

مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر لاهیجان با رویکرد توسعه پایدار

علی اصغر عبدالهی^۱ - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران
مصطفی خبازی - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران
زهرا درانی - دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰

چکیده

در سال های اخیر، اراضی از شهرهای ایران به خصوص اراضی حاشیه ای شهرها، تحت تأثیر روند شهرنشینی و نیاز شهروندان به مسکن، تغییر کاربری داده و به اراضی ساخته شده تبدیل گردیده است. هم چنین شهر لاهیجان نیز مانند بسیاری از شهرهای ایران به دلیل افزایش ساخت و ساز، دچار تغییر و تحولات قابل توجهی در زمینه کاربری اراضی شده است. هدف پژوهش حاضر مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از LCM و CA MARKOV می باشد، روش پژوهش، به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش از نوع تحقیقات توصیفی - تحلیلی می باشد. در این راستا از تصاویر ماهواره ای لندست مربوط به چهار دوره زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷ بهره گرفته شده است. تصاویر چهار دوره پس از عملیات پیش پردازش با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه بندی گردیدند. سپس با استفاده از مدل LCM و CA MARKOV به شناسایی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر لاهیجان پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که مساحت اراضی ساخته شده از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ نزدیک به ۱۲۵۰ هکتار افزایش یافته و اراضی جنگل و باغات در این دوره با کاهش حدوداً ۲۰۰۰ هکتاری روبه رو بوده است. بنابراین با توجه به مقایسه طبقه بندی ها و نتایج حاصل از مدل LCM مشخص می گردد، که بیشترین تغییرات در این دوره مربوط به جنگل و باغات می باشد. در پایان با به کارگیری مدل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری اراضی را برای سال ۱۴۰۹ را پیش بینی شده است. از این رو با توجه به نتایج حاصل از پیش بینی تغییرات احتمال می رود که در سال ۱۴۰۹ میزان ۷۶۰/۵ هکتار از اراضی جنگل و باغات کاسته شده و ۵۳/۹۱ هکتار به اراضی ساخته شده، ۶۹۳/۰۹ هکتار به شالیزارها و ۱۳/۵ هکتار نیز به پهنه آبی افزوده خواهد شد. بنابراین بررسی ها نشان می دهد رشد مساحت ها در محدوده مورد مطالعه متناسب و همسو بوده؛ و این مسئله باعث ایجاد پدیده گسترده در شهر لاهیجان گردیده است.

واژگان کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، مدل CA MARKOV، توسعه پایدار، شهر لاهیجان.

مقدمه

امروزه رشد روزافزون شهرها متأثر از جمعیت و مهاجرت، منجر به ساخت‌وسازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختار فضایی و گسترش شهرها شده (نظریان و همکاران، ۱۳۸۵: ۲)، که این امر منجر به تغییر در پوشش سطح زمین و تبدیل عوارض طبیعی مانند خاک و پوشش گیاهی به بافت‌های شهری شده است (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۴: ۱). بنابراین اولین پیامدی که با گسترش شهرها ظاهر می‌شود تغییر کاربری اراضی است (نورایی صفت و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۲). کاربری اراضی شامل انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. که با اطلاع از نسبت کاربری‌ها در یک محیط شهری و نحوه تغییرات آن در گذر زمان می‌توان تحولات آتی را پیش‌بینی نموده و برنامه‌ریزی متناسب با آن انجام داد (داودی منظم، ۱۳۹۳: ۱). تغییر کاربری زمین به عنوان فرایندی مؤثر در فضاهای شهری مطرح می‌باشد. که این تغییر غالباً در اثر فعالیت‌های انسانی روی می‌دهد اما به دلیل نبود برنامه‌ای اصولی، عدم توجه به توسعه پایدار و محدودیت‌های زیست‌محیطی و نداشتن مدیریت پایدار به یکی از مهم‌ترین معضلات در فضای نوین شهرها تبدیل شده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳۲). از آنجاکه این تغییرات برگشت‌ناپذیر تلقی می‌شوند، دسترسی به آمار و اطلاعات صحیح و به‌روز و آگاهی از روند آن‌ها از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزارهای مدیریتی در هر سازمانی می‌باشند (حقوقی فرد و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۵۶). بنابراین به منظور مدیریت بهتر اکوسیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت و برنامه‌ریزی بلندمدت، نیاز به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی این تغییرات در آینده است (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۶۴). در این میان در دو دهه اخیر استفاده از تکنولوژی سنجش‌ازدور به عنوان بهترین وسیله برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده، می‌تواند به عنوان ابزاری مکمل در تحلیل‌های توصیفی نقش کارآمدی را در شناخت، برنامه‌ریزی و ارزیابی طرح‌های کاربری زمین شهری ایفا کند (شمس و کرمی‌نژاد، ۱۳۹۳: ۴۶). هم‌چنین با توجه به کاربردهای فراوان سنجش‌ازدور می‌توان از آن در پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی نیز بهره برد (Lu et al, 2004: 2367). امروزه تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین به چالش مهمی در بسیاری از کشورها تبدیل شده است. این تغییرات تأثیر مستقیمی بر اجزای محیط‌زیست از جمله خاک، آب و اتمسفر دارد. از این‌رو بررسی تغییرات کاربری اراضی نقش اساسی در مطالعات زیست‌محیطی جهان ایفا می‌کند. از طرفی مدل‌سازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی نقش مهمی در مدیریت منابع داشته و مدیران را در برنامه‌ریزی بهتر کاربری اراضی یاری می‌دهد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۴۱). بنابراین از آنجایی که روند سریع این تغییرات باعث تغییرات چشمگیری در کره زمین شده و سطح کاربری‌ها را متحول کرده و این توسعه منجر به از بین بردن محیط‌زیست طبیعی شده است، برنامه‌ریزان را بر آن داشته تا با مطالعه بر روی اراضی، علت این تغییرات را بررسی کنند و از نتایج به دست آمده برای شناخت راهکارهای مبارزه با این تغییرات مخرب بهره‌برند (سلمی و ابراهیمی، ۱۳۹۷: ۷۲). تاکنون مطالعات و پژوهش‌های بسیاری در زمینه شناخت تغییرات کاربری اراضی صورت پذیرفته است که می‌توان در میان آن‌ها به مواردی اشاره نمود؛ محمد اسماعیل (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تغییرات کاربری اراضی شهر کرج و اطراف واقع در غرب شهر تهران مورد بررسی قرار داد. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ انواع کاربری‌های منطقه به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استخراج کرد. سپس مشخص نمود که شهر کرج در طول ۱۵ سال گذشته تغییرات وسیعی داشته و بسیاری از اراضی تولیدکننده محصولات زراعی و باغی به واحدهای ساخته شده مسکونی، صنعتی و غیره تبدیل شده که باعث گسترش شهر به سمت جنوب و غرب شده است. رجب‌زاده (۱۳۹۵) در تحقیقی تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و زنجیره مارکوف در طی دوره ۳۸ ساله در محیط نرم‌افزار ENVI مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد در طول ۳۸ سال گذشته این منطقه با کاهش ۱۲ درصدی باغات و افزایش ۷ و ۵ درصدی سطوح مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی روبه‌رو بوده است. هم‌چنین پیش‌بینی تغییرات کاربری ۱۱ سال آتی نیز نشان‌دهنده کاهش ۲ درصدی

