مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی بر پایهٔ زنجیره مارکوف در روش LCM (نمونه موردی: شهر رامهرمز)

تاریخ دریافت مقاله : ۹۷/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش نهایی مقاله : ۹۷ /۱۰/۰۴

فاطمه اسماعیلی(گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران)
مریم ایلانلو* (گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران)

چکیده:

سنجش از دور فناوری کلیدی برای ارزیابی وسعت و مقدار تغییرات پوشش اراضی است که اطلاع از این تغییرات به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد. در این پژوهش تغییرات کاربردی اراضی طی ۲۰ سال گذشته با استفاده از نرم افزار TerrSat و امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل زنجیره مارکوف منطقه رامهرمز مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۵، OLI لندست ۸ به ترتیب برای سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۶ به همراه نقشه‌های توپوگرافی و پوشش منطقه استفاده شد. تصاویر هر دو مقطع زمانی به چهار طبقه کاربری اراضی: اراضی ساخته شده دست بشر، اراضی مزروعی، اراضی کشاورزی و بایر طبقه‌بندی شدند. بنا بر نتایج به دست آمده، اراضی ساخته شده توسط با میزان ۳۹/۱ درصد بیشترین تغییرات مثبت و اراضی دارای پوشش گیاهی با میزان ۲۹/۱- درصد بیشترین تغییرات منفی را در منطقه داشته‌اند و روند مناطق جنگلی روندی نزولی بوده است. سپس به وسیلهٔ مدل پیش‌بینی سخت و تصاویر طبقه‌بندی شدهٔ (۱۹۹۶-۲۰۱۶)، نقشهٔ پوشش سال ۲۰۱۶ با به کارگیری مدل تغییر زمین پیش‌بینی شد. پس از ارزیابی مدل، میزان صحت کلی برابر با ۸۳/۰۹ و ضریب کاپای برابر با ۰/۷۹ به دست آمد که بیان کنندهٔ انطباق زیاد بین نقشهٔ پیش‌بینی شده و نقشهٔ طبقه‌بندی شده است. با وارد کرده نقشه پوشش زمین سال ۲۰۱۶ به مدل‌ساز تغییر زمین، نقشهٔ پیش‌بینی پوشش سرزمین سال ۲۰۲۵ تهیه شد نتایج نشان داد ۱۰۲ هکتار از اراضی کشاورزی، ۱۷۸ هکتار از مناطق پوشش گیاهی کاهش می‌یابند.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، کاربری اراضی، مدل‌ساز تغییر زمین، شهر رامهرمز.

* نویسنده رابط: maryamilanloo@yahoo.com

بیان مسئله

در حال حاضر توسعه جامعه بشری با دو موضوع اصلی محیط زیست و شهرنشینی مواجه است(Chen et al,2016: 227). شهرنشینی و صنعتی شدن، به ویژه رشد سریع جمعیت شهرها منجر به بهره‌برداری بیشتر از منابع و اراضی شده است (Cheng-lin. et al,2016: 882). اگرچه شهرنشینی پدیده‌ای جهانی است، این پدیده به طور چشمگیری در ایران پویاست، به طوری که رشد شهری بی‌سابقه‌ای در پنج دهۀ اخیر در ایـران روی داده است. طی ۵۵ سال گذشته، نسبت شهرنشینی در ایران از ۳۱ درصد در سال ۱۳۳۵، به بیش از ۷۱ درصد در سـال ۱۳۹۰ افزایش یافته است (قادری مطلق و همکاران،۱۳۹۵، ۳۸۵). با رشد جمعیت و توسعه شهرها، تقاضای زمین به عنوان یکی از مهمترین منابع تولید طبیعی افزایش پیدا کرده و با افزایش تقاضا، کاربری‌های سنتی زمین نظیر زمین‌های کشاورزی و مراتع، فشار مضاعفی را از لحاظ تغییر کاربری متحمل شده‌اند. (Chu et al, 2017:1) تبدیل این اراضی کشاورزی و مرتعی به زمین‌های شهری یکی از خسارات جبران‌ناپذیر انسان بر بیوسفر زمین است (Pozoukidoua et al, 2017:31). این امر اغلب منجر به کشمکش شدیدی بین کاربری‌های مختلف شده است که این موضوع در مناطق حومه شهر در ابعاد وسیع‌تری مشاهده می‌گردد. در غالب اوقات، نقش جمعیت در تغییر ساختارهای طبیعی موضوعیت دارد (کرمی قهی و همکاران، ۱۳۹۵: ۲).علاوه بر عامل جمعیتی نیروهای بازاری و واکنش دولت در برابر بازار نیز از عوامل مؤثر در گسترش فیزیکی شهرها و در پی آن تغییر کاربری اراضی است (Mialhe et al, 2017:70). امروزه تغییرات بدون برنامۀ کاربری اراضی به مشکل حادی تبدیل شده است و بیشتر تغییرات کاربری اراضی بدون برنامه‌ریزی مدون و توجه کافی به تأثیرات محیط زیستی آن‌ها صورت می‌گیرد(آرخی، ۱۳۹۴: ۲). کاهش مساحت زمین‌های زراعی حومه‌ای، تخریب پوشش گیاهی و افزایش دمای سطحی زمین در مناطق شهری، پیامدهای منفی توسعه‌ی شهری و شهرنشینی هستند. در زمینۀ تغییرات محیط زیست شهری، یکی از کلیدی‌ترین دستورالعمل‌های تحقیقاتی، شناسایی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی ذکر شده است(داوودی منظم و همکاران، ۱۳۹۵: ۲). لذا تهیۀ لایۀ پوشش و کاربری اراضی در شرایط فعلی، می‌تواند شناخت دقیقی از چند و چون تغییرات منطقۀ تحقیق ارائه دهد(ایرانمهر و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۴) و تکنولوژی‌های نوین مانند سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزارهای مناسبی برای اندازه‌گیـری وسعت و الگوی تغییرات در وضعیت سیمای منظـر (آشکارسازی تغییرات) طـی زمـان فراهم کرده

است(قربان نیا خبیری و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۰). با توجه به کاربردهای فراوان آشکارسازی تغییرات به کمک فناوری سنجش از دور برخی از این کاربری‌ها شامل تغییرات کاربری و پوشش اراضی، تغییر پوشش گیاهی و جنگلی، تغییر چشم‌انداز و تغییرات شهری و غیره از برنامه‌های است که جهت آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار می‌گیرد(امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۲). در این زمینه مطالعات و تحقیقات بسیاری در سطح جهان و ایران صورت گرفته است که به تعدادی از آنها در جدول ۱ اشاره شده است.

