

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS

مهدی غلامعلی فرد^{۱*}، شریف جوراییان شوشتی^۲، سید حمزه حسینی کهنوج^۳، محسن میرزایی^۴

۱- دانشجوی دکترا و بورسیه هیأت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. sharif_shooshtari@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. s.hamzeh.hossaini@gmail.com

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. mohsenmirzayi27@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۳۱

چکیده

استان مازندران به دلیل واقع شدن در خط ساحلی دریای خزر و دارا بودن شرایط منحصر به فرد همواره در معرض توسعه و تغییرات بوده است. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می توان پایش و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی را به منظور مدیریت این استان حساس انجام داد. بنابراین این مطالعه با هدف مدل سازی تغییرات کاربری اراضی مناطق ساحلی استان مازندران با استفاده از LCM انجام شد. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat متعلق به سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ انجام شد. مدل سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی و ۸ متغیر انجام پذیرفت. تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکف محاسبه شد. سپس با استفاده از مدل پیش بینی سخت و دوره واسنجی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ مدل سازی برای سال ۱۳۹۰ صورت گرفت و برای ارزیابی صحت با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۰ مورد مقایسه قرار گرفت. در پایان نیز با استفاده از دوره واسنجی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ پوشش سرزمین سال ۱۳۹۵ پیش بینی شد. نتایج نشان داد در کل دوره مورد مطالعه، ۳۳۴۸۷ هکتار از وسعت جنگل کاسته و به ترتیب ۲۱۳۶۷ و ۱۳۱۵۵ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی اضافه شده است. نتایج مدل سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در اکثر زیر مدل ها صحت بالایی را نشان داد. خطای کل در مدل سازی برای سال ۱۳۹۰، ۱۲/۸۴٪ به دست آمد که نشان دهنده انطباق زیاد تصویر پیش بینی شده مدل با تصویر واقعیت زمینی و قابل قبول بودن مدل است. نتایج مدل سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد، که مساحت کاربری جنگل و اراضی باز در این سال نسبت به ۱۳۹۰ کاهش و کاربری کشاورزی و مسکونی افزایش خواهند یافت.

کلید واژه

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی، LCM، شبکه عصبی مصنوعی، سواحل استان مازندران

سر آغاز

وجود آورده است. از سویی امروزه سامانه های اطلاعات جغرافیایی با گسترش سامانه های پشتیبان تصمیم گیری در قالب مدل ها به طور فزاینده ای در مدیریت مناطق ساحلی به کار گرفته می شوند. همچنین ماهواره های سنجش از دور رایج ترین منبع داده برای تشخیص، کمی سازی و نقشه سازی الگوهای تغییرات کاربری اراضی هستند (Abd El-Kawy, et al., 2011). بنابراین آشکارسازی و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده های سنجش از دور در محیط GIS می تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی ارائه داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی را ارائه دهد (Bakr, et al., 2010; Mendoza, et al., 2011).

بارورترین اکوسیستم های دریایی معمولاً در محیط های ساحلی یافت می شوند و باروری و تنوع آنها مرهون مجاورت خشکی است. امروزه طبق برخی تخمین ها حدود بیش از ۴۰٪ از جمعیت بشری زمین در ناحیه ساحلی، یا در نزدیکی آن سکونت دارند (Carter, 1998). به رغم اهمیت و استفاده هایی که مناطق ساحلی داشته است، بشر همواره آسیب هایی را برای این مناطق به وجود آورده، که یکی از این موارد تخریب پوشش گیاهی و در نتیجه ایجاد افزایش فرسایش در حوضه های آبخیز مجاور و در نتیجه مشکلات زیادی (از جمله رسوب گرفتگی لنگرگاهها و آسیب به موجودات زنده) را به

توانایی ذهن بشر برای تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و گرفتن تصمیمات آگاهانه ترند (Verburg, et al., 2004).

Khoi و Murayama (2010) از مدل ساز تغییر سرزمین و شبکه عصبی مصنوعی برای مدل سازی تغییرات جنگل در پارک ملی Tam Dao استفاده کردند. از تصاویر ماهواره ای مربوط به سالهای ۱۹۹۳، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ به عنوان ورودی مدل، آشکارسازی و پیش بینی تغییرات سطح جنگل برای سالهای ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ بهره جستند. نتایج آنها نشان داد جنگل اولیه از ۱۸/۰۳٪ در ۲۰۰۷ به ۱۵/۱۰٪ در ۲۰۱۴ و ۱۲/۶۶٪ در ۲۰۲۱ کاهش خواهد یافت.

Thapa و Murayama (2011) از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) برای مدل سازی توسعه شهر نپال استفاده کردند. آنها از تصاویر ماهواره ای ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ برای مدل سازی سالهای ۲۰۲۰، ۲۰۳۰، ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ با استفاده از سه سناریوی تاریخی، محیط زیستی و حفظ منابع کمک گرفتند. Perez-Vega و همکاران (2011) از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) برای مدل سازی تخریب و احیای جنگل های خزان کننده گرمسیری مکزیک بهره جستند. آنها مدل سازی نیروی انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیا، زیر مدل جنگل زدایی و زیر مدل اختلال به ترتیب به صحت ۵۹/۲٪، ۳۵/۲٪ و ۵۹/۶٪ دست یافتند. سفیانیان (۱۳۸۸) بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان را طی سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷ انجام داد. نتایج نشان داد که سطح زمین های کشاورزی تغییرات چشمگیری داشته است. همچنین زابری امیرانی و سفیانیان (۱۳۸۹) در مطالعه ای در اصفهان، به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداختند، نتایج آنها نشان داد رشد جمعیت عامل اصلی کاهش سطح پوشش گیاهی و افزایش کاربری مسکونی است. در کشور بر روی تغییرات اراضی ساحلی نیز تحقیقات محدودی صورت گرفته است اما کافی نیست، به طوری که نعیمی نظام آباد و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه ساحلی عسلویه پرداختند و نتایج آن نشان داد تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی، چرخه فرسایش و رسوب منطقه دچار تغییر چشمگیری شده بود. قزلسفی و علوی پناه (۱۳۸۹) سنجش از دور را ابزار مناسبی برای پایش تغییرات کاربری اراضی، ساحلی معرفی کردند. به هر حال با وجود اهمیت مناطق ساحلی در شمال و جنوب کشور ایران تاکنون تحقیقات جامعی بر روی مدل سازی و تغییرات کاربری این اراضی و تبعات حاصل از آن در سطح وسیع انجام نشده است. در همین راستا تحقیق حاضر با هدف مدل سازی

Ayad, (Coppin et al., 2004) با استفاده از داده های سنجش از دور، عکس های هوایی و مدل سازی رستری GIS ارزیابی تغییرات بصری چشم انداز را در منطقه ساحلی مصر انجام داد و بر اساس ۴ شاخص بصری تنوع پوشش گیاهی، فعالیت (درجه دست نخوردگی)، نزدیکی به سواحل و تغییرات توپوگرافیک، شاخص ترکیبی را به دست آورد و بر اساس آن سه گروه از منابع بصری را بر اساس طبیعی بودن شناسایی کرد. Wu و همکاران (2006) از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای بررسی تغییرات کاربری زمین در Beijing چین استفاده کردند. نتایج آنها مبین رشد قابل توجه کاربری شهری و کاهش مراتع طی سالهای ۱۹۸۶ و ۲۰۰۱ بوده است. تا به حال روش های مختلفی از الگوریتم های دیجیتالی برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از داده های سنجش از دور ایجاد شده اند. با وجود این دامنه گسترده، روشها به طور اساسی در دو طبقه وسیع خلاصه می شوند، آنهایی که آشکارسازی تغییرات را انجام می دهند و سپس طبقات را مشخص می کنند (پیش از طبقه بندی^۲) و آنهایی که اول طبقات را مشخص می کنند و سپس آشکارسازی تغییرات را انجام می دهند (پس از طبقه بندی^۳) (Van Oort, 2007).