باغات منطقه نسبت به وضعیت فعلی بوده، درحالی‌که سطح اراضی کشاورزی روند تقریباً ثابتی خواهد داشت و کاربری مسکونی با رشد ۲ درصدی همراه خواهد بود. زاین و همکاران (۲۰۰۵) رشد شهری در حوزه خلیج تمپا با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور موردبررسی قراردادند. در این مطالعه با اشاره به تبدیل چشم‌اندازهای طبیعی به اراضی ساخته‌شده شهری در اثر رشد جمعیت، اقدام به تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی منطقه اشاره‌شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست نموده و رشد اراضی شهری در طی دوره مورد مطالعه را سه برابر برآورد کرده و درنهایت با استفاده از مدل SLEUTH روند توسعه شهری را در سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی نموده‌اند. گوان و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات کاربری سرزمین ناشی از رشد شهر kitakyushu در کشور ژاپن را با استفاده از فنون سنجنش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین بررسی نمودند. بدین منظور با بهره‌گیری از تعداد ۴ سری تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ میلادی، نقشه‌های رشد شهری تهیه نمودند. سپس با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکوف میزان و شدت تغییرات را تا سال ۲۰۵۰ میلادی محاسبه کردند. نتایج این تحقیق مشخص کرد که رشد شهری شامل تغییر انواع مختلفی از طبقات کاربری سرزمین به کاربری سکونتگاهی است. اقبال و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه شهری چیتاگونگ بنگلادش را طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۱ با داده‌های لندست TM بررسی نمودند؛ پس از پردازش و تصحیح تصاویر و طبقه‌بندی آن‌ها با استفاده از سنجنش‌ازدور و مقایسه نقشه‌ها و پژوهش‌های قدیمی در دسترس، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که حدود ۲۷ درصد از مساحت منطقه مدنظر دستخوش تغییر شده است درنهایت پژوهشگران بهره‌گیری از فناوری GIS و سنجنش‌ازدور را برای برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت پایدارتر در بهره‌مندی از مناطق شهری توصیه کردند. در ایران از دهه ۴۰، گسترش فیزیکی شهرها بدون هیچ‌گونه نظارت و کنترلی از طرف سازمان‌های دولتی صورت گرفته که باعث عدم تعادل و توازن بین کاربری اراضی شهری شده و همواره قسمت زیادی از سطح زیرساخت‌های شهری به ساختمان‌های مسکونی و شبکه معابر و غیره اختصاص یافته است (کیانی و رئیسی، ۱۳۹۶: ۲۶۴). بنابراین تغییرات بدون برنامه‌ریزی به مشکلی حاد تبدیل شده است که اکثر آن‌ها بدون یک برنامه‌ریزی مدون و با توجه اندک به اثرات زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. در طی چهار دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی ایران در سطوح وسیع و گسترده و با سرعت فزاینده در برخی جهات نامطلوب به وقوع پیوسته، که این امر باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۸۹). محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر، شهر لاهیجان می‌باشد، این شهر در چند دهه اخیر رشد شتابان بی‌سرمایه و بی‌برنامه را دنبال کرده، زیرا تحولات اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی جامعه در چند دهه اخیر و توسعه شهرنشینی و به تبع آن گسترش فیزیکی شهرها، تمرکز شدید جمعیت و فعالیت را در شهرهای بزرگ دامن زده که شهر لاهیجان نیز از این قاعده مستثنی نبوده است (سمیع زاده و نیاکانی، ۱۳۹۴: ۵). شهر لاهیجان نیز همانند سایر شهرهای ایران، رشد شتابان شهرنشینی را در نتیجه عواملی مانند مهاجرت‌های شدید روستا به شهر تجربه کرده است، این امر علتی بر گسترش افقی شتابان این شهر در دهه‌های اخیر می‌باشد. بنابراین در آینده با پیامدهای منفی و نامطلوبی مانند تغییر زمین‌های کشاورزی به کاربری ساخته‌شده روبرو خواهیم شد. هدف پژوهش حاضر مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست با استفاده مدل LCM و CA MARKOV می‌باشد. بر این اساس گستردگی شهری در لاهیجان توانسته منجر به تغییر کاربری زمین شود، حال ممکن است که این تغییر در زمین‌های زراعی و باغات صورت پذیرد و یا مراتع، جنگل‌ها و دامنه‌های کم‌ویش شیب‌دار کوه‌ها و تپه‌ها را در برگیرد. بنابراین با مشخص شدن نوع تغییرات کاربری و ارائه راهکارهایی برای جلوگیری از آن و گستردگی شهری در جهت نیاز به زمین، مشکلات حاصل از پراکندگی کاهش‌یافته و تغییرات ایجادشده کمتر موجب از بین رفتن اراضی کشاورزی و