جدول ۱: پیشینه مطالعات داخلی و خارجی

گپتا و پارکاش[1]	۱۹۹۸	در سال برای آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه استخراج هند از روش تفاضل تصویر، نسبت گیری تفاضل و تفاضل NDVI استفاده کردند و دریافتند هیچ گونه تفاوت درخور توجهی بین این روش‌ها در آشکارسازی تغییر کاربری اراضی در این مطالعه وجود ندارد و هر روش مزایای خود را دارد
ژائو[2] و همکاران	۲۰۱۰	تغییرات صورت گرفته در مصب رودخانه پیرل در جنوب خاوری چین با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+/TM/MSS در بین سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۷۹ مورد مطالعه قرار دادند
کافی[3] و همکاران	۲۰۱۴	استفاده از داده‌های سنجندۀ OLI سال ۲۰۱۳ و ETM سال ۲۰۰۳ و با استفاده از سه الگوریتم طبقه‌بندی نظارت نشده، نظارت شده و مقایسه پس از طبقه‌بندی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر باچی در نیجریه را بررسی کردند
میله[4] و همکاران	۲۰۱۵	به پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از ترکیب نقشه‌های کاربری اراضی و تکنیک سنجش از دور در حوضه جنگلی میندانائو[5]، فیلیپین پرداخته اند. آنها همزمان تصاویر ماهواره‌ای لندست ,MSS، لندست TM+، و SPOT 4 با استفاده از تکنیک‌های استاندارد طبقه‌بندی کردند و سپس اطلاعات کاربری اراضی سال‌های ۱۹۶۷، ۱۹۹۶ و ۲۰۱۰ را تهیه کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد که ترکیب نقشه‌های کاربری اراضی با تکنیک‌های سنجش از راه دور یک درک منحصر به فردی از تغییرات کاربری اراضی را فراهم می‌کند زیرا این دو روش مکمل یکدیگر می‌باشند
حسن[6]	۲۰۱۷	به بررسی تغییرات کاربری اراضی ناشی از رشد فیزیکی شهری و تجزیه و تحلیل الگوی چشم انداز در پنج شهرستان بزرگ شهرنشین بنگلادش پرداخته است. نتایج او نشان می‌دهد مساحت زمین‌های ساخته شده در این پنج شهر از ۲۳۵۶ هکتار در سال ۱۹۷۶ به ۱۳۴۳۵ هکتار در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است و رشد آن تقریبا ۴۶۸ درصد بوده ست. در حالی که پوشش گیاهی و کاشت از ۶۱/۹۱ درصد به ۲۷/۷ درصد در همین دوره کاهش یافته است
فارسی و	۱۳۹۲	به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در دشت

[1] - Gupta , Parkash
[2] -Zhao
[3] - Kafi
[4] - Mialhe
[5] - Mindanao
[6] - Hassan

یوسفی		بجنورد پرداختند. نتایج بیانگر تغییرات گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است. اراضی دیم و مرتع روندی کاهش را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته است. اراضی کشاورزی آبی و باغات نیز تا سال ۱۳۸۵ روند کاهشی و در بازه زمانی بعدی تا سال ۱۳۹۲ روند افزایشی داشته است. اراضی شهری انسان ساخت نیز از ۱۷/۷۰ درصد کل منطقه در سال ۱۳۷۷ به ۳۰/۲ درصد در سال ۱۳۸۵ و ۳۶/۴۸ درصد سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است.
داوودی منظم و همکاران	۱۳۹۳	به پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور در شهرستان شهریار پرداختند نتایج تحقیق نشان داد که توسعه شهری منطقه طی دوره ۲۲ساله، روندی افزایشی ولی اراضی کشاورزی روندی کاهشی داشته است. تغییرات کاربری کشاورزی با روشهای ماشینبردار پشتیبان، شبکه عصبی و حداکثر احتمال، نشان داد که این کاربری به ترتیب به میزان ۳۷،۲۶و ٪۲۵کاهش داشته است.
امان پور و همکاران	۱۳۹۶	مقاله‌ای تحت عنوان تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلانشهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهوارهای در محیطENVI «مطالعه موردی: کلانشهر اهواز»، به نگارش درآورده اند. نتایج به دست آمده آنها، نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۹۸۹تا ۲۰۱۳نزدیک به ۲۳درصد از سهم اراضی بایر و زمین‌های کشاورزی کم شده و در طرف مقابل سهم اراضی ساخته شده از ۱۶/۳۵ به ۳۴/۵۵ افزایش یافته است که بیشترین آنها مربوط به مناطق جنوبی و شرقی اهواز قسمت‌هایی از مناطق ۴و ۵و ۶ شهرداری می‌باشد
فیضی‌زاده و طاهری	۱۳۹۹	مقاله‌ای تحت عنوان استفاده از تکنیک‌های پردازش شیء پایه در مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حاصل از رشد شهری در محدوده شهر مراغه نوشتند. نتایج تحقیق حاضر برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در راستای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و برنامه‌ریزی برای توسعه منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.
دانش، ایلانلو	۱۳۹۹	مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پراکنش افقی مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر ماهشهر در مقطع زمان ۱۳۹۵-۱۳۳۵) نوشتند. ن نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که در طی۶۰ سال مورد بررسی، در طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۵ که بیشترین مهاجر پذیری را شهر داشته، مساحت فضای سبز و مساحت مراتع تغییرات چندانی نداشته است. اما مطابق با رشد فضای شهری در طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ مساحت فضای سبز و مراتع به شده کاهش یافته است. بنابراین با رشد جمعیت با تاخیر زمانی فضای سبز و مراتع کاهش یافته است. البته از سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ با وجود رشد جمعیت و رشد شهر، فضای سبز نیز افزایش یافته است.

