سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال پنجم / شماره ۱) بهار ۱۳۹۳
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیرهٔ مارکف (مطالعهٔ موردی: سواحل میانی استان بوشهر)

مهدی غلامعلی‌فرد[1*]، محسن میرزایی، شریف جورابیان شوشتری[2]

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

اراضی ساحلی استان بوشهر به علت موقعیت ویژه در صادرات و واردات دریایی، وجود ذخایر نفت و گاز، کشاورزی، وجود نیروگاه هسته‌ای، شرایط مناسب صید و صیادی و جاذبه‌های گردشگری از اهمیت راهبردی و اقتصادی بالایی برخوردار است. از این رو می‌بایست از روش‌های نوین جهت پایش و مدل‌سازی تغییرات در این مناطق استفاده نمود. هدف از این مطالعه، پایش و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در یک دوره ۲۳ ساله (۱۳۶۷-۱۳۹۰) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکف در محیط اکستنشن مدل‌ساز تغییرات اراضی (LCM) می‌باشد. بدین منظور از هفت متغیر، سه زیرمدل و دوره واسنجی ۱۳۷۹-۱۳۸٤ جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ استفاده گردید. پس از ارزیابی صحت مدل با استفاده از آماره کاپا، نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۹۵ با استفاده از دوره واسنجی ۱۳۹۰-۱۳۸٤ پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که در طول دوره مطالعه، تغییرات شدید از اراضی باز به اراضی کشاورزی و رهاسازی زمین‌های کشاورزی در منطقه مشاهده گردید. از سال ۱۳٦۷ تا ۱۳۸٤ به میزان ۱۹۷۱۵/۷٦ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی افزوده شده و بین سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۹۰ تنها ۱٤/٤۸٪ از کاربری کشاورزی بدون تغییر مانده است و وسعت زیادی از کشاورزی رهاسازی شده است. از دیگر نتایج این تحقیقی توسعه زیاد کاربری شهری (۱۷۷٦۰/۳۳ هکتار) است. در این مطالعه LCM توانست ۰/۷٦ از تغییرات را بدرستی پیش‌بینی نماید. به طوری که در سال ۱۳۹۵ به میزان ۱۲۰۰۰ هکتار افزایش وسعت در توسعه شهری منطقه پیش‌بینی شده است.

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ۱۸ فروردین ۱۳۹۲
پذیرش: ۹ آذر ۱۳۹۲
دسترسی اینترنتی: ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۳

واژه‌های کلیدی:
پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی
سنجش از دور
شبکه عصبی مصنوعی
زنجیره مارکف
سواحل استان بوشهر

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: m.gholamalifard@modares.ac.ir

مقدمه

مناطق ساحلی نواحی پویایی از عملکرد متقابل زمین، آب و اتمسفر هستند که در عین حال تحت تأثیر تغییرات دائم طبیعی و تداخلات انسان قرار دارند (٦). محیط زیست ساحلی و دریایی همواره به منزلهٔ یک اکوسیستم پویا و پناهگاه موجودات متنوعی است، همچنین از جمله حساس‌ترین اکوسیستم کره خاکی است که به علت وجود این منابع ارزنده اقتصادی همواره مورد توجه کارشناسان و دانشمندان علوم زیستی قرار گرفته است (۱).

بشر به رغم اهمیت و استفاده‌هایی که از مناطق ساحلی داشته، همواره آسیب‌هایی را برای این مناطق به وجود آورده، که یکی از این موارد تخریب پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش فرسایش در حوضه‌های آبخیز مجاور و نیز مشکلات زیادی از جمله رسوب‌گرفتگی لنگرگاه‌ها و آسیب به موجودات زنده می‌باشد (۹).

امروزه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی با گسترش سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در قالب مدل‌ها به طور فزاینده‌ای در مدیریت مناطق ساحلی به کار گرفته می‌شوند و ماهواره‌های سنجش از دور رایج‌ترین منبع داده جهت تشخیص، کمی‌سازی و نقشه‌سازی الگوهای تغییرات کاربری اراضی می‌باشند (٤). از آنجا که سطح زمین به خودی خود یک سیستم پیچیده است، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرآیند پیچیده که حاکی از دخالت انواع متغیرها می‌باشد. باید در نظر داشت آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی نمایش داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی را ارائه نماید (۵ و۱۲).

مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی رویه‌ای است که در آن با استخراج الگوی تغییراتی که تاکنون در منطقه رخ داده، متغیرهای اثرگذار تعیین، مدل‌سازی و نهایتاً پیش‌بینی تغییرات منطقه صورت می‌گیرد (۱۸). مدل‌های تغییرات کاربری اراضی ابزارهایی برای آنالیز دلایل و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی به منظور درک بهتر عملکرد سیستم‌های کاربری اراضی، مدیریت کاربری اراضی و شناسایی زون‌های حساس می‌باشند و می‌توانند تغییرات پوشش اراضی را در آینده با توجه به سناریوهای مختلف شناسایی کنند (١٤). مطالعات نشان داده مدل‌های رایجی که تاکنون جهت پیش‌بینی تغییرات از جمله تغییرات کاربری اراضی استفاده شده، دارای مزایا و معایبی می‌باشند. برای مثال GEOMOD فقط تغییرات از یک کاربری به کاربری دیگر را مدل‌سازی می‌کند (۷) و SLEUTH به رغم مزایایی که دارد برای ورود متغیرها دارای محدودیت بوده و همچنین تحت سیستم عامل UNIX اجرا می‌گردد (۱۷). از طرفی دیگر مدل‌ساز تغییر اراضی (Land Change Modeler; LCM) مدلی می‌باشد که تحت ویندوز بوده و محدودیت خاصی برای ورود متغیرهای توصیفی نداشته و ضمن کاربرد آسان قابلیت‌های بیشتری را برای کاربر ایجاد می‌نماید.

مطالعات متعددی در زمینه شناسایی و مدل‌سازی تغییرات کاربری صورت گرفته است، خویی و موریاما (۱۰) از مدل‌ساز تغییرات اراضی (LCM) و شبکه عصبی مصنوعی جهت مدل‌سازی تغییرات جنگل در پارک ملی تام دائو (Tam Dao) استفاده کردند. از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ به عنوان ورودی مدل، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات سطح جنگل برای سال‌های ۲۰۱٤ و ۲۰۲۱ استفاده نمودند.

نتایج این مطالعه نشان داد که سطح جنگل‌ها از ۱۸/۰۳٪ در ۲۰۰۷ به ۱۵/۱۰٪ در ۲۰۱٤ و ۱۲/٦٦٪ در ۲۰۲۱ کاهش خواهد یافت. در مطالعه‌ای واکلاویک و روگان (۲۲) از مدل‌ساز تغییرات اراضی (LCM) جهت آشکارسازی تغییرات منطقه الوموک (Olomouc) در جمهوری چک استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ٦٪ از جنگل مخلوط به جنگل پهن‌برگ تبدیل شده و ۳/۵٪ افزایش در مناطق مسکونی رخ داده است.

