز با تغییر و تبدیل‌هایی مواجه شده است که با اعمال نیرو محرکه‌های پرفشار، تجزیه‌شدگی و دورافتادگی تالاب‌ها و نواحی ماندابی را با شدت بیشتری مواجه می‌سازد.

اضافه شدن کلاس‌های جدید صنعتی-تجاری در نواحی ساحلی، گستردگی و افزایش سریع تعداد لکه طرح‌های آبزی‌پروری و کشت و صنعت نیشکر طی بازه‌ی زمانی ۲۵ساله مورد پژوهش، از مهمترین کاربری‌های زمین و نیرو محرکه‌های هستند که موجب انقطاع در پیوستگی و همگنی کلاس‌های تالابی و ماندابی و تغییرات ساختاری در نواحی ساحلی خوزستان شده‌اند. کلاس زمین بایر با کاهش CA مساحت ۲/۷ درصدی با توجه به وضعیت مناسب‌تر این کلاس برای تغییر و تبدیل، از تغییر بسیار کمتری نسبت به سایر اراضی برخوردار بوده است. کرانه‌ی غربی سواحل خوزستان در محدوده‌ی مرزی کشور ایران و عراق، سواحل رودخانه‌های اروند رود و بهمن‌شیر را تشکیل می‌دهد، در دوران هشت ساله جنگ تحمیلی بسیاری از عملیات‌ها و میادین جنگی در این محدوده لکه‌های کشاورزی را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. ترکیب و آرایش مکانی کلاس کشاورزی در نواحی ساحلی اروند رود با کلاس ساخت و ساز و زمین بایر مجاورت دارد، که اکثر تغییرات را از مبدا کلاس کشاورزی به مقصد کلاس ساخت و ساز و زمین بایر داشته است. میزان سنجه‌ی PLAND این کلاس ۳۰درصد کاهش داشته است. مقادیر سنجه‌های محاسبه شده ساخت و ساز PLAND، NP و اندازه‌ی MNND نشان می‌دهند که روند رو به گسترشی در تمامی سنجه‌های این کلاس به همراه کلاس آب‌زی پروری دیده می‌شود. از آنجا که افزایش تعداد لکه‌های ساخت و ساز با پراکندگی در سطح نواحی ساحلی همراه است، این پراکندگی و تعداد کاربری‌ها با دسترسی‌های جاده‌ای نسبت به سال ۱۹۹۰، آرایش مکانی متفاوتی را بوجود آورده و میزان انقطاع لکه را افزایش و پیوستگی در ساختار سیمای نواحی ساحلی خوزستان را با تهدیدی جدی مواجه ساخته است.

جدول۳. سنجه‌های مورد استفاده در پایش تغییرات محدوده مورد مطالعه

سطح	سنجه سیمای سرزمین	توضیح سنجه های مورد استفاده	دامنه تغییر سنجه‌ها	واحد
C	تعداد لکه	نشان دهنده‌ی مجموع تعداد لکه‌های هر کاربری	PN>1	تعداد
C	مساحت طبقه	مساحت هر نوع کاربری با طبقه	CA>0	هکتار
C	درصد مساحت	درصد مساحت کاربری‌های سرزمین	0<PLAND≤100	درصد
C	میانگین اندازه لکه	متوسط اندازه لکه‌ها در هر کاربری	MPS>0	هکتار
C	میانگین نزدیکترین فاصله به لکه مشابه	میزان پراکندگی لکه‌های یک کلاس	MNND>1	متر



شکل۲. نقشه پوشش و کاربری زمین در نواحی ساحلی خوزستان- بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۵