فضاهای سبز اطراف شهرها و مراتع و جنگل‌ها شوند. در این راستا پژوهش حاضر در صدد پاسخ دادن به سؤال زیر می‌باشد:

❖ طی دوره ۲۹ ساله موردنظر تغییرات کاربری اراضی شهر لاهیجان به چه صورت بوده است؟

مبانی نظری

کاربری اراضی به معنای استفاده از زمین در شرایط حاضر می‌باشد و نقشه کاربری‌ها پوشش فیزیکی سطح زمین را با توجه به استفاده از آن نشان می‌دهد. بررسی کاربری اراضی به این معناست که تمام فعالیت‌های موجود یا انواع مختلف استفاده از زمین نظیر زمین‌های زراعی، باغ‌ها، مناطق مسکونی، جنگل و مرتع، معادن و غیره به تصویر کشیده شود (امامقلی، ۱۳۹۳: ۲). کاربری اراضی از مهم‌ترین عواملی است که انسان از طریق آن منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ارزیابی روند تغییرات آن نیز فرایندی است که منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط طبیعی می‌شود که این مسئله در مناطق حساس زیستی از اهمیت بیشتری برخوردار است (سنجری، ۱۳۹۵: ۲۲). این تغییرات با فرایندهای طبیعی نظیر تغییر پوشش زمین و غیره در تعادل بوده اما فرایندهای اساسی که نوع، میزان و مشخصات فضایی تغییرات کاربری را کنترل می‌کنند به درستی درک نشده‌اند. از این رو فهم عوامل این تغییرات و تجربیات مدیریتی زمین برای بسیاری از زمینه‌های تحقیقی ضروری به نظر می‌رسد (Bouma & Varallyay, 1998: 105). بنابراین از آنجایی که روند سریع این تغییرات وسیع باعث تحولات چشمگیری در کره زمین، سطح کاربری‌ها و از بین بردن محیط‌زیست طبیعی شده، برنامه‌ریزان را بر آن داشته تا با مطالعه بر روی اراضی، علت این تغییرات را بررسی کنند و از نتایج به دست آمده برای شناخت راهکارهای مبارزه با آن‌ها بهره‌برند (کیانی سلمی و ابراهیمی، ۱۳۹۷: ۷۲). امروزه در زمینه تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی، مدل‌ها نقش مهمی در کاوش توسعه آتی دارند. از قابلیت‌های تشریحی و پیش‌بینی آینده‌ای که مدل‌ها دارا می‌باشند توانایی آن‌ها به عنوان ابزاری برای آگاهی افراد در تصمیم‌گیری‌های کاربری زمین است، به طوری که از این قابلیت آن‌ها می‌توان به عنوان سیستم‌های هشداردهنده اولیه استفاده نمود و تصمیم‌گیران را از نتایج توسعه آینده و مناطق دارای اولویت برای برنامه‌ریزی‌ها، تحلیل‌ها و سیاست‌های میانجی آگاه کرد (ممنی و عسگری، ۱۳۹۷: ۳۶). از این جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده اهمیت دارد؛ بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی آن‌ها لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه است. بر این اساس روش‌های متنوعی برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد که نسبت تبدیل کاربری اراضی مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها را در آینده فراهم می‌آورند (میرعلیزاده فرد و علی‌بخشی، ۱۳۹۵: ۳۴). از این رو پیش‌بینی مکانی کاربری اراضی را می‌توان به وسیله مدل‌های تجربی بر اساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده‌اند، با ارائه‌ای محدود از عوامل مؤثر بر این تغییرات صورت داد (وفایی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۲۴). از جمله مدل‌هایی که با استفاده از آن می‌توان تغییرات کاربری اراضی، علت و پیامدهای آن را شناسایی کرد مدل LCM می‌باشد و یک مدل نرم‌افزاری است که به منظور شناسایی و تشخیص مسئله تبدیل زمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی شده و به صورت یک برنامه عمودی در نرم‌افزار IDRISI قرار گرفته، که با استفاده از این مدل می‌توان تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی را ارزیابی و پیش‌بینی کرد (فتح‌الهی رودباری و همکاران، ۱۳۹۷: ۵۵). از دیگر روش‌هایی که در مدل‌سازی و پیش‌بینی کاربری زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به مدل زنجیره‌ای مارکوف اشاره نمود. فرایند مارکوف، دستگاهی است که می‌تواند از یک حالت به حالت دیگر در مرحله زمانی بعد مطابق با احتمالات ثابت انتقال یابد و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به راحتی قابل توصیف نباشند. هم‌چنین یک سری از مقادیر تصادفی