تغییرات کاربری اراضی نتیجه برهمکنش پیچیده شاخص های فیزیکی، زیستی، اقتصادی و اجتماعی است. در اغلب موارد، این عوامل تأثیر زیادی روی فرایندهای فرسایشی، افزایش رواناب سطحی و تغییرات در تنوع زیستی دارند (Onate-Valdivieso and Abd El-Kawy, 2010). Sendra, 2010) و همکاران (2011) از مقایسه پس از طبقه بندی^۴ برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در غرب رود نیل استفاده کردند و برای تهیه نقشه های پوشش اراضی جدید و قدیمی از روش طبقه بندی نظارت شده و ۴ تصویر ماهواره Landsat استفاده کردند. Rogan و Vaclavik (2009) از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM^۵) برای آشکارسازی تغییرات منطقه Olomouc در جمهوری چک استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که ۶٪ از جنگل مخلوط به جنگل پهن برگ تبدیل شده و ۳/۵٪ افزایش در مناطق مسکونی رخ داده است. سطح زمین به خودی خود یک سیستم پیچیده است و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرایند پیچیده که حاکی از دخالت انواع متغیرهاست. معمولاً نقشه های موضوعی برای مدل سازی با استفاده از روش های سنجش از دور، پردازش تصویر و نرم افزارهای نقشه سازی به دست می آیند. به طور خلاصه، این مدل ها ابزارهایی مفیدند که تکمیل کننده

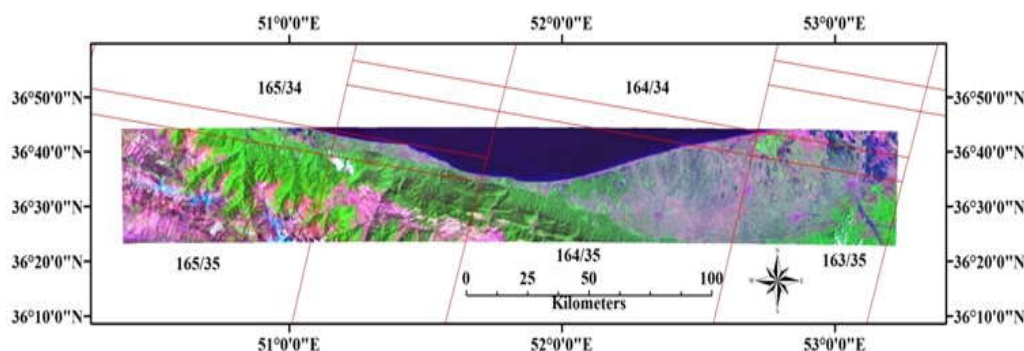
همسایه است. ضمن این که منطقه مورد مطالعه با مساحت ۹۸۲۰۳۳/۸۳ هکتار، در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه و ۵۲ ثانیه عرض شمالی واقع شده است (شکل شماره ۱). در این تحقیق از داده‌های سنجنش از دور شامل تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره Landsat و نقشه‌های توپوگرافی 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 برداشت شده به دوره‌های زمانی مورد نظر انتخاب شده و مورد استفاده قرار گرفتند (جدول شماره ۱).

تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران برای سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) در محیط GIS انجام شد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

مازندران با جمعیتی بیش از ۳ میلیون نفر و حدود ۴/۳ درصد جمعیت کشور از وسعتی معادل ۱/۴۶ درصد ایران برخوردار است. اما قرار گرفتن آن در ساحل جنوبی بزرگترین دریاچه جهان موسوم به «دریای خزر» یا «مازندران» و همجواری با چهار کشور ساحلی این دریا یعنی ترکمنستان، قزاقستان، روسیه و آذربایجان از یک سو و قرار گرفتن در شمال کلانشهر تهران سبب شده از موقعیت جغرافیایی راهبردی برخوردار شود. این استان از شرق با بندر گز، بندر کردکوی، گرگان و از غرب با رودسر، لاهیجان و لنگرود



شکل شماره (۱): منطقه مورد مطالعه (مناطق ساحلی استان مازندران) و فریم‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

جدول شماره (۱): شماره گذر، ردیف و تاریخ فریم‌های استفاده شده در تحقیق

شماره فریم	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	دوره زمانی
۱۶۳/۳۵	۱۹۸۷/۰۷/۱۴	۱۳۶۶/۰۳/۲۴	۱۳۶۷
۱۶۴/۳۴	۱۹۸۸/۰۹/۱۹	۱۳۶۷/۰۶/۲۸	
۱۶۴/۳۵	۱۹۸۸/۰۹/۱۹	۱۳۶۷/۰۶/۲۸	
۱۶۵/۳۴	۱۹۸۹/۰۵/۰۸	۱۳۶۸/۰۲/۱۸	
۱۶۵/۳۵	۱۹۸۷/۰۶/۲۸	۱۳۶۶/۰۴/۰۷	
۱۶۳/۳۵	۲۰۰۱/۰۷/۳۰	۱۳۷۹/۰۵/۰۸	۱۳۷۹
۱۶۴/۳۴	۲۰۰۰/۰۶/۱۶	۱۳۷۹/۰۳/۲۷	
۱۶۴/۳۵	۲۰۰۰/۰۷/۱۸	۱۳۷۹/۰۴/۲۸	
۱۶۵/۳۴	۲۰۰۰/۰۷/۲۵	۱۳۷۹/۰۵/۰۴	
۱۶۵/۳۵	۲۰۰۰/۰۷/۲۵	۱۳۷۹/۰۵/۰۴	
۱۶۳/۳۵	۲۰۰۶/۰۸/۲۹	۱۳۸۵/۰۶/۰۷	۱۳۸۵
۱۶۴/۳۴	۲۰۰۴/۰۳/۲۳	۱۳۸۳/۰۱/۰۴	
۱۶۴/۳۵	۲۰۰۶/۰۷/۱۹	۱۳۸۵/۰۴/۲۸	
۱۶۵/۳۴	۲۰۰۶/۰۷/۱۰	۱۳۸۵/۰۴/۱۹	
۱۶۵/۳۵	۲۰۰۶/۰۸/۱۱	۱۳۸۵/۰۵/۲۰	
۱۶۳/۳۵	۲۰۱۱/۱۰/۰۶	۱۳۹۰/۰۷/۱۴	۱۳۹۰
۱۶۴/۳۴	۲۰۱۱/۰۹/۱۱	۱۳۹۰/۰۶/۲۰	
۱۶۴/۳۵	۲۰۱۰/۰۶/۰۴	۱۳۸۹/۰۳/۱۴	
۱۶۵/۳۴	۲۰۱۰/۰۷/۲۹	۱۳۸۹/۰۵/۰۷	
۱۶۵/۳۵	۲۰۱۰/۱۰/۰۱	۱۳۸۹/۰۷/۰۹	

تهیه نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده‌های TM و ETM+ (۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ 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 است، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲ (سبز)، ۳ (قرمز)، ۴ (مادون قرمز نزدیک) تولید شد (Khoi and Murayama, 2010). این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت شده خوارزمیک حداکثر احتمال برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد.

اولین گام در انجام طبقه‌بندی نظارت شده تعریف مناطقی است که به عنوان نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (Eastman, 2006). برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده به وسیله سازمان نقشه‌برداری کشور نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شد. ۷ کلاس کاربری به صورت زیر: جنگل، کشاورزی، مناطق مسکونی، مناطق کم‌عمق دریا، مناطق عمیق دریا، تالاب/ منابع آبی و اراضی باز در منطقه مشخص شد. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه تولید و تفکیک شدند.