جدول۴. مقادیر سنجه‌های محاسبه شده به تفکیک سال و کلاس پوشش زمین/کاربری زمین

کلاس‌ها	سنجه های کلاس سیمای سرزمین	بازه زمانی		Δ۱۹۹۰-۲۰۱۵
		۱۹۹۰	۲۰۱۵	
کشاورزی	NP	۱۰	۱۹	+۹
	PLAND%	۱۸/۳۶	۲۱/۶۸	+۳/۳۲
	MNND	۲۱۶۹	۷۲۵	-۱۴۴۴
	MPS	۲۱۴۸۳	۱۳۳۴۷	-۸۱۳۶
تالاب	NP	۱۷	۲۷	+۱۰
	PLAND%	۴۳	۴۱	-۲
	MNND	۱۲۸۱	۲۱۵۶	+۸۷۵
	MPS	۲۹۳۷۳	۲۰۶۳۰	-۸۷۴۳
ماندابی و شوره‌زار	NP	۱۵	۸	-۷
	PLAND%	۱۸	۷	-۱۱
	MNND	۳۴۳۱	۶۴۳۷	+۳۰۰۶
	MPS	۱۳۸۹۱	۳۹۴۶	-۹۹۴۵
زمین بایر	NP	۲۵	۱۵	-۱۰

	PLAND%	۲۰/۱	۱۷/۴۱	-۲/۶
	MNND	۳۱۱۶	۲۸۲۰	-۲۹۶
	MPS	۹۴۲۰	۱۳۵۷۵	+۴۱۵۵
	NP	۲	۲۷	+۲۵
جنگل و بیشه رودکناری	PLAND%	۰/۲	۰/۱	-۰/۱
	MNND	۴۸۹۵۰	۴۷۹۴۳	-۱۰۰۷
	MPS	۱۲۳۰	۹۰۰	-۳۳۰
	NP	۰	۵	+
کشت تجاری-صنعتی (تک محصولی)	PLAND%	۰	۱/۷	+
	MNND	۰	۷۶۲۶	+
	MPS	۰	۳۹۴۶	+
	NP	۰	۲۷	+
آبزی پروری	PLAND%	۰	۱	+
	MNND	۰	۳۷۷۵	+
	MPS	۰	۴۶۴	+

۴. بحث و نتیجه‌گیری

وضعیت اکوسیستم‌ها، سیمای سرزمین و یکپارچگی آن پیوسته در نتیجه فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی در حال تغییر است. به منظور شناسایی و فهمیدن چنین تغییراتی و فاکتورهای که این تغییرات را تحت تاثیر قرار می‌دهند، داشتن برنامه‌های پایش اکولوژیکی موثر، الزامی است. استفاده ترکیبی و تلفیق سنجه‌های سیمای سرزمین، سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی، نشان دهنده دیدگاه‌هایی با محوریت مکان برای پایش سرزمین می‌باشند. اگر چه سنجش از دور به گستردگی در شناخت اینکه کجا، چه مقدار و چه نوع تغییراتی در سیمای سرزمین صورت می‌گیرد بکار می‌رود ولی هنوز عدم قطعیت‌های فراوانی در مورد کیفیت و بکارگیری این داده‌ها در مدل سازی سیمای سرزمین می‌تواند وجود داشته باشد، اما در این مطالعه با توجه به سیستم اکولوژیکی پویا نواحی ساحلی، دانه‌بندی درشت لکه‌های پوشش زمین و عدم وجود نقشه‌های بهنگام از این نواحی، یک نیاز اضطراری است تا توان بالقوه داده‌های مکانی را تعیین کنیم و با استفاده از روش‌های تلفیقی این توان بالقوه را در پایش تغییرات سیمای سرزمین بکار بندیم. در بسیاری از مطالعات ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ایی، شاخص تغییر کلاس مورد استفاده گسترده‌ی بسیاری از محققین قرار گرفته است. این شاخص با بررسی تغییرات از یک نوع کلاس به نوع دیگر کلاس نمی‌تواند درک صحیحی از ترکیب، توزیع و تغییرات ساختاری سرزمین در طی زمان را فراهم آورد. در پایش تغییرات سیمای سرزمین همان‌گونه که ذکر شد لازم است وضعیت اکوسیستم و الگوهای مکانی سرزمین مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. بنابراین در این مطالعه، سنجه‌های تعداد لکه‌ها، درصد مساحت هر کلاس، میانگین اندازه هر لکه از یک نوع کلاس و میانگین پراکندگی لکه‌های یک کلاس برای پایش تغییرات سیمای سواحل خوزستان برای هر بازه‌ی زمانی مورد ارزیابی و پایش مکانی/زمانی قرار گرفت. نتایج بدست آمده در این پژوهش برای نواحی ساحلی خوزستان، میزان تجزیه‌شدگی ساختار سواحل را با