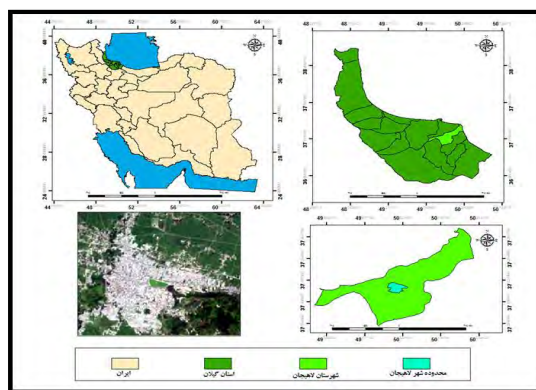
می‌باشد که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده‌شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است. بنابراین زنجیره مارکوف می‌تواند با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات صورت گرفته را در مسیر مناسبی هدایت کند (میرعلیزاده فرد و علی‌بخشی، ۱۳۹۵: ۳۴). توسعه پایدار در سه قلمروی محیطی - اقتصادی و اجتماعی دارای مفاهیم عمیقی است. به همین جهت برنامه‌ریزی کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین محورهای توسعه پایدار می‌باشد زیرا با سه قلمروی محیطی - اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار، ارتباط و تأثیرپذیری تنگاتنگی دارد. به همین دلیل همگام با تغییر در رویکردها و محورهای طرح‌های توسعه، کاربری زمین تغییرات محتوایی زیادی می‌پذیرد. از آنجاکه فناوری‌های نوین از جمله سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری کاربرد وسیعی دارند. هم‌چنین می‌توان از این ابزارها در برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی با رویکرد توسعه پایدار استفاده نمود (مرصوصی و پیروی، ۱۳۸۷: ۴).

روش پژوهش

روش پژوهش، به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش از نوع تحقیقات توصیفی - تحلیلی و روش گردآوری داده‌ها در این تحقیق نیز به صورت کتابخانه‌ای می‌باشد. در این راستا از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به چهار دوره زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷ بهره گرفته شده است. تصاویر چهار دوره پس از عملیات پیش‌پردازش با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردیدند. سپس با استفاده از مدل LCM و CA MARKOV به شناسایی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر لاهیجان پرداخته شده است.

محدوده مورد مطالعه

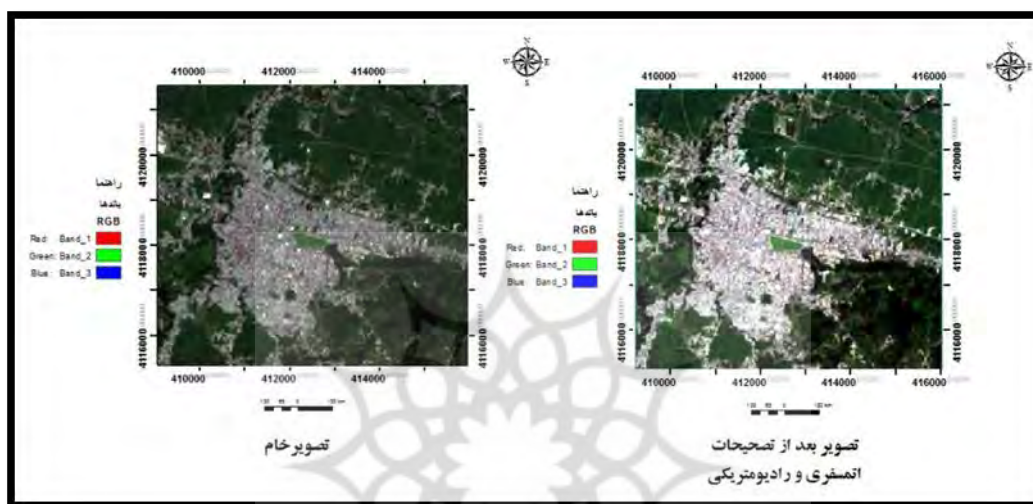
شهر لاهیجان در شرق استان گیلان، در بخش مرکزی شهرستان لاهیجان واقع شده است. به صورت یک‌شکل غیر هندسی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۰٫۴ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و طول‌های ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار گرفته است (محمدی‌جو و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۱۵). این شهر از شمال به دریای خزر، از شرق به لنگرود، از جنوب به دیلمان، از جنوب غربی به سیاهکل و از غرب به آستانه اشرفیه محدود می‌شود (زیاری و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۰). هم‌چنین شهر لاهیجان در سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ از ۳۴/۴۹۷ خانوار و ۱۰۱۰۷۳ جمعیت برخوردار بوده است که در این میان ۵۰۱۲۳ آن را مردان و ۵۰۹۵۰ نفر زنان تشکیل می‌دهند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). محدوده مورد مطالعه حاضر در شکل (۱) مشخص گردیده است.