پس از مرحله تعیین نمونه‌های تعلیمی، نوبت به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌رسد که در تحقیق حاضر از روش طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال استفاده شد (Schulz, et al., 2010). به منظور حذف قطعات کوچک و ساده سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی از فیلتر Mode استفاده شد (شکل شماره ۲).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده بدین صورت انجام شده که برای تصویر سال ۱۳۹۰ در مجموع ۳۳۱ نقطه با استفاده از سیستم موقعیت یاب مکانی^۶ در منطقه زده شد و سپس این نقاط واقعیت زمینی با تصویر طبقه‌بندی شده مقایسه شدند و ضرایب کاپا برای هر طبقه و کاپای کلی محاسبه شد. ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ با استفاده از تفسیر بصری و نقاط کنترل زمینی که در طول زمان تغییر نکردند، محاسبه شد (به ترتیب ۳۱۷، ۳۲۱ و ۳۳۷ نقطه) (Schulz, et al., 2010).

آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت است. در این تحقیق نقشه‌های پوشش سرزمین سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹، ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ و ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰ برای تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات منطقه وارد مدل LCM شدند (شکل شماره ۲).

مدل ساز تغییر سرزمین، نرم افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم شناختی است که برای تشخیص مسئله مبهم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت برنامه عمودی^۷ درون سامانه نرم‌افزاری IDRISI وجود داشته، همچنین به صورت افزونه^۸ برای نرم‌افزار ArcGIS نیز در دسترس است.

مدل ساز تغییر سرزمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مراحل مدل سازی در ۴ مرحله صورت می‌گیرد (شکل شماره ۲):

(۱) بررسی تغییرات؛

(۲) مدل سازی نیروی انتقال؛

(۳) مدل سازی تغییرات کاربری اراضی؛

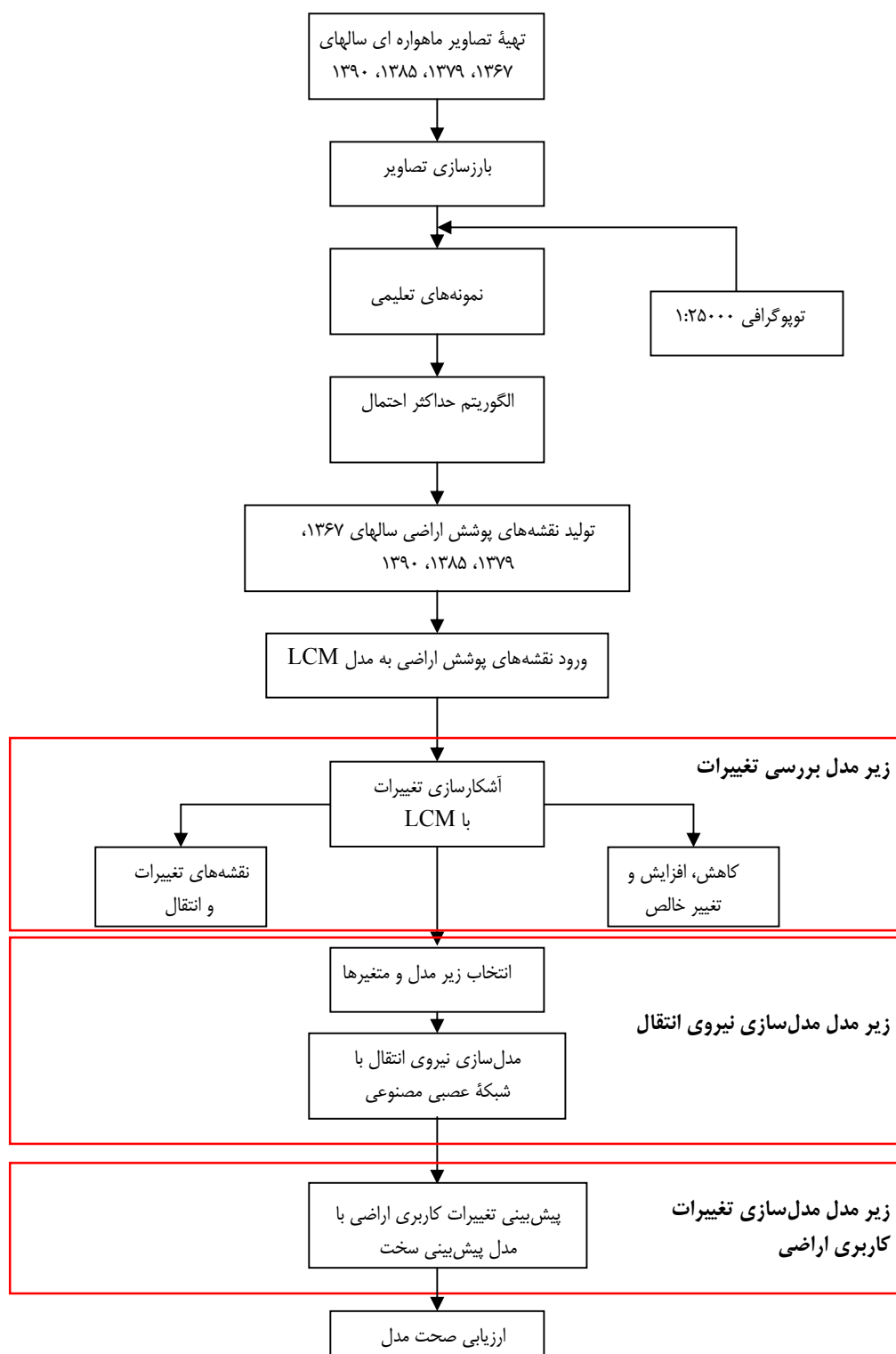
(۴) ارزیابی صحت مدل سازی.

در ضمن نرم‌افزار استفاده شده در تحقیق حاضر IDRISI

Taiga 16.05 است.

مدل سازی نیروی انتقال

در این بخش از مدل سازی، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل جنگل) به کاربری دیگر (نظیر کشاورزی) با توجه به متغیرهای توضیحی^۹ (مثل شیب، نزدیکی به جاده)، مدل می‌شود. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد. خروجی این قسمت، نقشه نیروی برای هر تغییر (مثلاً از کاربری جنگل به اراضی کشاورزی) خواهد بود. برای انتخاب زیر مدل‌هایی که بالاترین صحت را داشته باشند، ضروری است که مدل چندین مرتبه با سناریوهای مختلف اجرا شود. بعد از انجام این مرحله ۶ زیر مدل برای مدل سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شدند (شکل شماره ۲).



شکل شماره (۲): مراحل روش کار

زیر مدل‌ها عبارتند از:

- جنگل به اراضی کشاورزی،
- جنگل به مناطق مسکونی،
- اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی،
- اراضی باز به کاربری مسکونی،
- تالاب و منابع آبی به اراضی کشاورزی،
- اراضی باز به اراضی کشاورزی.

انتخاب متغیرها

متغیرهای استفاده شده در مدل عبارتند از:

- (۱) مدل رقومی ارتفاع،
- (۲) شیب،
- (۳) فاصله از مناطق مسکونی،
- (۴) فاصله از اراضی کشاورزی،
- (۵) فاصله از جنگل،
- (۶) فاصله از جاده،
- (۷) فاصله از رودخانه.

برای تعیین همبستگی بین متغیرهای مستقل و میزان تغییر (متغیر وابسته) از ضریب همبستگی کرامر استفاده شد. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، نزدیکی به جاده، شهر و حاشیه جنگل/غیرجنگل در جنوب کامرون متغیرهای مهمی در مدل‌سازی تغییرات جنگل گزارش شدند (Merten and Lambin, 1997). ارتفاع و نزدیکی به جاده نیز عوامل مهمی در تغییرات جنگل در زمین‌های کم‌ارتفاع سوماترا تشخیص داده شدند (Linkie, et al., 2004).

همچنین در مطالعه Schulz و همکاران (۲۰۱۱) شیب و نزدیکی به جاده‌های اصلی تأثیر معناداری را در تغییرات پوشش گیاهی در شیلی نشان دادند. بنابراین با توجه به مطالعات قبلی و ضریب همبستگی کرامر این متغیرها در تحقیق حاضر در نظر گرفته شدند. از نقشه‌های توپوگرافی برای تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد. لایه شیب نیز با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع تولید شد.

مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و جنگل از تصویر پوشش اراضی سال قدیمی‌تر (در ورودی مدل) به صورت لایه‌های بولینی استخراج و متغیر فاصله از هر کدام از این کاربری‌ها تهیه شد (Eastman, 2006). با استفاده از لایه جاده و رودخانه‌های به‌دست

آمده از سازمان نقشه برداری کشور و همچنین با اصلاحاتی که از طریق رقومی کردن روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد، متغیر فاصله از هر کدام از کاربری‌های مذکور تولید شد.

تمام متغیرهای بالا کمی هستند و برای استفاده از متغیر کیفی پوشش اراضی از روش زیر استفاده شد. 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 احتمال شواهد^{۱۰} و نقشه پوشش اراضی سال قدیمی‌تر در ورودی مدل متغیرهای کیفی تولید شدند (Eastman, 2006).

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی

تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکف محاسبه شد (Wu, et al., 2006; Fan, et al., 2006; Sun, et al., 2011; Coppedge, et al., 2007; Haibo, et al., 2011). سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۰ با استفاده از مدل پیش بینی سخت^{۱۱} و دوره واسنجی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ اجرا شد (شکل شماره ۲) برای پیش‌بینی تغییرات پوشش سرزمین سال ۱۳۹۵ از نقشه‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ استفاده شد.

ارزیابی صحت مدل

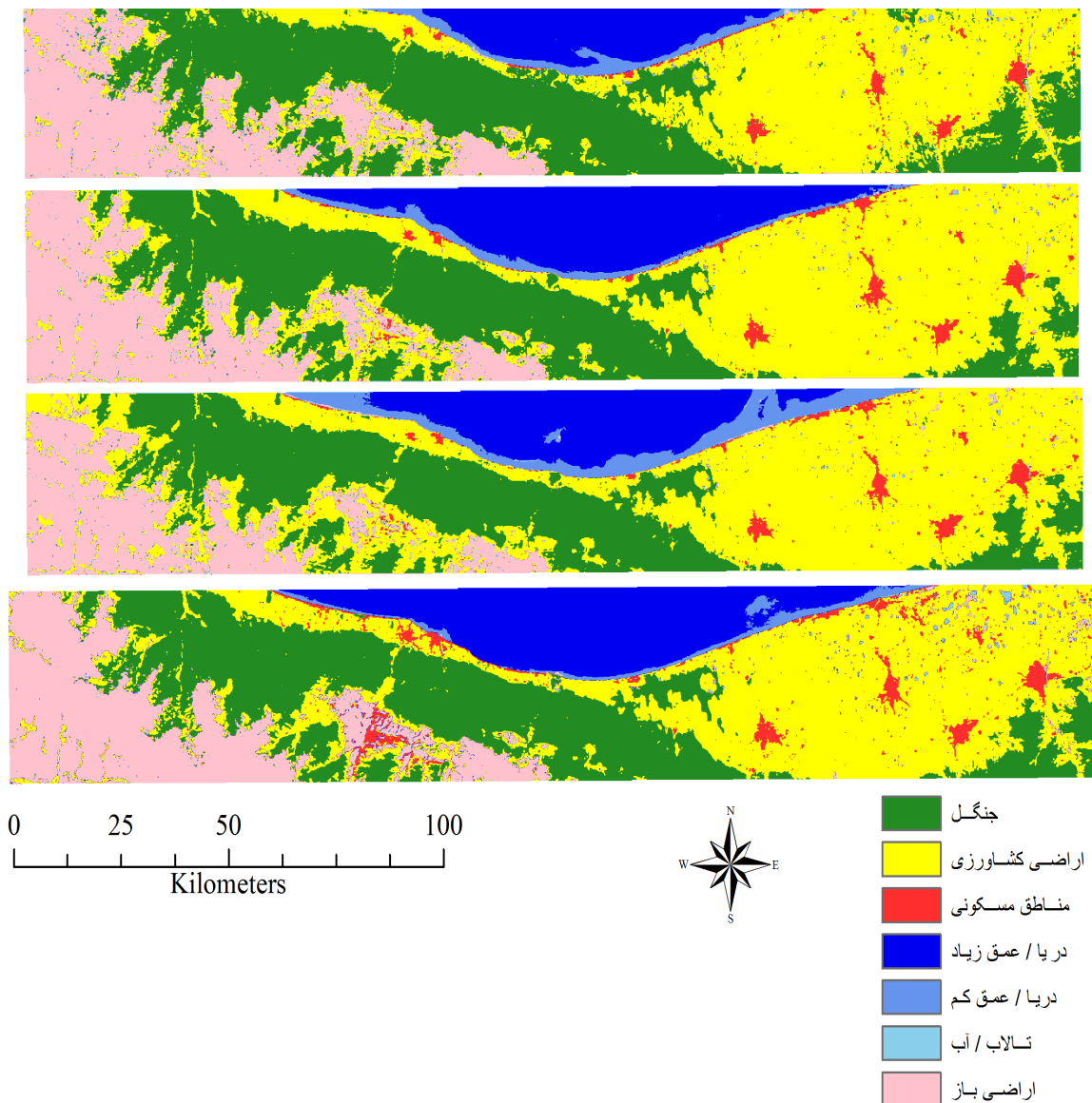
خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۸۵ واقعیت زمینی، ۱۳۹۰ واقعیت زمینی و ۱۳۹۰ حاصل از پیش‌بینی محاسبه و مقادیر موفقیت خنثی^{۱۲}، موفقیت^{۱۳}، خطا^{۱۴} و هشدار خطا^{۱۵} به‌دست آمدند (شکل شماره ۲).

خطای کل پیش‌بینی مدل با استفاده از فرمول ذیل از مجموع خطا و هشدار خطا محاسبه شد (رابطه ۱) (Chen and Pontius, 2010).

$$\text{(رابطه ۱)} \quad \text{خطای کل} = \text{خطا} + \text{هشدار خطا}$$

نتایج

طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال^{۱۶} نشان داد ۷ طبقه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب از بالا به پایین نشان داده شده است (شکل شماره ۳). به‌طور کلی به ترتیب ضریب کاپا برای سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ برابر با ۰/۶۷، ۰/۸۸، ۰/۷۰ و ۰/۳۹ و ۸۳/۴۱ بود (جدول شماره ۲).



شکل شماره (۳): نقشه‌های پوشش اراضی منطقه (به ترتیب از بالا به پایین: ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰)

آشکار سازی تغییرات

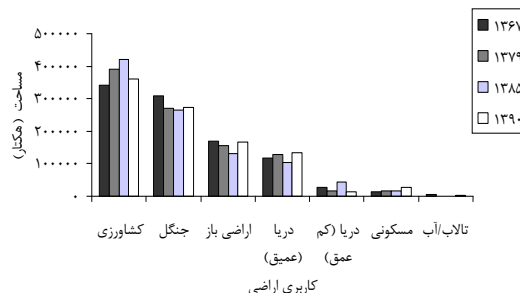
پیدا کرده، در صورتی که در دوره آخر (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰) ۹۶۹۱ هکتار به مساحت این کلاس افزوده شده است. در تمام دوره مورد مطالعه اراضی کشاورزی تیپ غالب منطقه را تشکیل می‌دادند و به ترتیب ۴۹۸۳۸ و ۲۹۹۶۳ هکتار در دوره اول و دوم به اراضی کشاورزی افزوده شد. اما در دوره سوم (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰)، ۵۸۴۳۳ هکتار از مساحت این کلاس کاسته شده است. در نهایت در دوره‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ به ترتیب ۲۸۶۵، ۱۵۱ و ۱۰۱۴۰ هکتار افزایش در اراضی مسکونی مشاهده شد (شکل شماره ۴).