پراکندگی لکه‌های کلاس ساخت و ساز صنعتی و آب-زی پروری و کاربری پیرامونی آن‌ها روندی رو به افزایش را نشان می‌دهد. الگوی مکانی تغییرات در بازه‌ی ۲۵ساله‌ی تحقیق همچنین نشان داد، تغییرات پوشش‌های آبی در نواحی ساحلی بیشترین اثرپذیری را به خود اختصاص داده است. تغییرات کاربری زمین علاوه بر تغییر در ترکیب پوشش‌های آبی، نحوه‌ی آرایش و نظم ارتباطی آنها را نیز متأثر کرده است و همچنین تغییرات در الگوی مکانی کشاورزی، لکه‌های تالابی این نواحی را با فشردگی در الگوی سطح و تصرف اراضی مواجه کرده است. نتایج بدست آمده در این تحقیق با مطالعات Madadi و Ashrafzadeh (2010) و Faraji et al., (2016) در خصوص تمایل زمین‌های کشاورزی به الگوی‌های متراکم‌تر و تغییر پوشش زمین مطابقت نشان می‌دهد. اما در خصوص نتیجه‌ی Faraji et al., (2016) که بر افزایش یکنواختی سیمای سرزمین در اراضی پیرامونی رودخانه کارون تاکید نموده است لازم به توضیح است که مقیاس انتخاب شده برای تجزیه و تحلیل تغییرات، می‌تواند تحقیقات را با نتایج متفاوتی روبرو سازد (Farina, 2006)، به گونه‌ای که در مقیاس کلان مورد نظر تحقیق حاضر، تجزیه‌شدگی در سراسر پوشش‌های نواحی ساحلی خوزستان، روندی افزایشی را داشته است.

بر اساس مباحث مطروحه و همچنین شرایط اکولوژیکی تالابی-ساحلی این نواحی و همچون برنامه‌های توسعه‌ی سواحل خوزستان، تدوین استراتژی‌های برنامه‌ریزی سرزمین برای افزایش توان پایداری و مقاومت[1] این نواحی در برابر تغییرات قابل ارایه و پیشنهاد می‌باشد. در این پژوهش دو بسته با اولویت بالا برای مجموعه‌ی استراتژی‌های برنامه‌ریزی مقاومت‌پذیری سیمای سواحل خوزستان در مقابل تغییرات با توجه به میزان بالای تنوع محیطی و شکنندگی بالای این مناظر پیشنهاد شده است:

الف) برنامه‌ریزی‌های حفاظتی: انجام عملیات حفاظتی برای حمایت از عناصری که دارای کارکردهای غیرقابل جایگزین هستند، پیش از آنکه بواسطه تغییرات یا توسعه در معرض تهدید قرار بگیرند مانند:

- عرصه های ساحلی خورها و تالاب‌ها
- لکه‌های بزرگ با پوشش گیاهان بومی

ب)برنامه‌های تهاجمی: انجام اقدامات درمانی و ترمیمی برای بازسازی و بازگرداندن عملکردهای غیرزیستی، زیستی و یا انسانی در جاهایی که این کارکردها اکنون وجود ندارد از جمله:

- مرمت اکولوژیکی زمین‌های بازمانده[2] و فضاهای باز
- جریان‌های رودخانه‌ای
- برقراری ارتباطات بین لکه‌ها با کریدورهای مناسب