شکل شماره ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

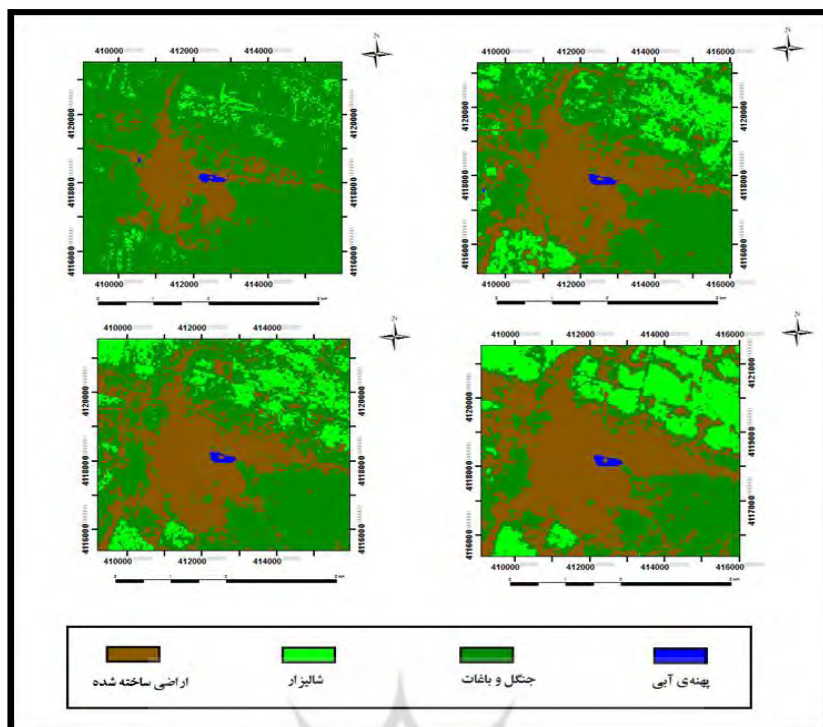
بحث و یافته‌ها

به منظور دستیابی به تغییرات رخ داده در محدوده مورد مطالعه تصاویر مربوط به ۴ دوره ماهواره لندست سنجنده TM ۱۳۶۸، ETM ۱۳۷۹، TM ۱۳۸۹ و OLI سال ۱۳۹۷ از وبسایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا تهیه گردید. پیش از به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه و تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای اتمسفری مانند وجود لکه‌های ابر و هم‌چنین از نظر وجود خطای رادیو متریکی مانند اثرات پخش اتمسفری مورد بررسی و تصحیح قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار ENVI عملیات پیش‌پردازش برای اعمال تصحیحات اتمسفری و رادیو متریکی بر روی تصاویر صورت پذیرفت. شکل (۲) تصویر سال ۱۳۹۷ قبل و بعد از عملیات پیش‌پردازش را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۲. تصحیحات اتمسفری و رادیو متریکی تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه استفاده شده در تحقیق پس از تصحیحات اتمسفری و رادیو متریکی، برای تهیه نقشه کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفتند. بدین ترتیب از آنجایی که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز تولید شد. سپس تصاویر برای تهیه این نقشه به چهار کلاس تقسیم گردیدند که عبارت است از: اراضی ساخته شده، جنگل و باغات، شالیزار و پهله آبی، در آخر از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی کلاس‌های مورد نظر استفاده گردید. شکل (۳) تصاویر طبقه‌بندی بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد.

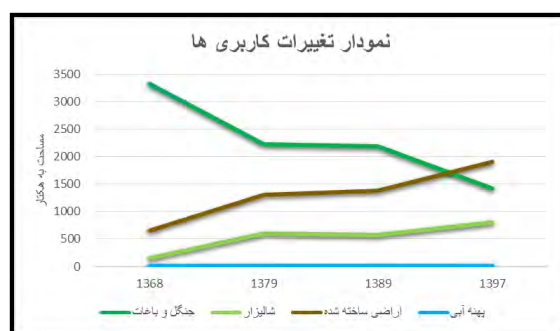


شکل شماره ۳. تصاویر طبقه‌بندی شده

جدول شماره ۱. مساحت کاربری‌ها (هکتار)

۱۳۹۷	۱۳۸۹	۱۳۷۹	۱۳۶۸	طبقات
۱۴۱۵/۳۴	۱۸۹۱/۲۶	۲۲۲۷/۰۵	۳۳۲۲/۲۶	جنگل و باغ‌ها
۸۰۹/۴۶	۸۶۳/۷۳	۵۹۵/۰۸	۱۵۴/۳۵	شالیزار
۱۹۰۴/۴۰	۱۳۷۳/۷۶	۱۳۰۷/۷۹	۶۵۵/۳۸	اراضی ساخته‌شده
۱۵/۸۴	۱۶/۲۹	۱۵/۱۲	۱۳/۰۵	پهنه‌ی آبی

با توجه به جدول به (۱) می‌توان بیان کرد که بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۷ مساحت اراضی ساخته‌شده، شالیزار و پهنه آبی افزایش و مساحت جنگل و باغات کاهش یافته است. همچنین در میان کاربری‌های مورد مطالعه در کل بازه ۲۹ ساله بیشترین تغییر مربوط به کاربری جنگل و باغات با کاهش ۱۹۰۶/۹۲ هکتار و کم‌ترین تغییر کاربری پهنه آبی با افزایش ۲/۷۹ هکتار می‌باشد. در شکل (۴) نمودار تغییرات کاربری اراضی میزان افزایش و کاهش هر کاربری را بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۴. نمودار تغییرات کاربری اراضی