نتایج آشکار سازی تغییرات نشان داد در کل دوره مورد مطالعه (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰) ۳۳۴۸۷ هکتار از وسعت جنگل کاسته و ۲۱۳۶۷ هکتار به اراضی کشاورزی افزوده شده است. رشد و توسعه مناطق مسکونی و شهری نیز در این مدت چشمگیر بوده و ۱۳۱۵۵ هکتار به این نواحی اضافه شده است. ضمن این که میزان تغییرات طی دوره‌های مورد مطالعه یکسان نبوده است. بدین صورت که بین سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵، به ترتیب ۳۷۷۲۷ و ۵۴۵۱ هکتار از وسعت جنگل کاهش

جدول شماره (۲): ماتریس ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده

داده‌های واقعیت زمینی								طبقات کاربری اراضی
اراضی باز	تالاب/آب	دریا/عمق کم	دریا/عمق زیاد	مسکونی	کشاورزی	جنگل		
۰	۰	۰	۰	۰	۷	۴۲	جنگل	نقشه طبقه بندی شده ۱۳۶۷
۰	۰	۰	۰	۰	۴۴	۴	کشاورزی	
۰	۰	۰	۰	۴۸	۰	۰	مسکونی	
۰	۰	۰	۴۲	۰	۰	۰	دریا/عمق زیاد	
۰	۰	۴۱	۲	۰	۰	۰	دریا/عمق کم	
۰	۲۷	۳	۰	۰	۵	۰	تالاب/آب	
۴۵	۰	۵	۰	۰	۲	۰	اراضی باز	
+ / ۸۹۶۷								کاپای کلی
۰	۰	۰	۰	۰	۳	۴۷	جنگل	نقشه طبقه بندی شده ۱۳۷۹
۸	۴	۰	۰	۵	۴۸	۲	کشاورزی	
۰	۰	۲	۰	۳۸	۰	۰	مسکونی	
۰	۰	۰	۴۶	۰	۰	۰	دریا/عمق زیاد	
۰	۰	۴۴	۰	۰	۰	۰	دریا/عمق کم	
۰	۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	تالاب/آب	
۳۶	۵	۲	۰	۰	۰	۰	اراضی باز	
+ / ۸۸۷۰								کاپای کلی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۳	جنگل	نقشه طبقه بندی شده ۱۳۸۵
۷	۱۲	۰	۰	۴	۵۰	۰	کشاورزی	
۰	۰	۰	۰	۴۴	۰	۰	مناطق مسکونی	
۰	۰	۰	۴۱	۰	۰	۰	دریا/عمق زیاد	
۰	۰	۴۷	۰	۰	۰	۰	دریا/عمق کم	
۰	۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	تالاب/آب	
۴۳	۳	۲	۰	۰	۰	۰	اراضی باز	
+ / ۹۰۲۹								کاپای کلی
۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴۷	جنگل	نقشه طبقه بندی شده ۱۳۹۰
۰	۷	۰	۰	۵	۴۳	۱۴	کشاورزی	
۵	۰	۰	۰	۴۶	۰	۰	مسکونی	
۰	۰	۴	۴۱	۰	۰	۰	دریا/عمق زیاد	
۰	۷	۳۵	۰	۰	۰	۰	دریا/عمق کم	
۰	۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	تالاب/آب	
۳۵	۰	۰	۰	۰	۳	۰	اراضی باز	
+ / ۸۳۴۱								کاپای کلی

۱۰۲۰۶ هکتار تغییر خالص از جنگل به کشاورزی و ۹۸۵۰ هکتار تغییر از اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی در دوره آخر مشاهده شد. به ترتیب ۳۶۴، ۲۵۶ و ۴۸۳ هکتار تغییر خالص از جنگل به اراضی باز در سه دوره مورد مطالعه رخ داد. تغییر خالص از اراضی باز به اراضی کشاورزی ۱۲۳۵۷ و ۲۵۴۰۰ هکتار به ترتیب بین ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹ و ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ است. اما بین ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، ۱۳۶۱۶، ۳۶۶۱۶ هکتار تغییر خالص از کشاورزی به اراضی باز دیده شد



شکل شماره (۴): تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مورد مطالعه

تغییرات خالص و انتقال بین طبقات پوششی اراضی

در کل، دوره مورد مطالعه بیشترین تغییر کاربری اراضی جنگلی مربوط به تبدیل به اراضی کشاورزی (۳۰۴۲۴ هکتار) و پس از آن تبدیل به کاربری مسکونی (۱۲۶۵ هکتار) بوده است. طی سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۳۹۰، ۱۰۹۸۴ هکتار تغییر خالص از اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی رخ داده است. بیشترین تغییر خالص بین سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹، مربوط به تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی به میزان ۳۶۹۶۶ هکتار بود. همچنین در این دوره ۲۳۳۳ هکتار تغییر خالص از کاربری کشاورزی به مناطق مسکونی و توسعه یافته مشاهده شد. در دوره دوم تغییر خالص از جنگل به اراضی کشاورزی ۵۱۷۷ هکتار بود. طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ تغییر خالص از اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی و توسعه یافته، ۷۳۸ هکتار بود.

جدول شماره (۳): ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی

خطای تست	خطای آموزش	ارزیابی صحت	زیر مدل
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶	٪۸۵/۷۱	جنگل به کشاورزی
۰/۰۵۸۱	۰/۰۵۷۵	٪۵۲/۷۸	جنگل به مسکونی
۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۴	٪۵۹/۴۷	کشاورزی به مسکونی
۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۸	٪۹۴/۲۲	اراضی باز به مسکونی
۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۹	٪۷۸/۲۷	تالاب و منابع آبی به کشاورزی
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	٪۷۷/۴۸	اراضی باز به کشاورزی

جدول شماره (۴): ضرایب Overall Cramer's V

ضریب Overall Cramer's V	متغیر
۰/۱۷۹۴	مدل رقومی ارتفاع
۰/۰۰۸۱	شیب
۰/۱۷۹۶	فاصله از مسکونی
۰/۱۵۷۲	فاصله از کشاورزی
۰/۱۶۰۴	فاصله از جنگل
۰/۱۳۵۳	فاصله از رودخانه
۰/۱۵۷۱	فاصله از جاده
۰/۴۹۳۲	متغیر کیفی در زیر مدل کشاورزی
۰/۴۴۴۴	متغیر کیفی در زیر مدل مسکونی

مدل سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. سه عامل ارزیابی صحت، خطای آموزش، خطای تست برای ارزیابی مدل سازی نیروی انتقال تعیین شدند (جدول شماره ۳). نتایج در همه زیرمدل ها صحت بالایی (۹۴-۵۲ درصد) را نشان داد.

متغیرها

ضرایب Overall Cramer's V که میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی را نشان می دهد، محاسبه و نتایج آنها در جدول شماره (۴) ذکر شده است. کمترین و بیشترین میزان Overall Cramer's V را به ترتیب متغیرهای شیب و متغیر کیفی در زیر مدل کشاورزی داشتند.