با توجه به اینکه مقیاس این مطالعه در پایش تغییرات نواحی ساحلی خوزستان بر اساس نقشه‌های خروجی از تصاویر ماهواره‌ای لندست با پیکسل سایز۳۰متر در نظر گرفته شده است پیشنهاد می‌شود طرح‌های مدیریتی و اجرایی برای مناطق ساحلی، در مقیاس-های بزرگتر و تصاویری با اندازه پیکسل ۱۰، ۵ و ۱متر در این نواحی انجام گردد و طرح‌ریزی و عملیاتی شدن برنامه‌های حفاظتی این مناطق را با عوامل تأثیرگذار بر ساختار این نواحی از جمله نوع فعالیت‌های انسانی و برنامه‌های توسعه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

تقدیر و قدردانی

در انجام و تهیه این پژوهش همکاری موسسات و نهادهای مرتبط با مدیدیت سواحل خوزستان بسیار

۱-Resistance

۲-Remnant

راه‌گشای محققین بوده است. از همکاری سازمان آب و برق خوزستان واحد بهره برداری و توسعه منابع آبی و همچنین از مساعدت‌های هنگ دریایی مرزبانی جمهوری اسلامی کمال سپاسگزاری را داریم.

منابع

Adamus PR. and Stockwell LT. 1983. A method for wetland functional assessment (Volumes I and II), US Department of Transportation, Federal Highway Administration. Report No. FHWA-1P-82-23. Washington DC, USA.181p

Alavipanah SK. 2010. Application of Remote Sensing in Earth Science. Tehran University Press. Tehran, Iran. 297p

Burel F. 2003.Landscape Ecology: Concepts, Methods and Applications. Science Publishers Inc. Cambridge University Press, USA. 150p

Congalton RG. and Green K. 2008. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. 2nd ed. CRC press. Boca Raton. 55-65p

Cushman SA., McGarigal K. and Neel MC. 2008. Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. Ecological Indicators. 8:691-703.

Faraji S., Langroodi SM. and Nasiri H. 2016. Modeling the spatiotemporal pattern of farmland change in rural regions of Ahvaz County by remote sensing and landscape metrics. Journal of Research in Ecology. 4(1): 83-93.

Farina A. 2006. Principles and methods in landscape ecology: Towards a science of the landscape. Springer, Netherlands. 412p

Forman RTT. 2008. Urban region: ecology and planning beyond the city. Cambridge University Press. New York, USA. 408p

Forman RTT. and Godron M. 1986. Landscape Ecology. John Wiley, New York. 619p

Gang p. 1993.Change Detection Using Principle Component Analysis and Fuzzy Set Theory. Canadian Journal of Remote Sensing. 19(1):22-29.

Keddy PA. 2010. Wetland ecology: principles and conservation.2nd Edition. Cambridge University Press. New York, USA. 514 p

Leitão BA. Miller J. Ahern J. and McGarigal K. 2006. Measuring landscapes: A planner's handbook. Island press. Washington (DC), USA. 272p

Lietão BA. and Ahern J. 2002. Applying landscape eco-logical concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and urban planning. 59 (2):65-93.

Lillesand T. Kiefer RW. and Chipman J. 2014. Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition. John Wiley and Sons, New York. 736p

Liu AJ. and Cameron GN. 2001. Analysis of landscape patterns in coastal wetland of Galveston Bay Texas (USA). Landscape ecology.16:581-595.

Madadi H. and Ashrafzadeh MR. 2010. Land covers change detection in the range of wetland Bamdej using landscape approach. Journal of marine science and technology, 9(1):51-61

Madjnoonian H. 2012. An introduction to conservation and management of wetlands. Zafaran press. Alborz, Iran.348p

Mitsch WJ. and Gosselink JG. 2000. Wetlands. 3rd Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY. 936p

Ndubisi F. 2002. Ecological Planning: historical and comparative synthesis. The John Hopkins University Press. Maryland, USA. 287p

O'Neill RV., Hunsaker CT. Jones KB. Riitters KH. Wickham JD. Schwartz PM. and Baillargeon WS. 1997. Monitoring environmental quality at the landscape scale. Bioscience. 47(8): 513-519.