تاپا و موریاما (۲۱) از مدل‌ساز تغییرات اراضی (LCM) جهت مدل‌سازی توسعه شهر نپال استفاده کردند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ جهت مدل‌سازی سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰، ۲۰٤۰ و ۲۰۵۰ با استفاده از

سه سناریوی تاریخی، محیط زیستی و حفظ منابع را برای پیش‌بینی تغییرات بکار بردند.

پرز- وگا و همکاران (۱۵) از مدل‌ساز تغییرات اراضی (LCM) جهت مدل‌سازی تخریب و احیای جنگل‌های خزان‌کننده گرمسیری مکزیک استفاده کردند. آن‌ها مدل‌سازی پتانسیل انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیا، زیر مدل جنگل‌زدایی و زیر مدل اختلال به ترتیب به صحت ۵۹/۲٪، ۳۵/۲٪ و ۵۹/۶٪ دست یافتند.

استان بوشهر به علت قرار گرفتن در ساحل استراتژیک خلیج فارس، صادرات و واردات دریایی، وجود ذخایر نفت و گاز (پارس جنوبی و شمالی)، کشاورزی، نخلداری، وجود نیروگاه هسته‌ای، شرایط مناسب صید و صیادی و جاذبه‌های گردشگری از لحاظ سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و گردشگری از اهمیت راهبردی و اقتصادی بالایی برخوردار است، به گونه‌ای که پایتخت انرژی ایران لقب گرفته است. بنابراین مدیریت کاربری اراضی در چنین منطقه‌ای به مطالعه و ارزیابی‌های دقیقی نیاز دارد. در همین راستا تکنیک سنجش از دور می‌تواند با صرف وقت و هزینه کمی اطلاعات مناسبی از روند مدیریت گذشته و کنونی ارائه داده و راهکارهای مدیریتی مناسب را جهت بهبود مدیریت آینده منطقه ارائه دهد.

هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات کاربری اراضی در سواحل میانی استان بوشهر طی ۲۳ سال و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۵ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکف در محیط اکستنشن مدل‌ساز تغییرات اراضی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

استان بوشهر با وسعت ۲۳۱۶۷ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران و حاشیه خلیج فارس قرار دارد. این استان از شمال به خوزستان و کهکیلویه و بویراحمد، از جنوب شرقی به استان هرمزگان، از شرق به استان فارس و از جنوب و غرب با طول ۷٤٤/٤۹ کیلومتر مرز آبی به خلیج فارس محدود می‌شود (۱).

استان بوشهر دارای آب و هوای گرم است که در داخل استان گرم و خشک و در سواحل گرم و مرطوب است. میانگین بارش سالانه استان ۲۲۰ میلی‌متر است. منطقهٔ مورد مطالعه با وسعت ۷۱٦۳ کیلومتر مربع در سواحل میانی این استان و دربرگیرنده شهرهای بوشهر، اهرم، خورموج، سعدآباد، برازجان و بندر ریگ می‌باشد.

این منطقه در مختصات جغرافیایی ″۱۵ ′۳۰ °۵۰ تا ″٤۵ ′۳۲ °۵۱ طول شرقی و ″۰۷ ′۳۸ °۲۸ تا ″٤۲ ′۲۹ °۲۹ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر سنجنده‌های TM و ETM^+ ماهواره LandSat (مرحله ۱ در شکل ۲) و نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شد. با توجه به ماهیت بررسی داده‌های کیفی پوشش سرزمین در تحقیق حاضر و عدم تغییر پوشش سرزمین در زمان‌های کوتاه، نزدیک‌ترین تصاویر برداشت‌شده به دوره‌های زمانی مورد نظر انتخاب شده و مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

تهیه نقشه کاربری اراضی

داده‌های ماهوارهای در مرحله تصحیح هندسی (Geometric Correction) با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مورد تصحیح قرار گرفتند و همچنین تصحیح اتمسفری انجام و تصاویر مورد استفاده Orthorectified شد.

جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره LandSat سنجنده‌های TM و ETM^+ (۱۳٦۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸٤ و ۱۳۹۰) استفاده شد. از آنجایی که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام‌های خاکستری می‌باشد، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳٤ تولید گردید (۱۰).

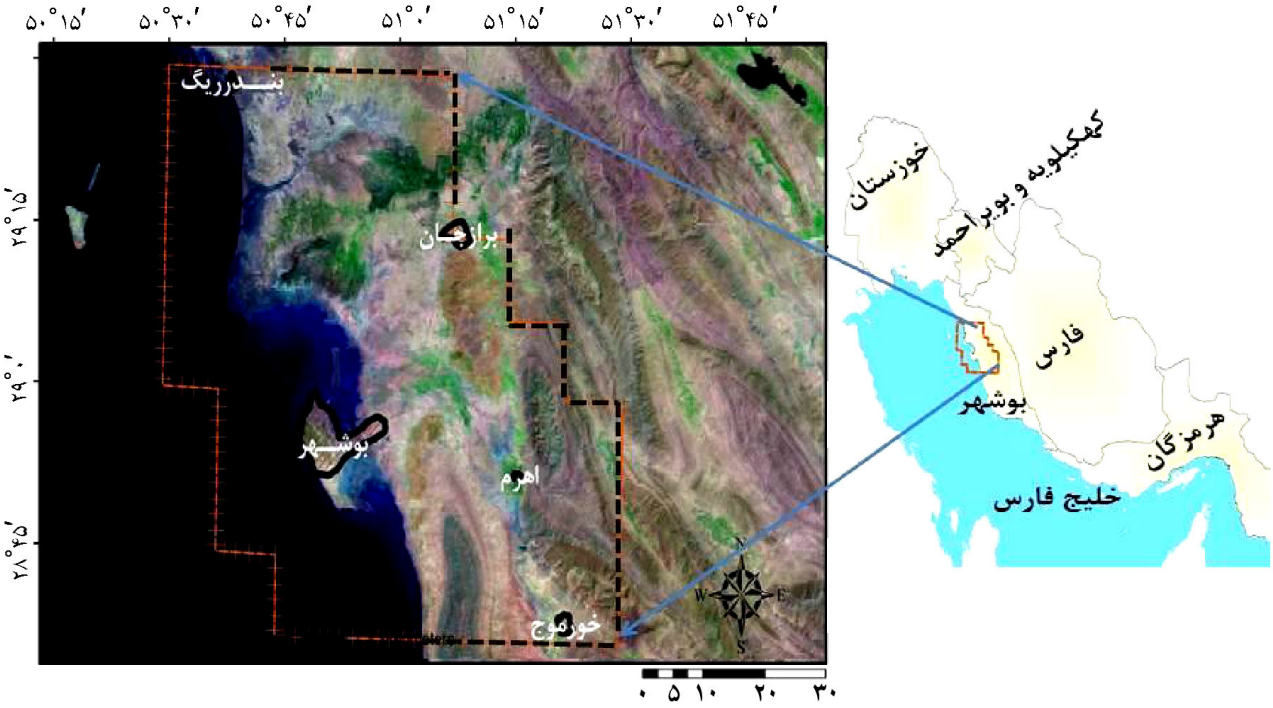
این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تهیه نقشه‌های

پوشش اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام یک طبقه‌بندی نظارت‌شده تعریف مناطقی است که به عنوان نمونه‌های تعلیمی در هر کلاس می‌باشد (۸). برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه-برداری کشور نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف گردید.