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی

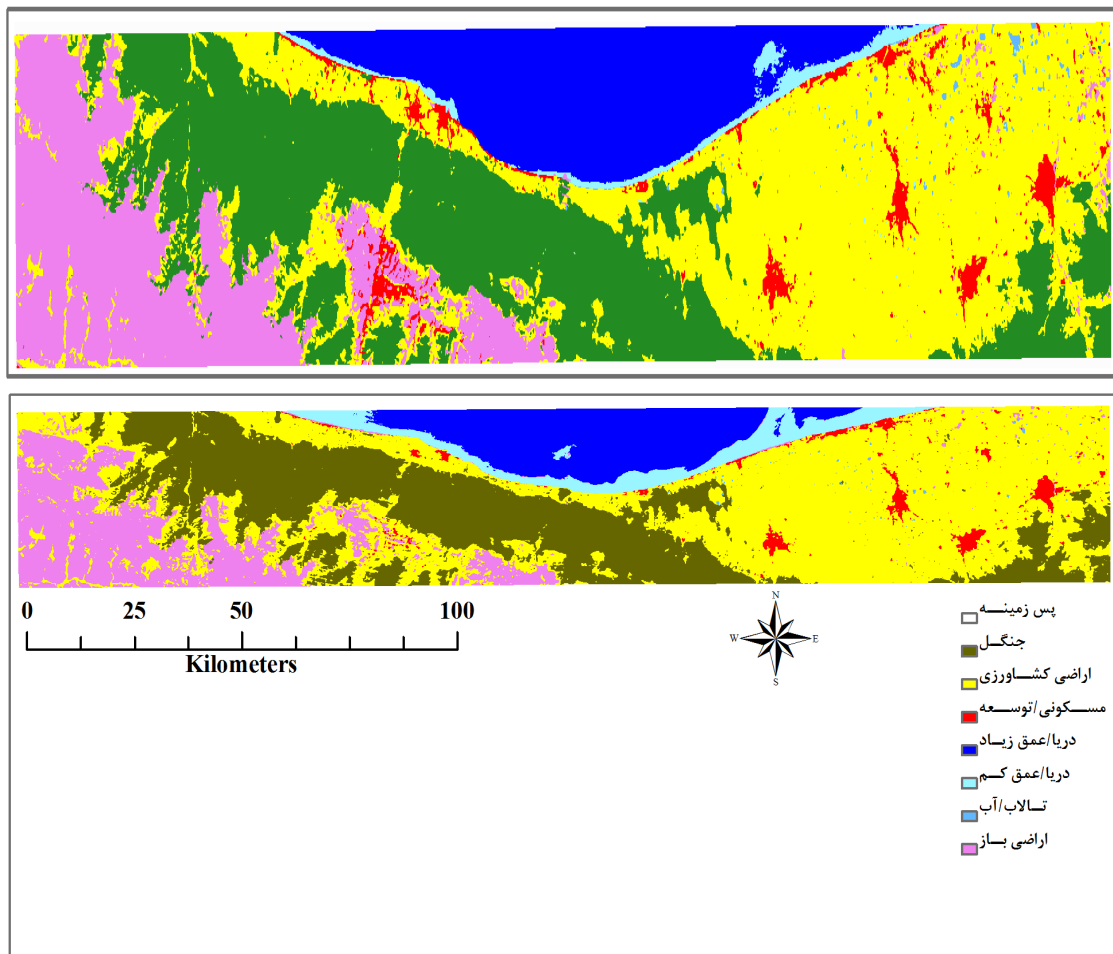
احتمال انتقال از یک کاربری در سال ۱۳۸۵ به نوع دیگر در سال ۱۳۹۰ با زنجیره مارکف محاسبه شد. بیشترین احتمال انتقال از جنگل به کشاورزی، تالاب به اراضی کشاورزی و اراضی باز به اراضی کشاورزی بود. نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰ با استفاده از تغییرات رخ داده طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ به‌دست آمده است. در شکل شماره (۵) نقشه مدل‌سازی شده با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۰ مورد مقایسه قرار گرفته است.

در نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰ اراضی کشاورزی و دریا (عمق کم) و وسعت بیشتری و کاربری جنگل، مناطق مسکونی، تالاب، اراضی باز و دریا (عمق زیاد) وسعت کمتری را نسبت به نقشه واقعیت زمینی این سال نشان دادند. کاربری کشاورزی نیز بیشترین اختلاف را در بین سایر کاربری‌ها با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۰ داشت. نتایج مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد، مساحت کاربری جنگل و اراضی باز در این سال نسبت به ۱۳۹۰

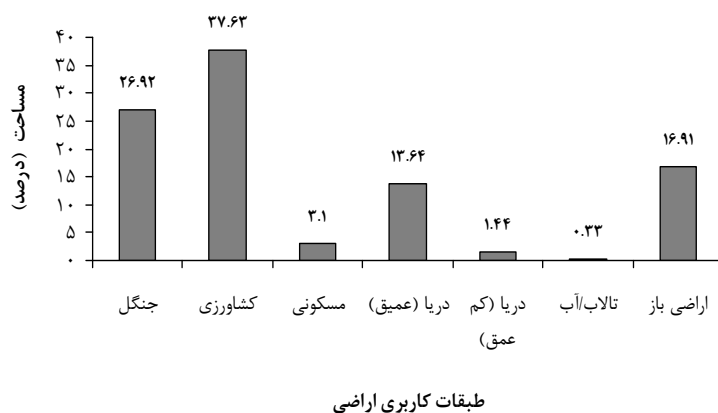
کاهش (به ترتیب ۹۹۸۸ و ۴۲۹ هکتار) و کاربری کشاورزی و مسکونی افزایش (به ترتیب ۷۶۰۷ و ۲۸۱۰ هکتار) خواهند یافت. مساحت هر کاربری به درصد نیز در شکل شماره (۶) نشان داده شده است. نقشه پیش‌بینی شده پوشش سرزمین سال ۱۳۹۵ در شکل شماره (۷) نشان داده شده است. همچنین مناطقی که تخریب جنگل را در سال ۱۳۹۵ خواهند داشت نیز ارائه شده‌اند (شکل شماره ۸).

ارزیابی صحت

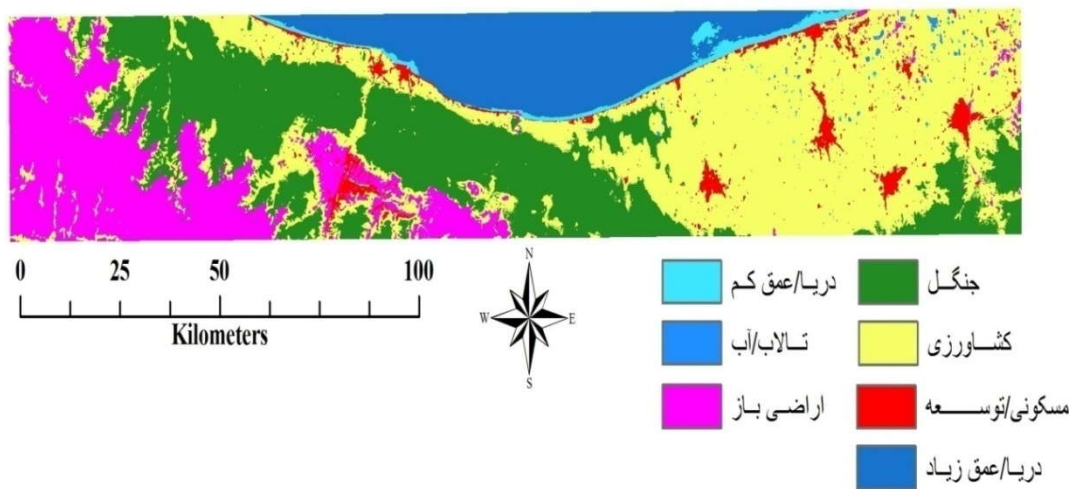
نتایج حاصل از ارزیابی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و واقعیت زمینی و ۱۳۹۰ پیش‌بینی شده به صورت زیر است. مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا و هشدار خطا به ترتیب ۸۶/۹۵٪، ۰/۲٪، ۱۱/۱۲٪ و ۱/۷۲٪ بودند.