مأخذ: نگارندگان

مبانی نظری:

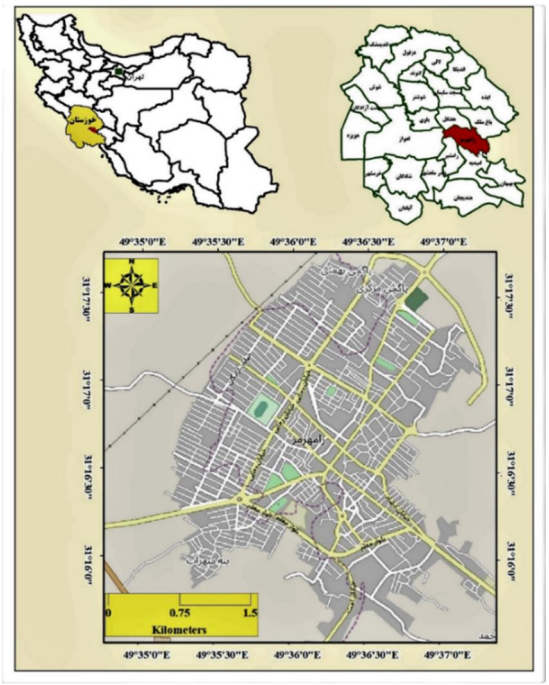
مدل‌ساز تغییر زمین LCM

مدل‌ساز تغییر زمین ابزاری است که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و اثار آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مدل‌سازی در چهار مرحله بررسی تغییرات مدل‌سازی پتانسیل انتقال، مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین و ارزیابی صحت مدل‌سازی انجام می‌گیرد(Pelirosso et al, 2011:336). مدل‌ساز تغییر زمین با تجزیه و تحلیل تغییرات رخ داده طی یک دوره، نقشهٔ پتانسیل انتقال از یک طبقه به طبقهٔ دیگر نیز تولید می‌کند. پتانسیل انتقال میزان احتمال تغییر از یک طبقه به طبقهٔ دیگر را نیز تولید می‌کند. بنابراین، برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال هر طبقهٔ در مدل LCM، قبل از هر کاری باید زیرمدل‌های مشخص شوند. زیر مدل‌ها محرک‌های اساسی در تبدیل یک کاربری به کاربری‌های دیگر محسوب می‌شوند(Perez-Vaga et al, 2012: 12). برای انتخاب زیرمدل‌هایی با بیشترین صحت، باید با چند سناریوی مختلف اجرا شود. پس از به دست آوردن بیشترین صحت و کمترین خطا، زیرمدل‌های انتخابی وارد مدل شده و نقشهٔ پتانسیل انتقال تغییر کاربری‌ها و مدل‌سازی تخریب جنگل‌ها و مزارع به کار گرفته می‌شود. زنجیرهٔ مارکوف، میزان تغییرات را با کارگیری نقشه‌های پوشش سرزمین اول و آخر دوره تعیین می‌کند(پرما و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳۱).

موقعیت منطقه مورد مطالعه:

شهرستان رامهرمز با ۴۲۵۷ کیلومتر مربع مساحت در خاور استان خوزستان واقع شده، که از شمال به شهرستان‌های ایذه، مسجد سلیمان و شوشتر، از خاور به استان کهگیلویه و بویراحمد، از باختر به شهرستان اهواز و از جنوب به شهرستان بندر ماهشهر محدود است. مرکز آن شهر رامهرمز است که با ۷/۳ کیلومتر مربع مساحت در ۱۰۰ کیلومتری خاور اهواز بین ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه پهنای شمالی و ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه درازای خاوری نسبت به نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد و بلندی آن از سطح دریا ۱۶۰ متراست. آب و هوای رامهرمز گرم بوده و رودخانه مارون از شرق رامهرمز می‌گذرد. رامهرمز بر سر چهارراهی قرار گرفته‌است. راه آسفالته به سوی جنوب خاوری به درازای ۹۰ کیلومتر تا بهبهان راه آسفالته به سوی شمال خاوری به درازای ۵۷ کیلومتر تا باغملک (جانکی) راه آسفالته اصلی به سوی جنوب باختر تا راه اصلی آسفالته اهواز – بندر ماهشهر

به درازای ۳۹ کیلومتر راه اصلی به سوی شمال باختری به درازای ۱۵ کیلومتر فاصله هوایی شهرستان رامهرمز تا تهران ۵۵۲ کیلومتر است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

روش تحقیق:

در این تحقیق برای ارزیابی و شناسایی میزان تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سنجنده MSS آگوست ۱۹۹۶ و ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI ژوئن سال ۲۰۱۶ نسبت به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات کاربری در طی دوره ۳۰ ساله در محیط اقدام گردید. به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از روش حداکثر احتمال[1] استفاده شده است. مراحل کار جهت طبقه‌بندی تصاویر لندست ۲ و ۸ با استفاده از روش حداکثر احتمال به شرح زیر بوده است:

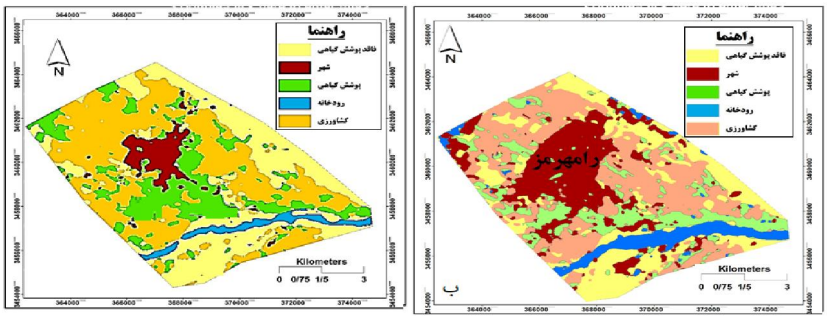
در مرحله اول تصحیح هندسی روی تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار ENVI 5.3 انجام شد. به طور کلی منظور از تصحیح هندسی یک تصویر، تغییر سیستم مختصات

[1] Maximum Likelihood

اجزای سازنده‌ی تصویر و انطباق آن با نقشه‌های نظیر و یا تصویر است که قبلاً بر روی آن تصحیح هندسی صورت گرفته است. در مرحله‌ی بعد اقدام به تهیه‌ی نقشه واقعیت زمینی شد در این تحقیق نقشه واقعیت زمینی به روش نمونه برداری تصادفی و همچنین بهره‌گیری از تصویر ماهواره‌ای موجود در نرم افزار Google Earth تهیه شده است که بخشی از داده‌ها جهت آموزش تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و بخشی از آن برای برآورد صحت نتایج حاصل از دو طبقه‌بندی مذکور کار گرفته شده است. سپس در این مرحله جهت تعیین قابلیت طیفی باندهای مختلف تصویر ماهواره‌ای لندست جهت تفکیک ۵ کلاس رودخانه، جنگل، شهر، اراضی کشاورزی، مناطق فاقد پوشش گیاهی از پلات میانگین طیفی استفاده شده است. در این مرحله برای بهبود تصاویر طبقه‌بندی شده از فیلتر ماژوریتی به ابعاد ۳*۳ استفاده شده است. سپس دقت نقشه‌های به دست آمده از الگوریتم حداکثر احتمال برآورد گردید و در نهایت نقشه کاربری به منظور آشکار سازی تغییرات سطح زمین از مدل LCM بهره گرفته شد. به همین منظور از نرم افزار TerrSet Geospatial Monitoring استفاده گردید.