شش کلاس کاربری اراضی شامل جنگل، کشاورزی، توسعه شهری، مناطق کم‌عمق دریا، مناطق عمیق دریا، و اراضی باز و صخره‌ای در منطقه مشخص گردید. سپس ۱۰۰۰ نمونهٔ تعلیمی با توجه به وسعت منطقه به شیوه رقومی‌کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند (۸). در نهایت از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) استفاده شد (۱۹) و به منظور حذف قطعات کوچک و ساده‌سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها از فیلتر مد (Mode) استفاده گردید.

مدل‌ساز تغییر اراضی (LCM)

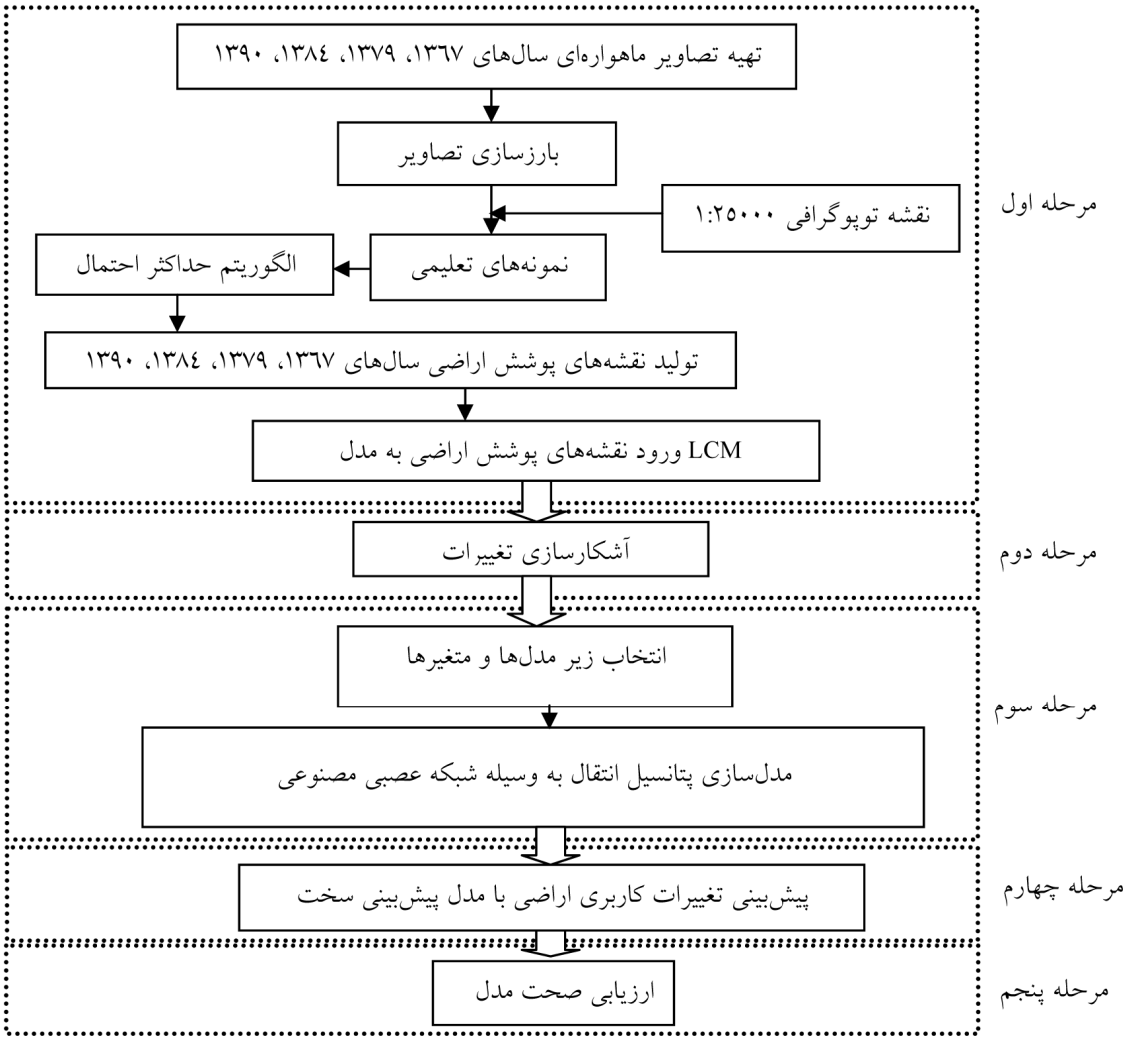
مدل‌ساز تغییر اراضی، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مراحل مدل‌سازی LCM در چهار مرحله صورت می‌گیرد آشکارسازی تغییرات، مدل‌سازی پتانسیل انتقال، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی صحت مدل‌سازی LCM به صورت برنامه عمودی (Vertical Application) درون سامانه نرم‌افزاری Idrisi®Taiga وجود داشته، همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار ArcGIS®9.3 نیز در دسترس می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

جدول۱. شماره گذر، ردیف و تاریخ فریم‌های استفاده‌شده در تحقیق

دوره زمانی	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	شماره فریم
۱۳٦۷	۱۳٦۷/۰٦/۱۰	۱۹۹۰/۰۹/۰۱	۱٦٤/٤۰
	۱۳٦٦/۰۱/۲۲	۱۹۸۷/۰٤/۱۱	۱٦۳/٤۰
۱۳۷۹	۱۳۸۰/۰۱/۱۱	۲۰۰۱/۰۳/۳۱	۱٦٤/٤۰
	۱۳۷۹/۰۲/۰۳	۲۰۰۰/۰٤/۲۲	۱٦۳/٤۰
۱۳۸٤	۱۳۸٤/۰۱/۰٦	۲۰۰۵/۰۳/۲٦	۱٦٤/٤۰
	۱۳۸۳/۰۲/۱٤	۲۰۰٤/۰۵/۰۳	۱٦۳/٤۰
۱۳۹۰	۱۳۹۰/۰۲/۰۸	۲۰۱۱/۰٤/۲۸	۱٦٤/٤۰
	۱۳۹۰/۰٦/۲۱	۲۰۱۱/۰۹/۱۲	۱٦۳/٤۰



شکل۲. مراحل انجام تحقیق

آشکارسازی تغییرات

لازمه مدل‌سازی تغییرات کاربری، آشکارسازی میزان، موقعیت و روند تغییرات رخ داده در منطقه می‌باشد. در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، نقشه‌های کاربری سه دوره (دوره اول ۱۳۷۹-۱۳٦۷، دوره دوم ۱۳۸٤-۱۳۷۹، دوره سوم ۱۳۹۰-۱۳۸٤) دو به دو با هم مقایسه و تغییراتی که اتفاق افتاده مشخص گردید (۸). جهت آنالیز و آشکارسازی تغییرات منطقه نقشه کاربری اراضی وارد مدل LCM در محیط نرم‌افزار Idrisi®Taigaگردید (شکل ۲).