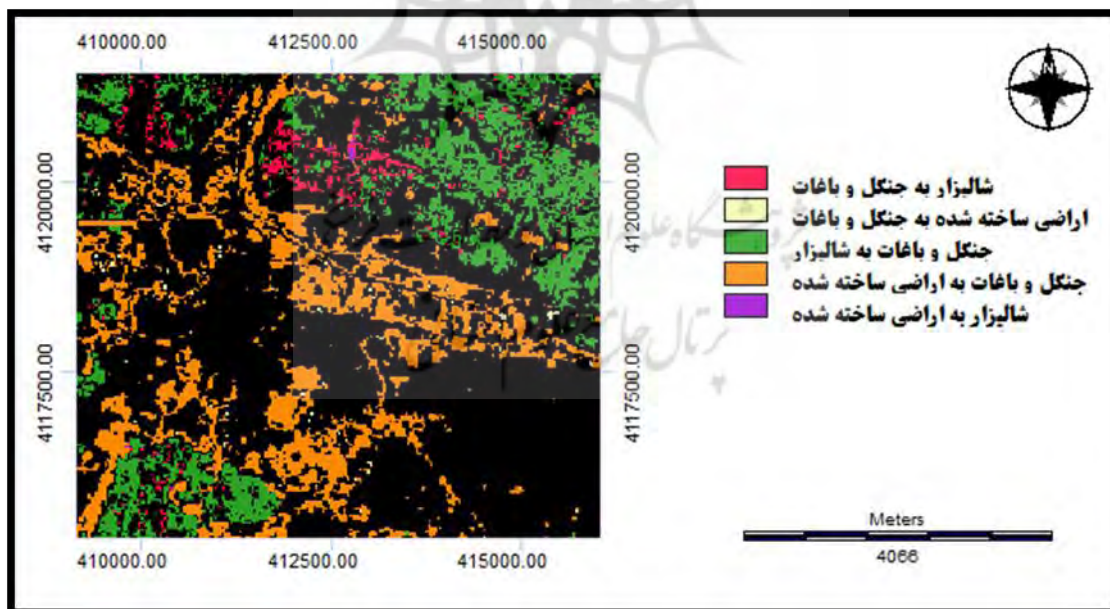
برای ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی‌شده از شاخص کاپا استفاده شد. ضریب کاپا، صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده باشد) محاسبه می‌کند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۱۵). میزان دقت کلی و ضریب کاپا در جدول (۲) مشخص گردیده است.

جدول شماره ۲. پارامترهای ارزیابی صحت طبقه‌بندی

پارامترهای آماری	۱۳۶۸ تصویر TM	۱۳۷۹ تصویر ETM	۱۳۸۹ تصویر TM	۱۳۹۷ تصویر OLI
ضریب کاپا	۹۹/۴۶	۹۹/۴۹	۹۹/۹۱	۱۰۰
دقت کلی	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۱۰۰

مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM)

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت است. این مدل 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 (غلامعلی فرد و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۲). در این پژوهش تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۷ با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین در نرم‌افزار ادریسی انجام شده است. شکل (۵) بیانگر تغییرات کاربری بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹ می‌باشد. در این دوره بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل کاربری جنگل و باغات به اراضی ساخته‌شده با ۶۶۲/۹۴ هکتار و همچنین کم‌ترین تغییرات نیز مربوط به تبدیل اراضی شالیزار به اراضی ساخته‌شده با ۲/۵۲ هکتار می‌باشد. هم‌چنین در جدول (۳) میزان مساحت تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۹ را نشان می‌دهد.



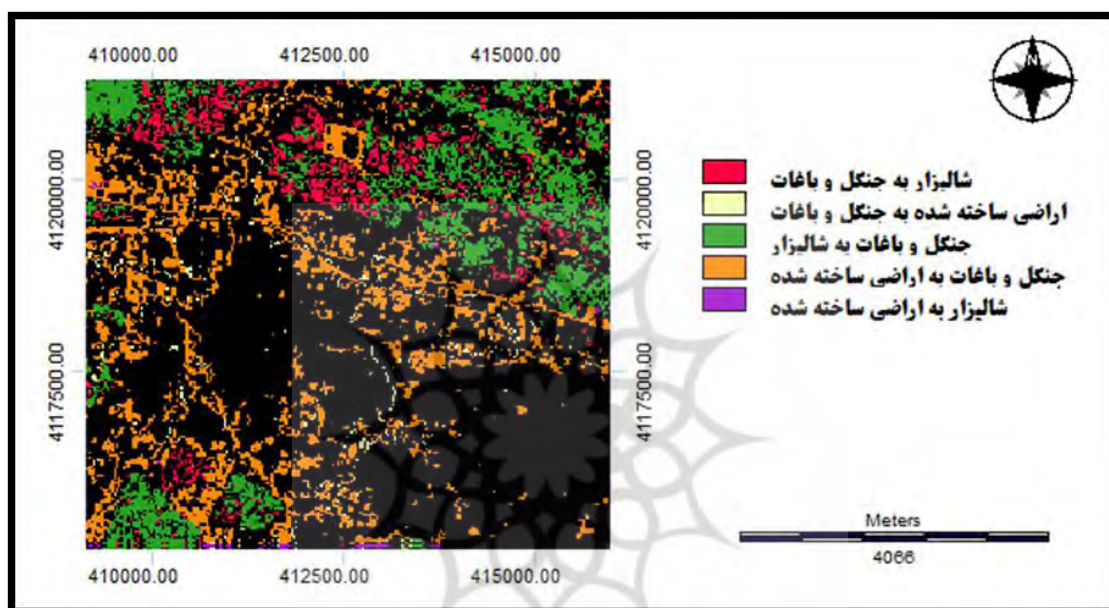
شکل شماره ۵. تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹ بر اساس هکتار

جدول شماره ۳. مساحت تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹ بر اساس هکتار

ردیف	تغییرات	مساحت تغییرات (هکتار)
۱	شالیزار به جنگل و باغات	۷۲/۸۱
۲	اراضی ساخته‌شده به جنگل و باغات	۱۱/۳۴
۳	جنگل و باغات به شالیزار	۵۱۶/۰۶

۶۶۲/۹۴	جنگل و باغات به اراضی ساخته‌شده	۴
۲/۵۲	شالیزار به اراضی ساخته‌شده	۵

در شکل (۶) تغییرات کاربری به وجود آمده بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ نشان داده شده است. در این دوره بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل کاربری جنگل و باغات به اراضی ساخته‌شده با ۵۵۲/۶ هکتار و همچنین کم‌ترین تغییرات نیز مربوط به تبدیل اراضی شالیزار به اراضی ساخته‌شده با ۲/۴۳ هکتار می‌باشد. همچنین در این دوره تبدیل اراضی ساخته‌شده به جنگل و باغات نسبت به دوره قبل افزایش یافته است. همچنین در جدول (۴) میزان مساحت تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد.