یافته‌های تحقیق:

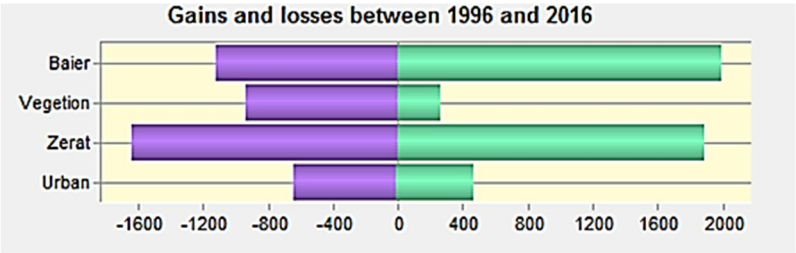
در ابتدا نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۹۹۶ تهیه گردید. به همین منظور تصویر ماهواره‌ای لندست با سنجنده MSS5 تهیه گردید. سپس برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ تهیه گردید. بعد از تهیه تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 بر روی تصاویر ماهواره‌ای تصحیح رادیومتریک صورت گرفت. و کیفیت تصاویر از ۳۰ متر به ۱۵ متر تفکیک گردید. در مرحله بعد کلاس‌بندی کاربری اراضی برروی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت که به چهار کلاس اراضی ساخت دست انسان، اراضی زراعی، اراضی پوشش گیاهی و اراضی فاقد پوشش‌گیاهی تقسیم گردید.



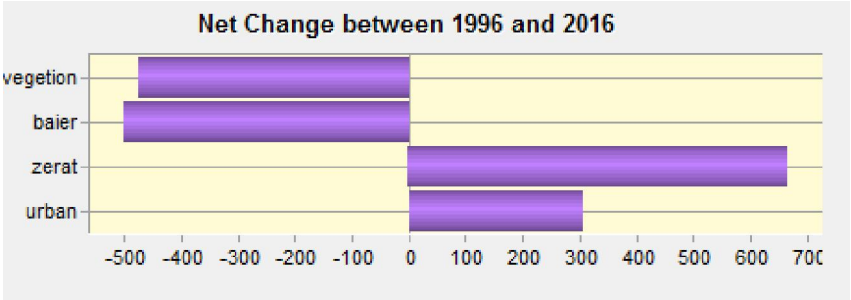
شکل ۲ : نقشه کاربری اراضی شهر رامهرمز الف. در سال ۱۹۹۶، ب: در سال ۲۰۱۶
(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

تحلیل تغییرات ایجاد شده در کاربری‌ها:

جهت پی بردن به تغییرات ایجاد شده در مقطع زمانی مورد مطالعه، تصاویر طبقه‌بندی شده در نرم افزار TerrSat مورد مقایسه قرار گرفتند. که نتایج ذیل حاصل شده است. بر همین اساس همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد که در طی این ۲۰سال نزدیک به ۱۶۲۹ هکتار افزایش داشته است. سپس اراضی ساخته شده توسط انسان(شهر، راه ارتباطی) می‌باشد که در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ تقریباً ۷۶۱ هکتار افزایش داده شده است.



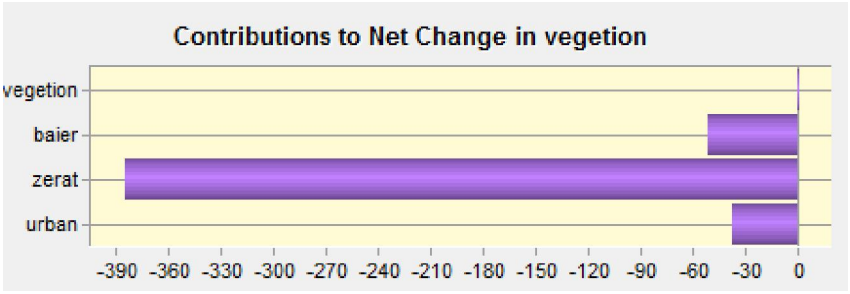
شکل ۳: نمودار تغییرات اراضی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از **TerrSat** (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)



شکل ۴: نمودار تغییرات خالص اراضی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از **TerrSat** (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

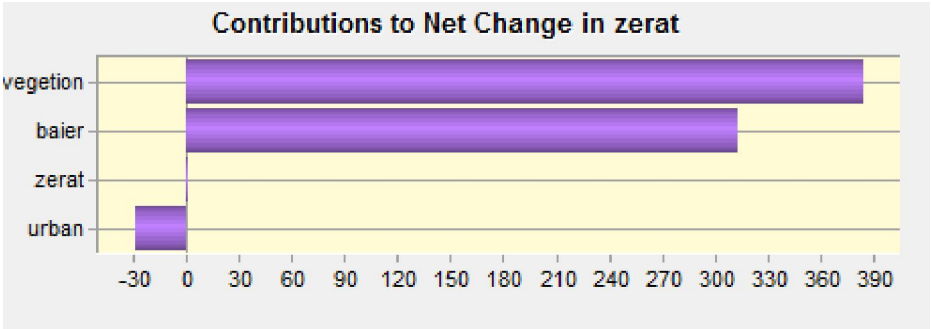
شکل ۴ تغییرات خالص هر یک از کاربری‌ها را در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. برای ارزیابی و شناخت میزان تغییرات هر کاربری به کاربری دیگر به عنوان مثال برای پی بردن به اینکه چه میزان از اراضی کشاورزی تبدیل به کاربری دیگر شده است با استفاده از گزینه Contributtors to net change experienced در نرم‌افزار TerrSET این ارزیابی صورت گرفته است که نتایج آن به شرح ذیل می‌باشد:

بر اساس شکل ۵ میزان پوشش گیاهی در منطقه به شدت کاهش داشته است. به طوری که ۳۸۴ هکتار به اراضی کشاورزی، ۳۰ هکتار از این کاربری به اراضی ساخته شده دست بشر(شهر)، ۵۱ هکتار به زمین‌های فاقد پوشش گیاهی تبدیل شده است.