انتخاب متغیرها

این مرحله به شناسایی متغیرهای محرک که توانایی توصیف تغییرات اتفاق افتاده در منطقه را دارند می‌پردازد. در این تحقیق از متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از رودخانه (استخراج‌شده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور)، متغیر کیفی مناطق مسکونی و متغیر کیفی اراضی کشاورزی استفاده گردید. متغیرها با توجه به سایر مطالعات صورت گرفته در این زمینه (۱۱، ۱۳، ۲۰) و نیز با توجه به ضریب همبستگی کرامر، انتخاب شد.

جهت ارزیابی میزان اثرگذاری متغیرهای مختلف (به عنوان متغیر مستقل) بروی موقعیت‌هایی که در آن‌ها تغییر مشاهده شده (به عنوان متغیر وابسته) از ضریب همبستگی کرامر استفاده شد. بدین منظور لایه‌های فاصله از متغیرهای فوق تولید و اثرگذاری این متغیرها با تغییرات رخ داده در هر زیر مدل به طور جداگانه ارزیابی شد (شکل ۲).

برای استفاده از متغیرهای کیفی بدین صورت عمل شد که نقشه انتقال از کل کاربری‌ها (All) به اراضی کشاورزی و نقشه انتقال از کل کاربری‌ها به مناطق مسکونی تولید و سپس با استفاده از ابزار تغییر شکل Evidence Likelihood و نقشه پوشش اراضی سال قدیمی‌تر در ورودی مدل متغیرهای کیفی تولید گردیدند (۸).

مدل‌سازی پتانسیل انتقال

مدل‌سازی پتانسیل انتقال تمایل هر یک از سلول‌های تصویر برای دریافت تغییر از یک نوع کاربری به نوعی دیگر با توجه به متغیرهای توضیحی (مثل شیب، نزدیکی به جاده) در یک دوره زمانی خاص را بیان می‌نماید. به عنوان مثال پتانسیل انتقال از اراضی باز و صخره‌ای به کاربری مسکونی را مطابق با روند و الگویی که تاکنون بر منطقه حاکم بوده است، نمایش می‌دهد. تغییر از هر کاربری به کاربری دیگر در قالب زیر مدل‌هایی تحت عنوان زیرمدل‌های انتقال معرفی می‌شوند. فرآیند انتخاب زیرمدل‌ها بر اساس چیرگی تغییرات اتفاق افتاده در منطقه و در سناریوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا سناریوهایی که دربردارنده زیرمدل‌هایی برای پیش‌بینی تغییرات هستند

با روش سعی و خطا انتخاب گردید و در نهایت سناریویی که بهترین توصیف را از تغییرات منطقه در دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ دارد به مرحله بعد برای پیش‌بینی تغییرات استفاده شد. در این تحقیق سه زیرمدل انتقال از اراضی باز و صخره‌ای به مناطق شهری، انتقال از اراضی باز و صخره‌ای به اراضی کشاورزی و انتقال از اراضی کشاورزی به مناطق شهری، جهت مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شد.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به نوع دیگر با استفاده از زنجیره مارکف محاسبه گردید. در مدل مارکف حالت سیستم در زمان ۲ می‌تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش‌بینی شود و در نتیجه از ماتریس احتمالات انتقال به عنوان پایه مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی استفاده گردید (۸). سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۰ با استفاده از سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸٤ و مدل پیش‌بینی سخت (Hard Prediction) انجام شد (۸ و ۱۰). در نهایت جهت پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی سال ۱۳۹۵ از نقشه‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۹۰ استفاده گردید.

ارزیابی صحت مدل

در این تحقیق از کاپای استاندارد (Kstandard)، جهت بررسی صحت مدل‌سازی استفاده شد. در این رویکرد درستی کل عبارت است از نسبت پیکسل‌های مشابه به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه. دامنه تغییرات نمایه توافق کاپا از ۱- تا ۱+ است و نشان‌دهنده درجه تشابه بین تصاویر می‌باشد. در صورتی که دو تصویر تشابه کامل داشته باشند، ضریب کاپا یک است و اگر هیچ پیکسلی ارزش ثابت در دو تصویر نداشته باشد، ضریب کاپا ۱- است (۱۶). رابطهٔ محاسبه KIA عبارت است از:

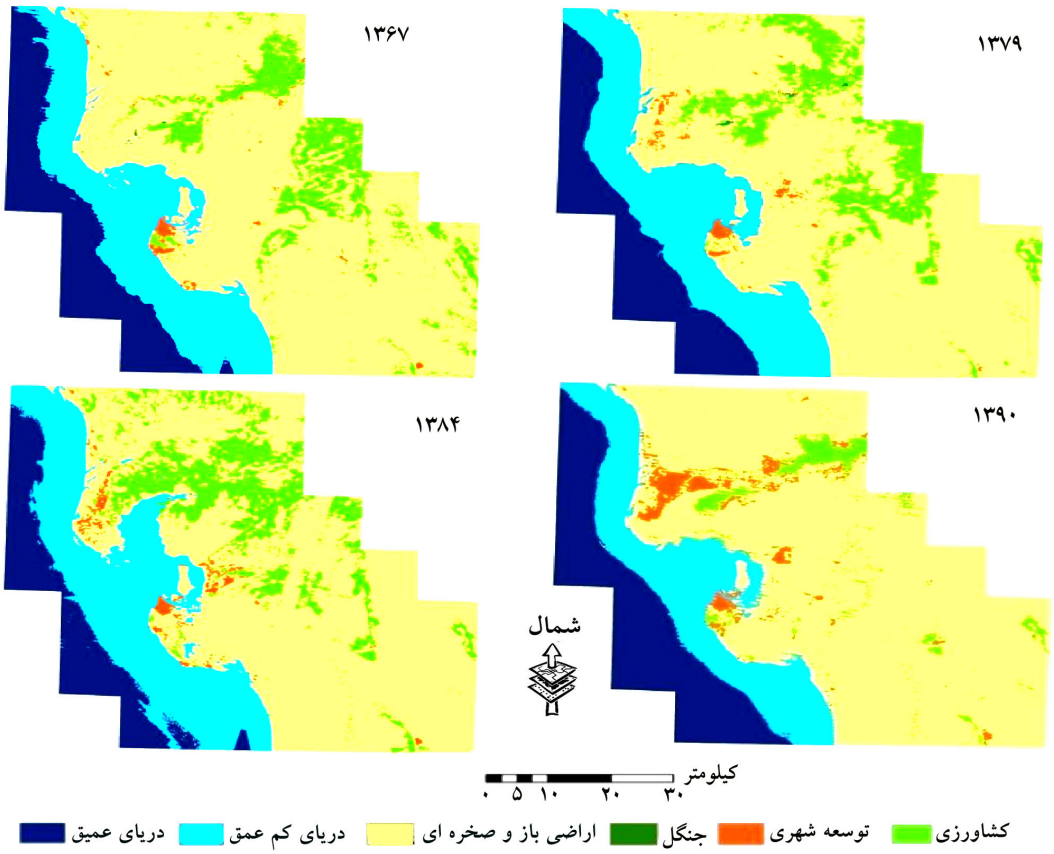
$$K_i = \frac{P_{ii} - P_{i.}P_{.i}}{P_{i.} - P_{i.}P_{.i}} \qquad [1]$$