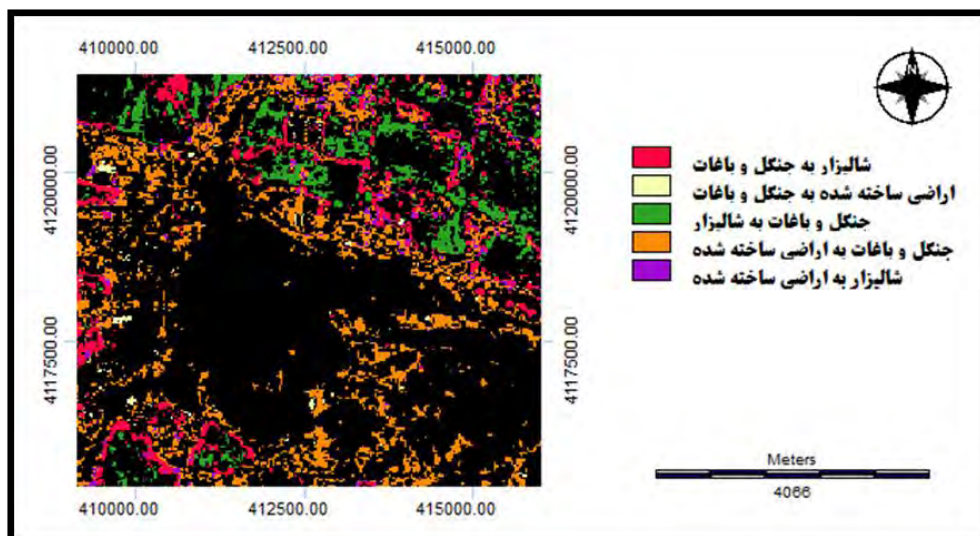


شکل شماره ۶. تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ بر اساس هکتار

جدول شماره ۴. مساحت تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ بر اساس هکتار

ردیف	تغییرات	مساحت تغییرات (هکتار)
۱	شالیزار به جنگل و باغات	۱۵۱/۸۳
۲	اراضی ساخته‌شده به جنگل و باغات	۳۸/۷۹
۳	جنگل و باغات به شالیزار	۴۲۶/۷۸
۴	جنگل و باغات به اراضی ساخته‌شده	۵۵۲/۶
۵	شالیزار به اراضی ساخته‌شده	۲/۴۳

شکل (۷) بیانگر تغییرات کاربری بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۷ می‌باشد. در این دوره بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل کاربری جنگل و باغات به اراضی ساخته‌شده با ۴۹۱/۴ هکتار و همچنین کم‌ترین تغییرات نیز مربوط به تبدیل اراضی ساخته‌شده به جنگل و باغات با ۱۹/۷۱ هکتار می‌باشد. در این دوره تبدیل شالیزار به اراضی ساخته‌شده نسبت به دوره‌های قبل از افزایش قابل توجهی برخوردار است. همچنین در جدول (۵) میزان مساحت تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد.



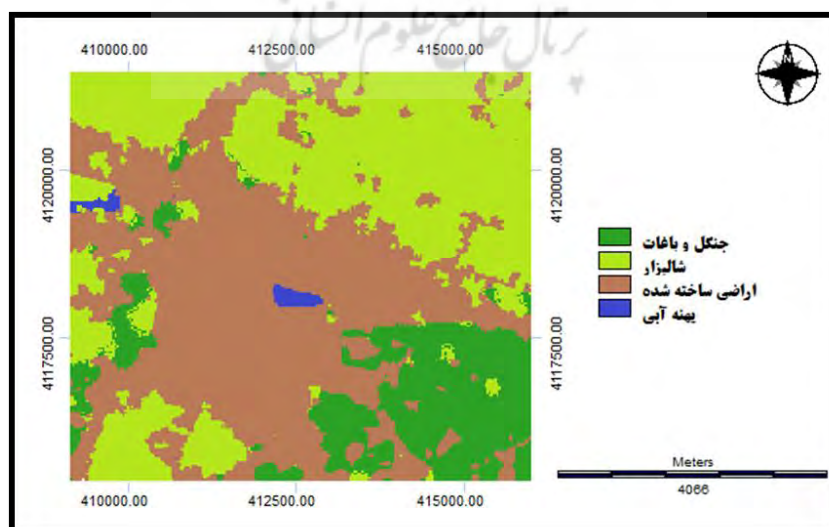
شکل شماره ۷. تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۷ بر اساس هکتار

جدول شماره ۵. مساحت تغییرات کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۷ بر اساس هکتار

ردیف	تغییرات	مساحت تغییرات (هکتار)
۱	شالیزار به جنگل و باغات	۲۰۶/۰۱
۲	اراضی ساخته شده به جنگل و باغات	۱۹/۷۱
۳	جنگل و باغات به شالیزار	۲۱۰/۲۴
۴	جنگل و باغات به اراضی ساخته شده	۴۹۱/۴
۵	شالیزار به اراضی ساخته شده	۵۸/۹۵

پیش‌بینی روند تغییرات با استفاده از مدل زنجیره مارکوف

پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۷، از مدل سلول‌های خودکار مارکوف با ضریب کاپای معادل ۰/۸۹ درصد برای پیش‌بینی میزان تغییرات تا سال ۱۴۰۹ استفاده شد. شکل (۸) و جدول (۶) به ترتیب نشان‌دهنده مساحت طبقات کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۴۰۹ است.