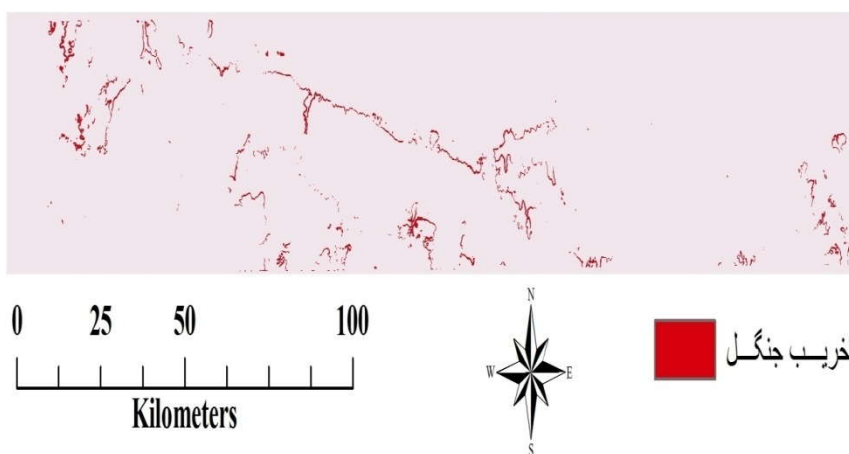
شکل شماره (۵): نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۰ (بالا) در مقایسه با نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰ (پایین)



شکل شماره (۶): مساحت هر کاربری به درصد در سال ۱۳۹۵



شکل شماره (۷): نقشه پیش بینی شده سال ۱۳۹۵



شکل شماره (۸): مناطق مستعد تخریب جنگل در سال ۱۳۹۵

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، از مدل ساز تغییر سرزمین برای مدل سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد تغییرات چشمگیری در اراضی خط ساحلی استان مازندران طی ۲۲ سال اخیر رخ داده است. در نتایج مشابه با این مطالعه در تحقیقی که نعیمی نظام آباد و همکاران (۱۳۸۹) بر روی پایش تغییرات خط ساحلی خلیج فارس (منطقه عسلویه) با استفاده از تصاویر ماهواره ای انجام دادند، نتایج آنها نشان داد که اغلب لندفرم های ژئومرفولوژیکی جای خود را به تأسیسات صنعتی داده است. گرچه نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در دوره آخر مورد مطالعه (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰) ۹۶۹۱ هکتار به مساحت اراضی جنگلی اضافه شده است اما در کل دوره مورد مطالعه (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰) ۳۳۴۸۷ هکتار از وسعت جنگل کاسته شده که جای نگرانی وجود دارد و باید اقدامات مدیریتی برای حفاظت از جنگل های منطقه انجام گیرد تا دیگر مشکلاتی که از کاهش جنگل ناشی می شود مثل سیل وحشتناکی که در سال ۱۳۸۷ در شهرستان نکا رخ داد اتفاق نیفتد. در اثر این سیل علاوه بر ایجاد فرسایش و رسوب زیاد، خسارات جانی و مالی زیادی را نیز به بار آمد.

بنابراین می توان با رعایت و اجرای قوانین مربوط به کاربری اراضی و همچنین همراه کردن بهره برداران حوضه های آبخیز موجود در منطقه تا حد زیادی از ایجاد چنین مشکلاتی جلوگیری کرد. طالبی امیری و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی که در حوضه آبخیز نکا انجام دادند ضمن سیل خیز خواندن منطقه، تخریب پوشش گیاهی، افزایش اراضی بایر و چرای دام را از عوامل مؤثر بر ایجاد سیل در این منطقه عنوان کردند.

کامیاب و همکاران (۱۳۸۸) مدل سازی توسعه شهر گرگان را با استفاده از تصاویر ماهواره ای و رگرسیون لجستیک انجام دادند و بیان داشتند نادیده گرفتن محدودیت ها و توان سرزمین، شدت مشکلات را افزایش داده و می توان با توزیع و پراکنش زمین های زراعی، مرتعی، تراکم مناطق شهری کنونی و مراکز تجاری و اعمال مدیریت در آنها تا حد امکان توسعه را در مسیر مطلوب تر قرار داد.

همچنین در تحقیق حاضر طی سالهای ۱۳۶۷ و ۱۳۹۰ بیشترین تغییر کاربری جنگل تبدیل به اراضی کشاورزی (۳۰۴۲۴ هکتار) و پس از آن تبدیل به کاربری مسکونی (۱۲۶۵ هکتار) بوده است. به طور کلی دوره مورد مطالعه ۲۱۳۶۷ هکتار به اراضی کشاورزی افزوده شده و به میزان ۱۰۹۸۴ هکتار از این اراضی به

مناطق مسکونی تبدیل شده است. رشد و توسعه مناطق مسکونی و شهری در این مدت چشمگیر بوده و ۱۳۱۵۵ هکتار به این نواحی اضافه شده است. همچنین در کل دوره مورد مطالعه، ۱۲۱۸ هکتار از اراضی باز کاهش یافته است.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات کاربری اراضی شهر مریوان در غرب کشور را با استفاده از داده های ماهواره ای بررسی کردند و بیان داشتند مساحت اراضی جنگلی کاهش و مناطق مسکونی افزایش چشمگیری داشته است. در تحقیق حاضر در تمام دوره مورد مطالعه تغییر خالص از اراضی باز به مناطق مسکونی و کشاورزی به ترتیب ۱۵۹۸ و ۸۵۵ هکتار بوده است.

در مطالعه حاضر ۹۰/۵۶ درصد منطقه طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۵ بدون تغییر ماند که کمترین تغییرات در این دوره مشاهده شد. در دوره سوم (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰) ۲۲ درصد منطقه متحمل تغییر شد که بیشترین تغییرات طی این سالها اتفاق افتاده است.

از دلایل تخریب جنگل در منطقه می توان به چرای دام اشاره کرد که باعث تغییر ترکیب پوشش گیاهی می شود و دامداران با چرای دام هایشان از نهال های جوان، سرشاخه درختان، احداث آغل های دامداری و مصارف ساختمانی و سوختی باعث تخریب و تغییر پوشش جنگلی می شوند (حیدری و همکاران، ۱۳۸۲). همچنین خط ساحلی شمال کشور به دلیل جاذبه های گردشگری منحصر به فردی که دارد در طول سال بویژه در روزهای تعطیل میزبان شهروندان و مسافران زیادی است که تمایل دارند ایام تعطیل را در دامن طبیعت سپری کنند.

این گردشگران با قطع کردن شاخه های درختان برای هیزم باعث صدمه به جنگل می شوند. با توجه به کاهش چشمگیر مساحت اراضی جنگلی موجود در منطقه بدون شک فرسایش زیادی خصوصاً بر روی خاک منطقه انجام شده است و در نتیجه حجم چشمگیری رسوب از حوضه های مجاور به دریای خزر وارد شده است که می تواند مشکلاتی را برای لنگرگاهها و همچنین موجودات زنده به وجود آورد. نتایج نعیمی نظام آباد و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد تغییرات شدید کاربری اراضی در خط ساحلی خلیج فارس موجب برهم خوردن چرخه فرسایش و رسوب شده و رسوب گذاری بیشتر به صورت دماغه های رسوبی در پشت اسکله هاست.

به طور کلی از طریق کارهای ترویجی برای بهره برداران منابع طبیعی، قرار دادن اصل حفاظت به عنوان اولویت اول در مدیریت، انتخاب شیوه بهره برداری مناسب، کاشت درختان سریع الرشد و

مهمترین فرض در این نحوه مدل سازی (با توجه ماهیت تجربی) این است که طبیعت توسعه و تغییرات در طی زمان یکسان خواهد بود و یا به عبارتی دیگر تغییرات گذشته می توانند تغییرات آینده را بر اساس سناریوی تاریخی پیش بینی کنند.

نتایج این مطالعه می تواند با توجه به چگونگی تغییرات کاربری اراضی در گذشته، حال و آینده، چشم انداز مناسبی را برای برنامه ریزان جهت مدیریت کاربری اراضی و حوضه های آبخیز مجاور فراهم کند. همچنین در پروژه های ارزیابی آثار توسعه، ارزیابی آثار جمعی، شناسایی زون های حساس و آسیب پذیر و احیای آنها کاربرد داشته باشد و در پایان نتایج این تحقیق می تواند برای اجرای پروژه های کاهش آثار جنگل زدایی و تخریب جنگل که هدف اصلی آن کاهش گازهای گلخانه ای و حفاظت از تنوع زیستی است قابل استفاده باشد.