در این رابطه؛ P_{ii} نسبت تصویر کل در طبقه i که در هر دو تاریخ بدون تغییر است، $P_{i.}$ نسبت تصویر کل در طبقه i در تصویر رفرنس (تاریخ اول) و $P_{.i}$ نسبت تصویر کل در طبقه i در تصویر غیر رفرنس (تاریخ دوم).

نتایج

طبقه‌بندی تصاویر

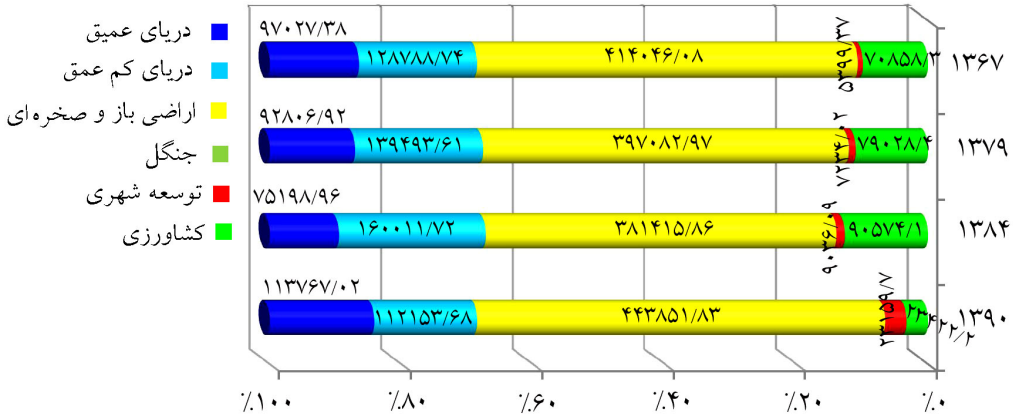
نتایج طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش طبقه‌بندی‌کننده حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) نشان‌دهنده، شش طبقهٔ کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه است. در شکل ۳ نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۰ آورده شده است.



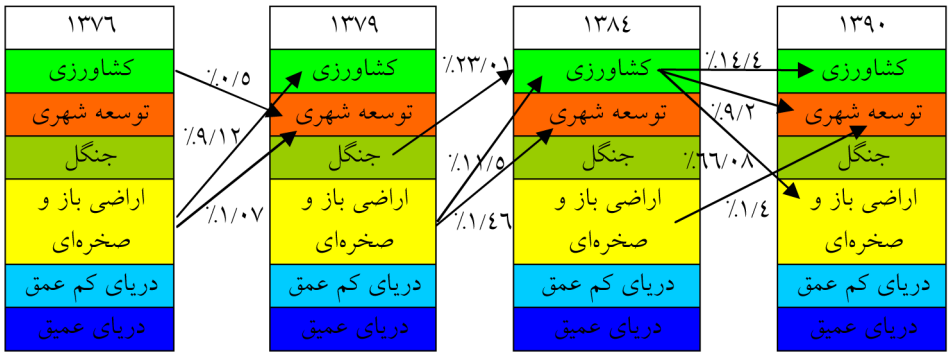
شکل۳. نقشه‌های پوشش اراضی در دوره‌های مطالعه

آشکارسازی تغییرات

نتایج تغییرات کاربری اراضی در طول سه دوره در محیط LCM نشان داد که در کل دوره بیشترین رشد در مناطق شهری رخ داده است و وسعت این مناطق از ۵۳۹۹/۳۷ هکتار در سال ۱۳٦۷ به ۲۳۱۵۹/۷ هکتار درسال ۱۳۹۰ افزایش یافته است (شکل ٤). طی دوره اول (۱۳٦۷تا ۱۳۷۹) به ترتیب ۱/۰۷ و ۰/۰۵٪ از اراضی باز و صخره‌ای و کشاورزی به مناطق شهری تبدیل شدند و در مجموع تبادلات در این دوره ٦۸۳٤ هکتار به وسعت مناطق شهری افزوده شده است. بیشترین تغییرات در دوره دوم (۱۳۷۹ تا ۱۳۸٤) مربوط به تغییر ۲۳/۰۱ و ۱۱/۵۹٪ از کاربری‌های جنگل و اراضی باز و صخره‌ای به کشاورزی و نیز تغییر ۱/٤٦٪ از اراضی باز و صخره‌ای به مناطق شهری بوده است. در طول دوره سوم کاهش قابل توجهی در اراضی کشاورزی رخ داده است به طوری که ۹/۲۳٪ از این اراضی به مناطق شهری و ٦٦٪ به اراضی باز و صخره‌ای تغییر یافتند و تنها ۱٤/٤۸٪ از اراضی کشاورزی بدون تغییر مانده‌اند، یکی دیگر از مشاهدات این دوره افزایش وسعت اراضی باز و صخره‌ای از ۳۸۱٤۱۵ هکتار در ابتدای دوره به ٤٤۳۸۵۱ هکتار در انتهای این دوره می‌باشد (شکل ۵).



شکل۴. درصد و وسعت کاربری‌ها به هکتار در دوره‌های مطالعه



شکل۵. مهم‌ترین تبادلات کاربری‌ها طی چهار دورهٔ زمانی

مدل‌سازی پتانسیل انتقال

جهت مدل‌سازی پتانسیل انتقال از پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. آنچه در ارزیابی شبکه عصبی جهت مدل‌سازی پتانسیل انتقال باید در نظر گرفته شود شامل سه فاکتور ارزیابی صحت، خطای آموزش و خطای تست می‌باشد که برای هر کدام از زیرمدل‌ها محاسبه گردید. نتایج در همه زیرمدل‌ها صحت بالایی (۷۸-۹٤٪) را نشان داد (جدول ۲).