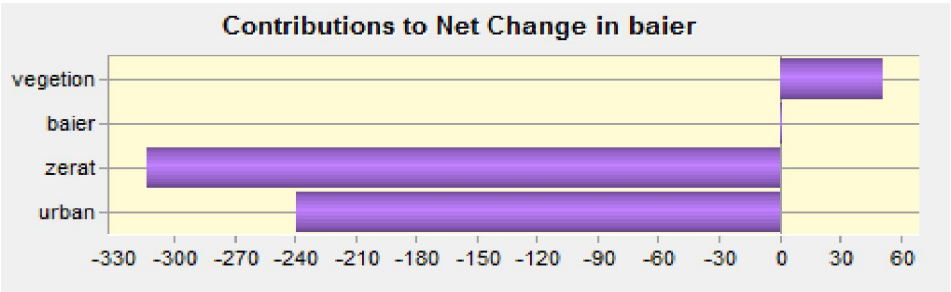
شکل ۵ نمودار تبدیل کاربری پوشش گیاهی به سایر کاربری‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از TerrSat (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

بر اساس شکل ۶ تغییرات کاربری اراضی کشاورزی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ به شرح ذیل می‌باشد. در طی این سال‌ها ۳۱۳ هکتار از اراضی بایر و ۳۸۴ هکتار از اراضی زراعی، ۴۳۵ پوشش گیاهی تبدیل به زمین‌های کشاورزی شده‌اند.



شکل۶ نمودار تبدیل کاربری اراضی کشاورزی به سایر کاربری‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از **TerrSat** (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

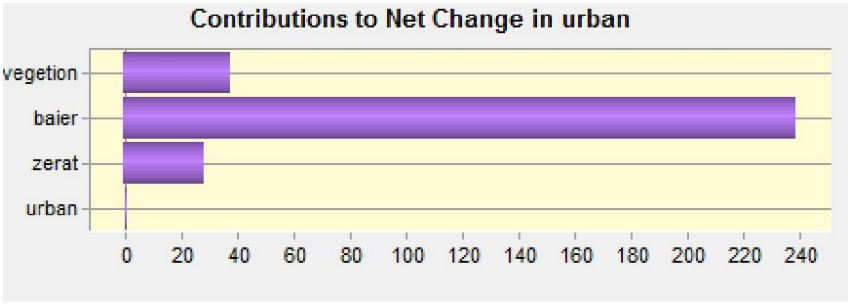
بر اساس شکل ۷ تغییرات زمین‌های فاقد پوشش گیاهی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ به شرح ذیل می‌باشد. ۵۱ هکتار از کاربری پوشش گیاهی به زمین‌های فاقد پوشش گیاهی تبدیل شده است. از طرف دیگر در طی این سال‌ها، ۳۱۳ به اراضی کشاورزی و ۲۳۹ هکتار به اراضی ساخت دست بشر تبدیل شده‌اند.



شکل ۷: نمودار تبدیل کاربری اراضی فاقد پوشش گیاهی به سایر کاربری‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از TerrSat (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

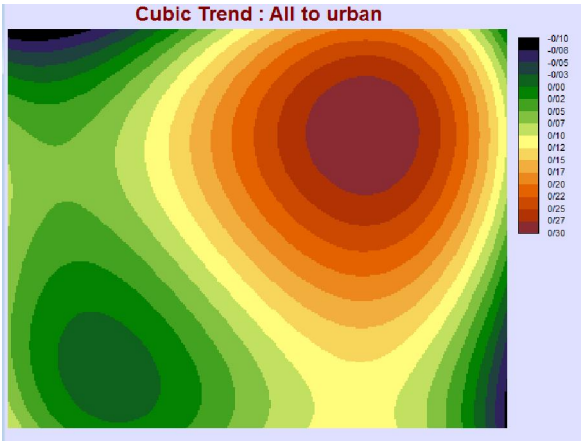
بر اساس شکل ۸ تغییرات اراضی ساخته شده دست بشر، در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ به شرح ذیل می‌باشد بر همین اساس وسعت این کاربری در طی این ۲۰ سال

افزایش داشته است ۲۳۹ هکتار از اراضی بایر، ۲۹ هکتار از اراضی کشاورزی، و ۳۸ هکتار از اراضی پوشش گیاهی تبدیل به اراضی ساخت دست بشر شده‌اند.



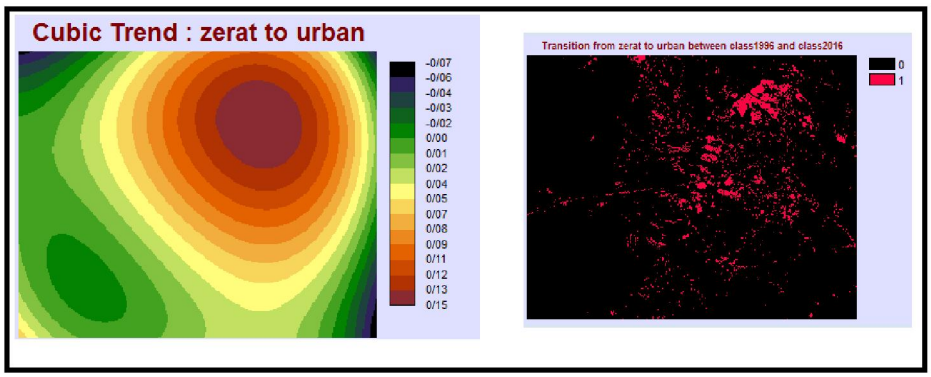
شکل ۸: نمودار تبدیل کاربری اراضی ساخت دست بشر به سایر کاربری‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از TerrSat (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

شکل ۹ نقشه تبدیل کلاس‌های کاربری را در شهر رامهرمز نشان می‌دهد. بر همین اساس بیشتر توسعه شهر در قسمت مرکزی رو به شمال منطقه می‌باشد که با رنگ قهوه‌ای مشخص شده است. و قسمت‌های غربی منطقه کمترین تغییرات را داشته است. به عبارتی توسعه شهر از هسته اولیه شهر به اطراف بوده است. با توجه به اینکه قسمت شمالی منطقه کوهستانی می‌باشد توسعه به سمت جوب و غرب ادامه داشته است.



شکل ۹: نقشه تغییرات اراضی ساخته شده دست انسان نسبت به تمامی کاربری‌ها در شهر رامهرمز در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از **TerrSat** (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

شکل ۱۰ مناطقی که اراضی کشاورزی را که تبدیل به اراضی ساخت دست انسان شده‌اند، نشان می‌دهد. بر همین اساس بیشتر تغییرات در اطراف شهر بوده است. و هرچه از شهر فاصله می‌گیریم و دورتر می‌شویم این تغییرات هم کمتر می‌شود.