Rapport DJ. 1995. Ecosystem health: an emerging integrative science. In Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer Berlin Heidelberg. 5-31p.

Roy DP., Wulder M A. Loveland TR. Woodcock CE. Allen RG. Anderson MC. and Scambos TA. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sensing of Environment. 145:154-172.

Rutledge DT. 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? Wellington: Department of Conservation.p23-30.

Turner BL., Meyer WB. and Skole DL. 1994. Global land-use/land-cover change: towards an integrated study. Ambio, Stockholm. 23(1): 91-95.

Turner MG. Gardner RH. and O'Neill RV. 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer-Verlag. New York, USA. 350p

Uuemaa E., Mander Ü. and Marja R. 2013. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators. A review. Ecol. Indic. 28:100-106.
Xiao J., Shen Y. Ge J. and et al. 2006. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang China, by using GIS and remote sensing. Landscape and Urban Planning. 75:69–80. doi:10.1016/j.landurbplan.2004.12.005.
Yang X. and Liu Z. 2005.Quantifying landscape pattern and its change in an estuarine watershed using satellite imagery and landscape metrics. Remote sensing. ISSN 0143-1161.
Yavari A., and Bahrainy H. 2001. Land use planning, Using simple capability zoning method. Environmental studies. 27(27): 79-97.
Zhou Q., Li B. and Kurban A. 2008. Trajectory analysis of land cover change in arid environment of China. International Journal of Remote Sensing. 29(4): 1093-1107.

Monitoring Land cover/Land use changes in Coastal Zone of Khuzestan Plain

Ramin Alaie Roozbahani[1] *,Hamid reza Jafari[1], Gholamreza Nabi Bidhendi[2], Hassan Hoveidi[1]

1. Department of Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran
2. Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran

Abstract
The trend of development of human activities with the change and introduction of a variety of Land cover/use has transformed the structure of the land dramatically. Over the past few decades, the structure and cover pattern of land in the Khuzestan coastal zone has also not been immune to such changes. Therefore, monitoring the spatial combination and arrangement of Land cover/Land use and its changes in order to identify the current threats and opportunities is considered essential. The aim of this research is to monitor or the trend of changes in landscape mosaic in the coastal regions of Khuzestan Plain in response to the growth and development of human activities. In this research, Landsat images were used across two time series 2000 (Landsat 7 ETM+) and 2015 (Landsat 8- OLI) for extracting Land cover/Land use map. In order to monitor the trend of changes, four metrics of land appearance MNND, MPS, PLAND, and NP have been used. The obtained results indicated that the spatial combination and arrangement of the landscape in the studied region have found greater heterogeneity and complexity with fragmentation, attrition, and patches. Further, with the addition of two types of use including sugar cane cultivation and industry as well as fish farming basins along with the development of industrial construction units have caused dramatic transformations in the land structure in terms of combination, continuity, and extension of valuable ecological patterns. Riparian forests with increase in the number of patches and 50% reduction in the PLAND metrics and wetlands with increase of 58% of NP metrics and 71% in MMND metrics in these regions with the maximum level of fragmentation are the most vulnerable environmental patterns of coastal regions.

Keywords: Coastal zone, Land mosaic, Landscape change, Metrics, Monitoring.

List of tables & figures

Table 1. properties of satellite imagery used for land cover / land use in Khuzestan coastal zone
Table 2. properties of training areas and design of image classification classes
Table 3: Features of metrics used to monitor changes in study area
Table 4. Metrics values by year and land cover / land use class
Figure 1. Landsat 8 OLI (2015) Satellite Image with Correction and Band Composition (2-5-7)
Figure 2. Map of land cover and land use in Khuzestan coastal areas in 1990 and 2015

* Corresponding author, Email:r.roozbahani@ut.ac.ir