جدول۲. ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی

زیر مدل	ارزیابی	خطای	خطای تست
اراضی باز و صخره‌ای به مناطق	٪۹۰/٦۳	۰/۱۸۸۱	۰/۱۸٤۱
اراضی باز و صخره‌ای به کشاورزی	٪۹٤/۲۳	۰/۱٥۹۰	۰/۱۷۹۰
اراضی کشاورزی به مناطق شهری	٪۷۸/۲۷	۰/۲۱۹۰	۰/۲۲۱٥

انتخاب متغیرها

به منظور انتخاب متغیرهای اثرگذار بر تغییرات کاربری اراضی از ضرایب کرامر (Overall Cramer's V) که میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد استفاده شد. در میان متغیرهای موجود، متغیر کیفی در زیرمدل کشاورزی (۰/۳۲۸۰) بیشترین تأثیر و متغیر شیب (۰/۰۰۹) کمترین اثرگذاری را بر الگوی تغییرات منطقه مطالعاتی داشته‌اند (جدول ۳).

جدول۳. ضرایب کرامر کاربری‌های و متغیرها

متغیر	ضریب Overall Cramer's V
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۱۳۲٤
فاصله از جاده‌ها	۰/۱۸٦۲
فاصله از کشاورزی	۰/۲۳٥۲
شیب	۰/۰۰۹
ارتفاع	۰/۱۱۹۲
متغیر کیفی در زیرمدل کشاورزی	۰/۳۲۸۰
متغیر کیفی در زیرمدل توسعه شهری	۰/۲۸۹٦

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

جهت تخصیص احتمال تغییر از یک کاربری در سال ۱۳۸٤ به کاربری دیگر در سال ۱۳۹۰ از زنجیره مارکف استفاده شد. در این میان بیشترین احتمال تغییر، متعلق به تغییر از کاربری کشاورزی به اراضی باز و صخره‌ای (۰/۷٦۲۱) بود (جدول ٤).

جدول۴. احتمال انتقال محاسبه‌شده با استفاده از زنجیره مارکف

		سال ۱۳۹۰					
		کشاورزی	توسعه شهری	جنگل	اراضی باز و صخره‌ای	دریای کم عمق	دریای عمیق
سال ۱۳۸٤	کشاورزی	۰/۱٤٤٦	۰/۰۹۳۰	۰/۰۰۰	۰/۷٦۲۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰
	توسعه شهری	۰/۰۰۱٥	۰/٤۲۳۹	۰/۰۰۰	۰/٥۷۳٥	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰
	جنگل	۰/۱٦۱٤	۰/۱۲۲٦	۰/۰۰۰	۰/٥٤٤۸	۰/۱۷۱۲	۰/۰۰۰
	اراضی باز و صخره‌ای	۰/۰۱۹۳	۰/۰۲۷۰	۰/۰۰۰	۰/۹٤۷۷	۰/۰۰٦۰	۰/۰۰۰
	دریای کم‌عمق	۰/۰۱۸٤	۰/۰۰۳٦	۰/۰۰۰	۰/۰٥۰۸	۰/٦۷۸۳	۰/۲٤۹۰
	دریای عمیق	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱٦۹	۰/۹۸۳۱

از نقشه‌های سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸٤ جهت پیش‌بینی کاربری اراضی در سال ۱۳۹۰ استفاده گردید و نقشه پیش‌بینی‌شده برای سال ۱۳۹۰ با نقشه واقعی این سال مقایسه گردید (شکل ٦). از مهم‌ترین تفاوت‌های این دو نقشه اختلاف در وسعت اراضی کشاورزی است به طوری که نقشه پیش‌بینی‌شده روند رو به رشد را برای این اراضی پیش‌بینی نموده (۹۰۵۷٤ هکتار)، ولی در نقشه واقعی وسعت این اراضی بسیار کمتر (۲۳٤۲۲ هکتار) می‌باشد. همچنین از نقشه‌های سال‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۹۰ برای پیش‌بینی کاربری در سال ۱۳۹۵ استفاده شد (شکل ۷).

ارزیابی صحت

شاخص KIA عموماً برای تعیین ارزیابی صحت، اعتبار مدل و تغییر استفاده می‌شود. مهم‌ترین انواع KIA عبارتند از کاپا استاندارد، کاپا برای مکان، کاپا برای کمیت، کاپا برای نبود اطلاعات. در تحقیق حاضر از کاپا استاندارد استفاده شده است. کاپای استاندارد (Kstandard)، صحت نسبی مشاهده شده به صحت نسبی مورد انتظار را بر اساس شانس مقایسه می‌کند. در مقایسه دو نقشه کیفی کاربری اراضی (پوشش اراضی ۱۳۹۰ واقعیت زمینی و ۱۳۹۰ پیش‌بینی‌شده (شکل ۵)، درستی کل عبارت است از نسبت پیکسل‌های مشابه به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه. به این ترتیب درستی کل که به درصد نیز بیان می‌گردد، میزان توافق و همخوانی دو تصویر را نشان می‌دهد. از کاپای استاندارد جهت بررسی صحت مدل‌سازی استفاده شد. نتایج حاصل از ارزیابی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۹۰ واقعیت زمینی و ۱۳۹۰ پیش‌بینی‌شده ۰/۷٦ به دست آمد.