شکل ۱۰: نقشه مناطق زراعی که تبدیل به شهر شده‌اند. در شهر رامهرمز در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز با استفاده از نرم از TerrSat (یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

شکل ۱۱ اراضی زراعی را نشان می‌دهد که در طی این سال‌ها تبدیل به اراضی شهری شده‌اند. همین طور که نشان داده شده است بیشتر این اراضی در اطراف شهر می‌باشد. تمامی اطراف شهر رامهرمز را اراضی کشاورزی در برگرفته است به نوعی رامهرمز یک باغ شهر محسوب می‌شود.

برای برآورد درصد تغییرات هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی در نرم‌افزار TarrSat ابتدا جدولی از پیکسل‌های تغییرات هر کاربری به کاربری دیگر تهیه گردید. نتایج آن در جدول۲ نشان داده شده است و ماتریسی بدین ترتیب تهیه گردید.

جدول ۲: تعداد پیکسل‌های خروجی کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز

	اراضی ساخته شده	اراضی زراعی	پوشش گیاهی	اراضی بایر	مجموع
اراضی ساخته شده	۴۶۰۲	۳۷۹۸	۳۸۶۲	۷۹۳	۱۳۰۵۵
اراضی زراعی	۳۴۸۰	۱۸۲۵۰	۹۰۰۶	۵۶۱۸	۳۶۳۵۴
پوشش گیاهی	۱۲۰۵	۵۵۲۶	۱۴۲۹۳	۱۱۶۸	۲۲۱۹۲
اراضی بایر	۳۷۱	۱۳۴۹	۵۹۹	۱۸۴۸	۴۱۶۷
مجموع	۹۶۵۸	۲۸۹۲۳	۲۷۷۶۰	۹۴۲۷	۷۵۷۶۸

(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

بر اساس جدول ۲میزان تغییرات کاپای آن برابر با ۰/۲۸۷۰ می‌باشد که قابل قبول می‌باشد. به همین ترتیب نرخ میزان تغییرات با استفاده از رابطه ذیل به دست می‌آید:

رابطه ۱ $r=(1/(t2-t1)) * \ln(A2/A1)$

R = درصد تغییرات

T2 = آخرین زمان تحلیل

T1 = زمان اولیه تحلیل

A1= اولین وسعت کاربری

A2+ دومین وسعت کاربری

جدول ۳: وسعت کلاس‌های کاربری در شهر رامهرمز بر حسب هکتار

کلاس کاربری	۱۹۹۶	۲۰۱۶	میزان تغییرات(درصد)
اراضی ساخته شده	۸۶۹/۲۲	۱۱۷۴/۹	۳۹/۱
اراضی زراعی	۲۶۰۳/۰۷	۳۲۷۱/۸۶	۲۹/۷
پوشش گیاهی	۲۴۹۸/۴۰	۱۹۹۷/۲۸	-۲۹/۱
اراضی فاقد پوشش گیاهی	۸۴۸/۴۳	۳۷۵/۰۳	-۱۰/۶

های تحقیق: نگارندگان)(یافته

بر اساس جدول ۲ مساحت کاربری اراضی ساخته شده توسط انسان در سال ۱۹۹۶ برابر با ۸۶۹/۲۲ هکتار و در سال ۲۰۱۶ برابر با ۱۱۷۴/۹ هکتار بوده است. بر همین اساس میزان تغییرات این کاربری در طی این ۲۰ برابر با ۳۹/۱ درصد بوده است. مساحت کاربری اراضی زراعی در سال ۱۹۹۶ برابر با ۲۶۰۳/۰۷ هکتار و در سال ۲۰۱۶ برابر با ۳۲۷۱/۸۶

هکتار بوده است. بر همین اساس میزان تغییرات این کاربری در طی این ۲۰ برابر با ۲۹/۷ درصد بوده است. مساحت کاربری اراضی پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۶ برابر با ۲۴۹۸/۴۰ هکتار و در سال ۲۰۱۶ برابر با ۱۹۹۷/۲۸ هکتار بوده است. بر همین اساس میزان تغییرات این کاربری در طی این ۲۰ برابر با ۲۹/۱- درصد بوده است. مساحت کاربری اراضی فاقد پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۶ برابر با ۸۴۸/۴۳ هکتار و در سال ۲۰۱۶ برابر با ۳۷۵/۰۳ هکتار بوده است. بر همین اساس میزان تغییرات این کاربری در طی این ۲۰ برابر با ۱۰/۶- درصد بوده است.

در اینجا به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA-Markov، از جدول مساحت انتقال یافته و تصاویر احتمال شرطی استفاده می‌شود. نقشه کاربری اراضی حاصل از مدل‌سازی را می‌توان با نقشه کاربری اراضی به دست آمده از تصویر لندست ۸ سال ۲۰۱۶ به عنوان مرجع، مقایسه کرد. پیش‌بینی تغییرات با استفاده از تحلیل مارکوف، به طور کلی بر وضعیت کاربری زمین در دوره ۲۰ متکی است. پس از آشکارسازی تغییرات، میزان ضریب همبستگی کرامر متغیرهای مستقل برای وارد کردن به مدل محاسبه شد(جدول۵).

جدول ۲: ضریب همبستگی کرامر متغیرهای مستقل

متغیر مستقل	ارتفاع	شیب	جهت شیب	فاصله از راه ارتباطی	فاصله ار اراضی کشاورزی	فاصله از رودخانه
ضریب کرامر	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۷

(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

بعد از اجرای تحلیل زنجیره مارکوف بر روی دو نقشه کاربری اراضی به دست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، یک ماتریس احتمال انتقال، ماتریس مساحت انتقال یافته، و چند تصویر احتمال شرطی ایجاد شد. در هر دو جدول ۶ و ۷، ردیف نشان دهنده پوشش زمین دوره اول و ستون نشان دهنده پوشش زمین در دوره دوم است. تصاویر احتمال شرطی حاصل از تحلیل زنجیره مارکف، از ماتریس احتمال انتقال به دست آمده است، احتمال اینکه هر نوع پوشش زمین در هر موقعیت مکانی در آینده پیدا شود را بیان می‌کند که بر اساس دو تصویر پوشش زمین قبلی نقشه سازی شده است. در نهایت ۶ تصویر(فاصله از رودخانه، فاصله از شهر، اراضی کشاورزی تبدیل شده به شهر و فاصله

از راههای ارتباطی، شیب و جهت) احتمال شرطی با استفاده از ماژول STCHOICE در نـرم افـزارTarrSat یکی می‌شود.