تشکر و قدردانی

نگارش حاضر بخشی از نتایج طرح پژوهشی مابین معاونت دریایی سازمان حفاظت محیط زیست (کارفرما) و دانشگاه تربیت معلم (مشاور) به شماره قرارداد ۳۴/۷۱۳۸۰ مورخ ۸۸/۱۱/۱۸ است. بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی از جناب آقای دکتر سید محمدباقر نبوی، جناب آقای مهندس امید صدیقی، آرش نیکوئیان و جناب آقای مهندس تیموری به دلیل فراهم کردن زمینه و بستر لازم برای انجام پژوهش ابراز می شود

یادداشت ها

- 1- Decision Support System
- 2- Pre-classification
- 3- Post-classification
- 4- Post Classification Comparision
- 5- Land Change Modeler (LCM)
- 6- Global Positioning System (GPS)
- 7- Vertical Application
- 8- Extension
- 9- Explanatory Variables
- 10- Evidence Likelihood
- 11- Hard Prediction
- 12- Null Success
- 13- Hit
- 14- Miss
- 15- False Alarm
- 16- Maximum Likelihood

واردات چوب از خارج می توان اقدامات اساسی در جهت مدیریت کاربری اراضی این منطقه انجام داد. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر (شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از جنگل) در اغلب مطالعات مدل سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می شوند. محققان دیگری از جمله: (Merten and Lambin, 1997; Linkie, et al., 2004; Schulz, et al., 2011) نیز بر اهمیت این قبیل عوامل در مدل سازی تغییرات کاربری اراضی تاکید کرده اند. همچنین نتایج ضریب همبستگی کرامر نشان داد که مهم ترین متغیرهای مستقل توضیح دهنده تغییرات در سواحل استان مازندران به ترتیب عبارتند از: متغیر کیفی در زیر مدل کشاورزی، متغیر کیفی در زیر مدل مسکونی، فاصله از مناطق مسکونی، مدل رقومی ارتفاع، فاصله از جنگل، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و شیب. در پژوهش حاضر نتایج ارزیابی مدل سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در اکثر زیر مدل ها صحت بالایی (۹۴-۵۲ درصد) را نشان داد.

در مطالعه Perez-Vega و همکاران (۲۰۱۲) نیز از روش مذکور در مدل سازی نیروی انتقال استفاده شد.

اما میزان صحت مدل کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود. صحت بالای مدل سازی نیروی انتقال در مطالعه حاضر در مقایسه با آن مطالعه می تواند به این علت باشد که بعضی از متغیرهای کیفی مهم (مانند سیاست های عمومی، ارزش های فرهنگی، رفتارهای شخصی) را در تغییرات سرزمین در نظر نگرفته اند. از طرفی در مطالعه Perez-Vega و همکاران (۲۰۱۲) بعضی از متغیرها در مقیاس مناسب در دسترس نبودند و مورد مطالعه قرار نگرفتند.

همچنین نتایج مدل سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد، مساحت کاربری جنگل و اراضی باز در این سال نسبت به ۱۳۹۰ کاهش (به ترتیب ۹۹۸۸ و ۴۲۹ هکتار) و کاربری کشاورزی و مسکونی افزایش (به ترتیب ۷۶۰۷ و ۲۸۱۰ هکتار) خواهند یافت. بنابراین هرچه سریعتر باید به فکر راه چاره ای برای جلوگیری از روند نامطلوب تبدیل و تخریب کاربری جنگلی باشیم. بیشترین تخریب جنگل در سال ۱۳۹۵ تبدیل به اراضی کشاورزی خواهد بود. بیشتر این تخریب ها در حاشیه جنگل صورت خواهند گرفت. تحقیق حاضر ارائه مدلی تجربی بین متغیر وابسته (میزان تغییرات کاربری اراضی) و متغیرهای مستقل (توضیح دهنده تغییرات) است. با توجه به وجود روابط غیرخطی بین متغیرها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است و شبکه با استفاده از داده های سالهای قبل آموزش دیده است.

منابع مورد استفاده

- حیدری، ق.، خلیلیان، ص.، ارزانی ح. ۱۳۸۲. بررسی و تحلیل مشکلات اقتصادی-اجتماعی طرح ساماندهی خروج دام و تجمیع جنگل نشینان در جنگل‌های شمال (مطالعه موردی در منطقه لفور سواد کوه). پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر. سال اول، شماره چهارم، ۲۷ تا ۳۵.
- زایی امیرانی، ع.، سفیانیان، ع. ۱۳۸۹. آنالیز تغییرات کاربری اراضی و رشد جمعیت در اصفهان با استفاده از سنجش از دور طی سالهای ۱۳۶۶-۱۳۸۰.
- سفیانیان، ع. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال سیزدهم، شماره چهل و نهم، ۱۵۳ تا ۱۶۴.
- طالبی امیری، س. و همکاران. ۱۳۸۸. تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوضه آبخیز نکا با استفاده از متریکه‌های اکولوژی سیمای سرزمین. علوم محیطی، سال ششم، شماره سوم، ۱۳۳ تا ۱۴۴.
- کامیاب، ح. و همکاران. ۱۳۸۸. اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل سازی توسعه شهری گرگان، محیط شناسی، سال سی و ششم، شماره پنجاه و چهارم، ۸۹ تا ۹۶.
- قزلسفلی، م.، علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۹. کاربرد تفسیر بصری داده‌های ماهواره‌ای در آشکارسازی تغییرات خط ساحلی. همایش ژئوماتیک، ایران، ۱۹-۱۳۸۹، ۰۲، ۱۹.
- نعیمی نظام آباد، ع.، قهرودی تالی، م.، ثروتی، م. ۱۳۸۹. پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومرفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه)، فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره سی ام، ۴۵ تا ۶۱.
- یوسفی، ص. و همکاران. ۱۳۹۰. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مریوان با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده‌های TM و ETM+. فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. سال دوم، شماره سوم، ۹۷ تا ۱۰۵.
- Abd El-Kawy, O. R., et al. 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.
- Ayad, Y.M. 2005. Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: A case study of the northwestern arid coast of Egypt. *Landscape and Urban Planning*, 73 (4), 307-325.
- Bakr, N., et al. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. *Applied Geography*, 30 (4), 592-605.
- Carter, R.W.G. 1988. *Coastal Environments*. London: Academic Press.
- Chen, H., R.G., Pontius Jr. 2010. Diagnostic tools to evaluate a spatial land change projection along a gradient of an explanatory variable. *Landscape Ecology* 25 (9), 1319-1331.
- Coppedge, B.R., D.M., Engle, S.D., Fuhlendorf. 2007. Markov models of land cover dynamics in a southern Great Plains grassland region. *Landscape Ecology* 22 (9), 1383-1393.

Coppin, P., et al .2004. Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (9), 1565-1596.

Eastman, J. R. 2006. *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.

Fan, F., Y., Wang, Z., Wang .2008. Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environmental Monitoring Assessment* 137 (1-3), 127-147.

Haibo, Y., et al .2011. Tai'an land use Analysis and Prediction Based on RS and Markov Model. *Procedia Environmental Sciences* 10, 2625-2630.

Khoi, D.D., Y., Murayama .2010. Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2 (5), 1249–1272.

Linkie, M., R.J., Smith, N., Leader-Williams .2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation* 13 (10), 1809-1818.

Mendoza, M.E., et al .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.

Merten, B., E.F., Lambin .1997. Spatial modeling of tropical deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography* 17 (2), 143-162.

Oñate-Valdivieso, F., J.B., Sendra .2010. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. *Journal of Hydrology* 395 (3–4), 256–263.

Perez-Vega, A., J., Mas, A., Ligmann-Zielinska .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.

Schulz, J.J., et al .2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30 (3), 436–447.

Schulz, J.J., et al .2011. Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). *Applied Vegetation Science* 14 (4), 1-12.

Sun, H., W., Forsythe, N., Waters. 2007. *Modeling Urban Land Use Change and Urban Sprawl: Calgary, Alberta, Canada*. *Networks and Spatial Economics* 7 (4), 353-376.

Thapa,R.B., Y.,Murayama .2011. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. *Computers, Environment and Urban Systems* 35 (1), 25–34.

Van Oort,P.A.J. 2007. Interpreting the change detection error matrix. *Remote Sensing of Environment*, 108 (1), 1-8.

Vaclavik,T., J.,Rogan .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.

Verburg,P.H., et al .2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal* 61 (4), 309-324.

Wu,Q., et al .2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78 (4), 322-333.