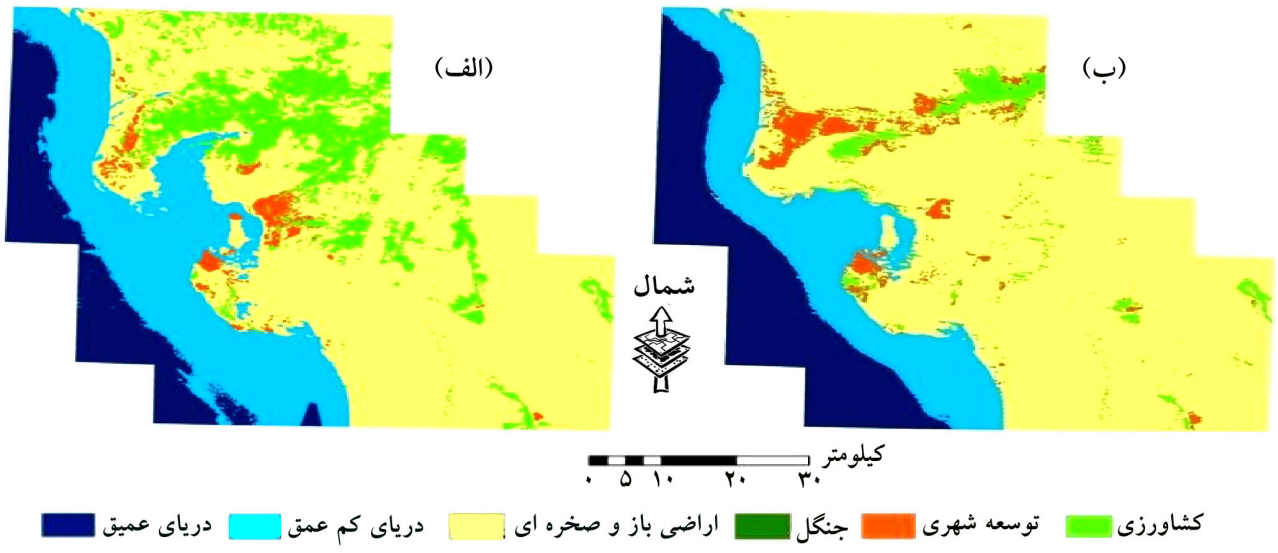
بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری سواحل میانی استان بوشهر پرداخته شد و در این راستا از شبکه عصبی مصنوعی جهت استخراج پتانسیل‌های انتقال و از زنجیره مارکف جهت تخصیص احتمال‌های تغییر استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که در منطقه مطالعاتی از سال ۱۳٦۷ اراضی کشاورزی رشد چشمگیری داشته‌اند و تا سال ۱۳۸٤ در مجموع ۱۹۷۱۵ هکتار به وسعت این اراضی افزوده شده است. عمده تغییرات حاصل از تبدیل اراضی باز و صخره‌ای به کشاورزی بوده است. اما در دوره سوم (۱۳۸٤ تا۱۳۹۰) روند افزایش در اراضی کشاورزی متوقف و وسعت این کاربری به شدت کاهش یافته است (٦۷۱۵۱ هکتار). پهنه وسیعی از اراضی کشاورزی به اراضی بایر (٦٦٪) و سهم دیگری از این اراضی به مناطق شهری (۹/۲۸٪) تبدیل گشته‌اند. بنابراین این امر بیانگر مدیریت نامتعادل صنعت کشاورزی این منطقه می‌باشد. به هر حال در کل دوره ۲۳ ساله مورد مطالعه (۱۳۹۰-۱۳٦۷) مساحت قابل توجهی از اراضی به کاربری کشاوزی تبدیل و پس از آن رهاسازی شده‌اند. علاوه بر این نتایج حاکی از آن است که بیشترین تغییرات کاربری در دوره سوم اتفاق افتاده و توسعه شهری در این دوره به حداکثر میزان خود رسیده است (۱۳۱۵۹ هکتار). در تحقیقی که توسط نعیمی نظام آبادی و همکاران (۳) در سواحل خلیج فارس صورت پذیرفت، گسترش فعالیت‌های صنعتی در سواحل جنوب ایران موجب شده که بخش‌هایی از لندفرم‌های ساحلی نابود گردد و تغییرات قابل توجهی در خط ساحلی ایجاد شود. همچنین سواحل شمالی خلیج فارس به دلیل دارا بودن ذخایر نفتی و گازی و نیز ارتباط با آب‌های آزاد بیشتر از سایر سواحل ایران دستخوش تحولات شدید ژئومورفولوژیکی گردیده‌اند. آنچه موجب ایجاد نگرانی بیشتری می‌گردد تغییر اراضی باز و صخره‌ای به اراضی کشاورزی و سپس رهاسازی این اراضی است. از علل این امر می‌توان به کاهش ٤۰ درصدی در میانگین بارندگی در طول ۳۰ سال گذشته، پایین آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و نیز نامناسب بودن مدیریت و سیاست‌گذاری‌ها در جهت حمایت از کشاورزان در منطقه را ذکر نمود. در زمین‌های رهاشده، دانه‌بندی، بافت و ذرات موجود در خاک تغییر می‌کند و موجب افزایش فرسایش‌پذیری در بالادست و رسوب‌گذاری در پایین‌دست خواهد شد، در تأیید این موضوع نعیمی نظام آبادی و همکاران (۳) اظهار

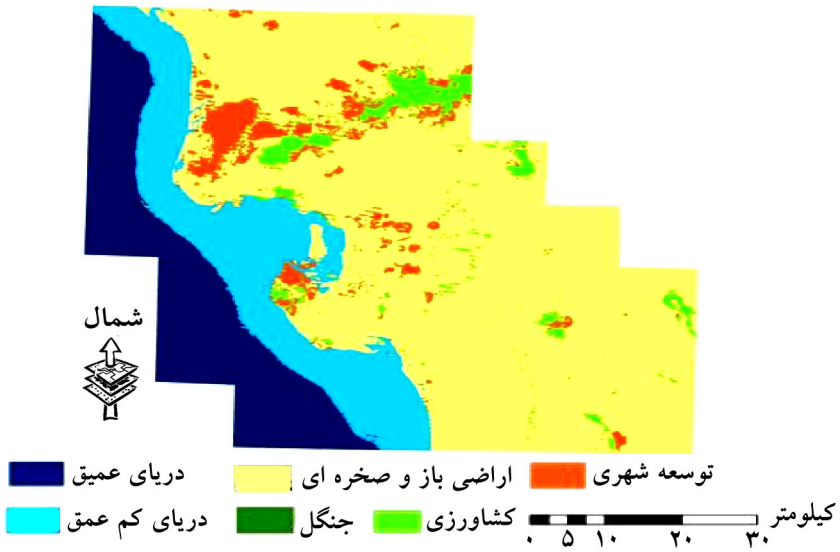
داشتند، در طی ۱۶ سال اخیر میزان رسوب‌گذاری در این مناطق به میزان ۵۰٪ افزایش یافته است. افزایش توسعه شهری که در تمام دوره‌های مورد مطالعه چشمگیر است، رابطهٔ مستقیمی با افزایش سطوح غیرقابل نفوذ دارد و این نیز موجب تشدید فرآیند فوق خواهد شد. در این زمینه غلامی‌نیا (۲) بیان داشت در وضع کنونی شهر بوشهر، تعادلی بین کاربری‌ها وجود ندارد و توسعه‌هایی مانند نیروی هوایی و دریایی و استقرار نیروگاه اتمی در کنار شهر بوشهر موجب افزایش ساخت و سازها و در نتیجه تشدید سطح غیرقابل نفوذ شده است. نکته قابل توجه در این مطالعه ادامه روند رشد توسعه شهری برای سال‌های آتی است، به طوری که مساحت این اراضی در سال ۱۳۹۵ به ۳۵۱۶۰ هکتار رسیده است و باید به دنبال راهکاری مناسب جهت مدیریت این اراضی بود.

نتایج ارزیابی مدل‌سازی با استفاده از آماره کاپا برای سال ۱۳۹۰ برابر با ۰/۷۶ بود. اراضی کشاورزی عمده‌ترین تفاوت را در نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۱۳۹۰ در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی این سال داشتند. در توضیح این تفاوت می‌توان به این نکته اشاره کرد که روند تغییرات طی دوره واسنجی (۱۳۷۹–۱۳۸٤) نسبت به دوره پیش‌بینی (۱۳۸٤–۱۳۹۰) متفاوت بوده و در این میان متغیرهای کیفی تأثیرگذار دیگری وجود داشته‌اند که در مدل وارد نشده‌اند، از جمله این متغیرها می‌توان ارزش‌های فرهنگی، رفتارهای شخصی، برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و سیاست‌های حمایت از کشاورزان را نامبرد.