جدول ۶: ماتریس تغییرات کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ در شهر رامهرمز

	اراضی ساخته شده	اراضی زراعی	پوشش گیاهی	اراضی بایر	مجموع
اراضی ساخته شده	۰/۰۶۰۷	۰/۰۵۰۱	۰/۰۵۱۰	۰/۰۱۰۵	۰/۱۷۲۳
اراضی زراعی	۰/۰۴۵۹	۰/۲۴۰۹	۰/۱۱۸۹	۰/۰۷۴۱	۰/۴۷۹۸
پوشش گیاهی	۰/۰۱۵۹	۰/۰۷۲۹	۰/۱۸۸۶	۰/۰۱۵۴	۰/۲۹۲۹
اراضی بایر	۰/۰۰۴۹	۰/۰۱۷۸	۰/۰۰۷۹	۰/۰۲۴۴	۰/۰۵۵۰
مجموع	۰/۱۲۷۵	۰/۳۸۱۷	۰/۳۶۶۴	۰/۱۲۴۴	۱/۰۰۰

(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

مقایسه نقشه ۲۰۱۶ و نقشه پیش‌بینی به دست آمده نشان می‌دهد با توجه به روند کنونی نزدیک به ۱۰۲ هکتار از اراضی کشاورزی، ۱۷۸ هکتار از مناطق پوشش گیاهی کاهش می‌یابند. و ۱۹۳ هکتار اراضی ساخته شده دست انسان، ۲۱۲ هکتار به اراضی فاقد پوشش گیاهی افزوده می‌شود(جدول ۷)

جدول شمار۷:ماتریس مساحت انتقال یافته

	اراضی ساخته شده	اراضی زراعی	اراضی بایر	پوشش گیاهی
اراضی ساخته شده	۰/۵۵۴۲	۰/۳۱۵۰	۰/۰۹۵۷	۰/۰۳۵۱
اراضی زراعی	۰/۱۱۲۳	۰/۶۷۳۰	۰/۱۶۸۹	۰/۰۴۵۸
اراضی بایر	۰/۱۲۰۳	۰/۲۷۷۵	۰/۵۸۶۶	۰/۰۱۵۷
پوشش گیاهی	۰/۰۵۶۳	۰/۶۰۴۰	۰/۰۸۶۴	۰/۲۵۳۲

(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

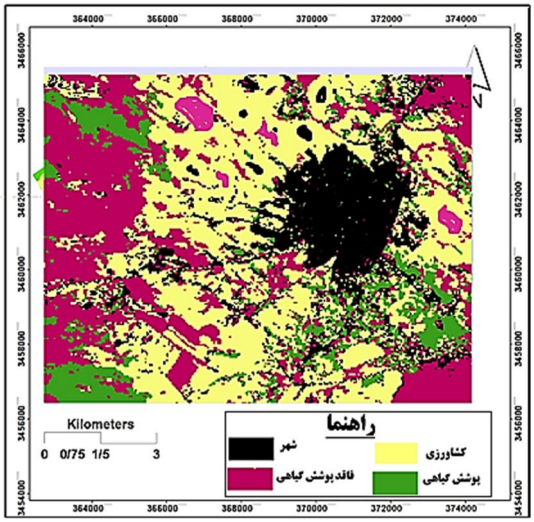
نتایج ارزیابی مدل با به کارگیری نقشهٔ پوشش سرزمین سال ۲۰۱۶ مورد ارزیابی صحت گرفت که شاخص کاپای توافق کاپا KIA به کار گرفته شد. بنابراین، نقشهٔ

مدل‌سازی شدهٔ سال ۲۰۱۶ با تصویر طبقه‌بندی شدهٔ آن مقایسه شد و نتایج ارزیابی مدل، نشان دهندهٔ کاپای استاندارد ۰/۷۹ است(جدول ۸).

جدول ۸:ماتریس مساحت انتقال یافته

کاپای استاندارد	کاپا برای مکان	کاپا برای کمیت	کاپا برای نبود اطلاعات
۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۸۱	۰/۸۳

(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)



شکل ۱۲: نقشه پیش‌بینی رشد شهر رامهرمز در سال ۲۰۲۵(یافته‌های تحقیق: نگارندگان)

نتیجه‌گیری:

نتایج این مطالعه گویای این است که تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در اجرای مدل‌های ارزیابی تغییرات مکانی – زمانی کاربری اراضی، به منظور آگاهی از نوع و درصد کاربری اراضی و میزان تغییرات آنها، در منابع طبیعی و بخش‌های دیگر بسیار کارآمد است. همچنین به عنوان یک پارامتر مدیریتی می‌تواند برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید.

در این تحقیق نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از اراضی کشاورزی، شیب و جهت شیب هستند که در تحقیقات وفایی و همکاران (۱۳۹۱)، طاهری

و همکاران(۱۳۹۲)، غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۳)، پرما و همکاران(۱۳۹۶) نیز به کار گرفته شده و بر اهمیت این عوامل در مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین تأکید شده است.

مطابق با نتایج این تحقیق، نقشه‌های پوشش سرزمین دو دوره نشان دهندهٔ تغییر سطح همهٔ کاربری‌ها است، اما ترتیب این تغییرات از بیشتر به کمتر مربوط به طبقات اراضی ساخته شده توسط انسان، اراضی کشاورزی، پوشش گیاهی و بایر است. بنابراین، می‌توان با اعمال روش‌های صحیح مدیریتی از تخریب و تبدیل این مناطق جنگلی و کشاورزی پیشگیری کرد. در همین رابطه می‌توان پیشنهادهای ذیل را ارائه داد:

۱. وضع قوانین و مقرارت در ارتباط با نحوه بهره‌برداری از اراضی کشاورزی و جنگلی
۲. با توجه به اینکه در بیشتر مدل‌های پیش‌بینی اساس بر ثابت بودن روابط متقابل تغییرات و علت‌های آن در طول زمان است ولی فرآیندهای تغییرات استفاده از زمین پویا هستند، از این رو این گونه مدل‌سازی‌ها باید برای دوره‌های کوتاه مدت (۵-۱۰) سال اجرا شوند.
۳. استفاده از تصاویر تصحیح شده هندسی شده توسط سازمان نقشه برداری کشور که دارای دقت و پوشش یکنواختی است.
۴. بهره‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان شهری در جهت استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و جی‌ای اس و مدل‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در جهت انتخاب مکان‌های بهینه برای توسعه شهر.