در حال حاضر مطالعات برای برنامه‌ریزی روی لندفرم‌ها، چشم‌اندازها و کاربری اراضی در کلیه سطوح ملی، منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی یکی از اهرم‌های توسعه پایدار محسوب می‌شود. با توجه به این پایش و مدل‌سازی تغییرات و درک نسبی از کاربری زمین در سال‌های آتی را می‌توان به عنوان زیربنای مطالعات برنامه‌ریزی سرزمین به ویژه در مناطق با اهمیت و حساسیت ساحلی محسوب نمود. این نواحی باید مورد توجه بیشتری باشند تا بتوان با آگاهی بیشتر نسبت به برنامه‌ریزی و مدیریت آن‌ها از نظر صنعتی، تجاری، مسکونی، زیست‌محیطی، جهانگردی و توریستی اقدام نمود و از بروز مشکلات زیست‌محیطی آینده، که حاصل تغییرات کاربری اراضی است جلوگیری نمود.



شکل۶. نقشه واقعیت زمینی (الف) در مقایسه با نقشه پیش‌بینی‌شده (ب) سال ۱۳۹۰



شکل۷. نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۱۳۹۵

سپاسگزاری و قدردانی

نگارش حاضر بخشی از نتایج طرح پژوهشی مابین اداره کل حفاظت محیط زیست استان بوشهر (کارفرما) و جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف (مشاور) به شماره قرارداد ۱۲۲-۱۱۸۵٤ مورخ ۱۳۸۸/۱۰/۲ می‌باشد. بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی از آقایان مهندس حسین دلشب، مهندس حسین معین، مهندس مهران فقیه، دکتر علی بالی و دکتر خویی به دلیل فراهم نمودن زمینه و بستر لازم برای انجام این پژوهش علمی و کاربردی ابراز می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. شریفی‌پور، ر.، ا. دانه‌کار و ج. نوری. ۱۳۸۷. ارزیابی حساسیت زیست‌محیطی سواحل شمالی خلیج فارس با توجه به ارزش‌های حفاظتی و کانون‌های آلوده‌ساز. محیط‌شناسی، ۳٤(٤۸): ۸۹-۱۰۲.

۲. غلامی‌نیا، ع. ۱۳۸۷. تحلیل فضایی کاربری اراضی شهر بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان. رشته جغرافیای انسانی. ۲٦٤ صفحه.

۳. نعیمی‌نظام‌آباد، ع.، م. قهرودی تالی و م. ثروتی. ۱۳۸۹. پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ساحلی عسلویه). فضای جغرافیایی، ۱۰(۳۰): ٤۵-٦۱.

4. Abd El-Kawy O, Rød J, Ismail H, Suliman A. 2011. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied Geography, 31(2):483-494.
5. Bakr N, Weindorf D, Bahnassy M, Marei S, El-Badawi M. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. Applied Geography, 30(4):592-605.
6. Beatley T, Brower D, Schwab AK. 2002. An introduction to coastal zone management. Island Press, 329 p.
7. Dushku A, Brown S. 2003. Spatial modeling of baselines for LULUCF carbon projects: the GEOMOD modeling approach. In: 2003 International Conference on Topical Forests and Climate Change:" Carbon Sequestration and the Clean Development Mechanism, 45 p.
8. Eastman JR. 2006. IDRISI Andes guide to GIS and image processing. Clark University, Worcester: 87-131.
9. Huang J, Pontius Jr RG, Li Q, Zhang Y. 2012. Use of intensity analysis to link patterns with processes of land change from 1986 to 2007 in a coastal watershed of southeast China. Applied Geography, 34:371-384.
10. Khoi DD, Murayama Y. 2010. Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. Remote Sensing, 2(5):1249-1272.
11. Linkie M, Smith RJ, Leader-Williams N. 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. Biodiversity & Conservation, 13(10):1809-1818.
12. Mendoza ME, Granados EL, Geneletti D, Pérez-Salicrup DR, Salinas V. 2011. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003). Applied Geography, 31(1):237-250.

13. Mertens B, Lambin EF. 1997. Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. Applied Geography, 17(2):143-162.
14. Olaniyi A, Abdullah A, Ramli M, Alias M. 2012. Assessment of drivers of coastal land use change in Malaysia. Ocean & Coastal Management, 67:113-123.
15. Pérez-Vega A, Mas JF, Ligmann-Zielinska A. 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. Environmental Modelling & Software, 29(1):11-23.
16. Pontius RG. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66(8):1011-1016.
17. Rafiee R, Mahiny AS, Khorasani N, Darvishsefat AA, Danekar A. 2009. Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). Cities, 26(1):19-26.
18. Sangermano F, Toledano J, Eastman JR. 2012. Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD^{+} and endemic biodiversity. Landscape ecology, 27(4):571-584.
19. Schulz JJ, Cayuela L, Echeverria C, Salas J, Rey Benayas JM. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). Applied Geography, 30(3):436-447.
20. Schulz JJ, Cayuela L, Rey‐Benayas JM, Schröder B. 2011. Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975-2008). Applied Vegetation Science, 14(4):571-582.
21. Thapa RB, Murayama Y. 2011. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. Computers, Environment and Urban Systems, 35(1):25-34.
22. Václavík T, Rogan J. 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. GIScience & Remote Sensing, 46(1):54-76.

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 5/ Issue 1) Spring 2014
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

Land use change modeling using artificial neural network and markov chain (Case study: Middle Coastal of Bushehr Province)

M. Gholamalifard [1*], M. Mirzayi, Sh. Joorabian Shooshtari [2]

1. Assis. Prof. College of Natural Resources, Tarbiat Modares University
2. MSc. Graduated of Environment, College of Natural Resources, Tarbiat Modares University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 7 April 2013
Accepted 30 November 2013
Available online 15 May 2014

Keywords:
Land cover change prediction
Remote sensing
Artificial neural networks
Markov chain
Coastal of Bushehr Province

ABSTRACT

Coastal lands of Bushehr Province has a high importance in terms of marine exporting and importing, oil and gas reserves, agriculture, nuclear plant, suitable condition for fishing and tourist attractions. Therefore new desirable methods for monitoring and modeling changes are required to be used in these areas. This study was performed with the aimed of monitoring and modeling land use changes using Artificial Neural Network (ANN) and Markov Chain in Land Change Modeler (LCM) in 23 years period (1990-2011). After model accuracy assessment using kappa coefficient, land cover map of the year 2016 was predicted by the 2006-2011 calibration period. The results indicated that two trends include changes from open lands to agricultural and then quitting these agricultural lands have been observed during the study period. Such that, the agricultural area has increased to 19715.76 hectares from 1990 to 2006,but between 2005 to 2011, only 14.48% of agricultural lands has remained unchanged and the large area of those were finally left. In this study, LCM was able to predict 0.76 of changes correctly. So that it was predicted 12000 hectares increasing of extent urban development in the coastal lands of Bushehr Province in 2016.

* Corresponding author e-mail address: m.gholamalifard@modares.ac.ir