منابع و مآخذ:

۱. آرخی، ص، ۱۳۹۴؛ بررسی روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS(مطالعه مورد: منطقه سرابله، استان ایلام)، مجله محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۸، ۱، ۱-۱۳.

۲. ایرانمهر، م، پورمنافی، س، سفیانیان، ع، ۱۳۹۴،پایش اکولوژیکی و بررسی تغییرات مکانی-زمانی پوشش اراضی با تأکید بر مقدار مصرف آب بخش کشاورزی در محدودهٔ زاینده رود، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۲،، بهار، ص ۲۳-۳۸.

۳. امان پور، س، بهمئی، ح، کاملی فر، م.ج، ۱۳۹۶، تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلانشهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهوارهای در محیطENVI «مطالعه موردی: کلانشهر اهواز»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)دوره،۲۶،۱۰۲تابستان، صص ۱۴۰- ۱۵۲.

۴. امیدوار، ک، نارنگی فرد، م، عباسی، ح، ۱۳۹۴،آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در شهر یاسوج با استفاده از سنجش از دور، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای. ۱۶، پاییز، صص ۱۲۶-۱۱۱.

۵. پرما، ر، ملک نیا، ر، شتابی، ش، نقوی، ح، ۱۳۹۶، مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین بر پایهٔ شبکهٔ عصبی مصنوعی و پتانسیل انتقال در روش LCM (مورد مطالعه: جنگل‌های گیلان غرب، استان غرب)، مجله آمایش سرزمین، دورهٔ نهم، شمارهٔ اول، ص ۱۲۹- ۱۵۱.

۶. دانش، ر، ایلانلو، م، (۱۳۹۹)، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پراکنش افقی مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر ماهشهر در مقطع زمان ۱۳۹۵-۱۳۳۵)، مجله آمایش محیط، دوره ۱۳، شماره ۴۹. ۱۹-۱.

۷. داودی منظم، ز، حاجی نژاد، ع، عباس نیا، م، پورهاشمی، س،۱۳۹۳، پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان شهریار)، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی،سال پنجم/ ۱،۲.

۸. طاهری، م، غلامعلی فرد، م، ریاحی بختیاری، ع، رحیم اوغلی، ش، ۱۳۹۲، مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی و زنجیرهٔ مارکوف، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، ۱۲۱-۹۷.

۹. غلامعلی فرد، ج، شوشتری، ش، ابکار، ع، نعیمی، ب، ۱۳۹۳، مقایسهٔ الگوریتم‌های رگرسیون لجستیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی در مدل‌سازی تجربی پتانسیل انتقال تغییر پوشش سرزمین سواحل استان مازندران، پژوهش‌های محیط زیست، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۹، ۱۷۶-۱۶۷.

۱۰.فارسی، ج، یوسفی، م، ۱۳۹۲، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بجنورد)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی – سال دوم، ۹۲-۱۰۵.

۱۱.فیضی‌زاده، ب، طاهری، ع، ۱۳۹۹، استفاده از تکنیک‌های پردازش شیء پایه در مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حاصل از رشد شهری در محدوده شهر مراغه، فصلنامه آمایش محیط، دوره ۱۳، شماره ۵۱، ۲۲-۱.

۱۲.قادری مطلق، ا، پیشگاهی فرد، ز، شریعت پناهی، م، ۱۳۹۵، ارزیابی تأثیر فضایی _ زمانی سیاست‌ها و قوانین زمین شهری بر گسترش بهینه شهری مهاباد با استفاده از CA-Markov، پژوهش، دورهٔ۴،شمارهٔ۳،پاییز، ۳۸۵- ۴۱۰.

۱۳.قربان نیا خبیری، و، میرسنجری، م. آرمین، م،۱۳۹۶، پیش بینی تغییرات کاربری جنگل در حوزه آبخیز چالوس رود، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی(سال هشتم/ دوم) ص ۸۰، ۷۹- ۹۱.

۱۴.کرمی قهی، ف؛ علی خواه اصل، م، رضوانی،س، ۱۳۹۵، محمد، ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی شهرستان رودبارقصران با استفاده از طبقه‌بندی و پردازش تصاویر ماهواره ای، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱-۱۳.

۱۵.وفایی، س، درویش صفت، ع. ا، پیر باوقار، م، ۱۳۹۲، پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM(مطالعهٔ موردی: منطقه مریوان). مجلهٔ جنگل ایران، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۳، ۳۳۶-۳۲۳.

16. Cheng-lin, M, Li-yan, S, Li Y, 2016, The studies of ecological environmental quality assessment in Anhui Province based on ecological footprint, Ecological Indicators, 60. 879-883
17. Chen J, Gao Ji, Chen W, 2016, Urban land expansion and the transitional mechanisms in Nanjing China, Journal Habitat International 53, PP 274-
18. Chu, Xi, Xiangzheng D, Gui J, Zhan W, Zhaohua L, 2017, Ecological security assessment based on ecological footprint approach in Beijing-Tianjin-Hebei region, China, Physics and Chemistry of the Earth. 1-9.
19. Gupta, R Parkash, A., P.,1998. Land-use mapping and change detection in a coal mining area-a case study in the Jharia coalfield, India. International Journal of Remote Sensing, 19, 391–410.

20. Hassan, M. 2017, Monitoring land use/land cover change, urban growth dynamics and landscape pattern analysis in five fastest urbanized cities in Bangladesh.Journal Remote Sensing Applications: Society and Environment 7 (69–83).
21. Kafi, K.M., Shafri, H.Z.M., Shariff, A.B.M. 2014, An analysis of LULC change detection using remotely sensed data; A Case study of Bauchi City, 7th IGRSM International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition, pp.1-9
22. Mialhe, o, Franc¸ Y, Gunnell. A, Ignacio. N, Delbart, J, Ogania, S.H, 2017, Monitoring land-use change by combining participatory land-use maps with standard remote sensing techniques: Showcase from a remote forest catchment on Mindanao, Philippines, Journal International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 36, 69-82.
23. Pozoukidoua, G, Ntriankos, I. 2017. Measuring and assessing urban sprawl: A proposed indicator system for the city of Thessaloniki, Greece, Journal Remote Sensing Applications: Society and Environment 8, PP 30-40.
24. Zhao, H, Cui, Baoshan, Z, Honggang, F, Xiaoyun, Z, Zhiming, L, X ,2010. A landscape approach for wetland change detection (1979-2009) in the Pearl River Estuary, Procedia Environmental Sciences, No 2,2010, p 1265–1278.