شکل شماره ۸. پیش‌بینی تغییرات در سال ۱۴۰۹

جدول شماره ۶. مساحت کاربری‌ها در سال ۱۴۰۹

ردیف	کاربری‌ها	مساحت (هکتار)
۱	جنگل و باغات	۶۵۴/۸۴
۲	شالیزار	۱۵۰۲/۵۵
۳	اراضی ساخته‌شده	۱۹۵۸/۳۱
۴	پهنه آبی	۲۹/۳۴

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۱۴۰۹ به‌گونه‌ای است که در صورت ادامه روند موجود در محدوده ۷۶۰٫۵ هکتار از اراضی جنگل و باغات کاسته خواهد شد، ۶۹۳/۰۹ هکتار به اراضی شالیزار، ۵۳/۹۱ به اراضی ساخته‌شده و ۱۳/۵ هکتار نیز به پهنه آبی افزوده خواهد شد. بدین ترتیب می‌توان گفت تنها اراضی جنگل و باغات روند کاهشی داشته‌اند و بقیه کاربری‌ها با روندی افزایشی روبه‌رو خواهند شد.

قبل از تعیین روش آماری مناسب برای تحلیل، فرضیه نرمال بودن مشاهدات به‌صورت استنباطی با استفاده از آماره کلموگروف-اسمیرنف، موردسنجش واقع می‌شود. در صورتی که مشاهدات از توزیع نرمال پیروی نکنند، از روش‌های نا پارامتری به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری استفاده می‌شود. برای تجزیه و تحلیل مشاهدات و بررسی تأیید یا رد فرضیات تحقیق از روش‌های آماری همبستگی استفاده شده است. بنابراین با توجه به اینکه سطح معناداری مربوط به تمام متغیرها کمتر از ۰/۰۵ است، فرضیه نرمال بودن مشاهدات (فرض صفر) رد شده است و مشاهدات از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند.

نتیجه‌گیری

با افزایش سریع جمعیت شهرنشین، تحولات مربوط به کالبد و فضاهای شهری شتاب آلود می‌شود؛ و این تحولات منجر به پیدایش گستردگی و تغییر کاربری و تخریب و انهدام فضاهای سبز و باغات و اراضی کشاورزی در اطراف شهر می‌گردد. در نتیجه باعث برهم خوردن تعادل شهری و جلوگیری از رسیدن به توسعه پایدار می‌شود. در مقایسه تطبیقی می‌توان این‌گونه بیان کرد که نتایج پژوهش حاضر؛ با تحقیق بابائی اقدام و همکاران (۱۳۹۰) با محوریت مدل‌سازی الگوی کاربری اراضی شهر مشکین شهر مقایسه گردید، در این تحقیق روش جمع‌آوری کتابخانه‌ای و در تهیه نقشه کاربری اراضی از اطلاعات طرح جامع ۱۳۸۰ و طرح تفصیلی ۱۳۸۲ و از روش مدل‌سازی CLUE-S جهت پیش‌بینی الگوی آتی تغییرات کاربری اراضی در افق ۱۴۰۲ استفاده گردیده است. لذا در پژوهش حاضر جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر لندست هر دوره جهت طبقه‌بندی و از روش CA-MARKOV برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای افق ۱۴۰۹ استفاده گردید. بنابراین به دلیل استفاده از تصاویر بهنگام لندست برای طبقه‌بندی و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، نقشه پیش‌بینی از دقت بیشتری نسبت به نقشه‌های تولیدی مدل CLUE-S برخوردار خواهد بود. علاوه بر این استفاده از تصاویر ماهواره لندست در دوره‌های زمانی مختلف می‌تواند تغییرات به‌خوبی نشان داده و با توجه به تغییرات کاربری‌ها در دوره‌های زمانی مختلف پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با زنجیره مارکوف با دقت بالاتری انجام می‌پذیرد. حال بررسی‌های صورت گرفته در شهر لاهیجان حاکی از آن است که مساحت اراضی ساخته‌شده بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۷ نزدیک به ۱۲۵۰ هکتار افزایش یافته و اراضی جنگل و باغات در این دوره با کاهش حدوداً ۲۰۰۰ هکتاری روبه‌رو بوده است. از این‌رو به دلیل عدم برنامه‌ریزی و سیاست‌های نادرست مساحت اراضی

در سال ۱۳۶۸ از ۶۵۵,۳۸ هکتار به ۱۹۰,۴۴ هکتار در سال ۱۳۹۷ رسیده است. با توجه به مقایسه طبقه‌بندی‌ها و نتایج حاصل از مدل LCM در محدوده مورد مطالعه بیشترین تغییرات در این دوره مربوط به اراضی جنگل و باغات می‌باشد. جنگل‌ها به کاربری‌هایی چون اراضی ساخته‌شده و شالیزار تبدیل شده‌اند. کم‌ترین میزان تغییر کاربری نیز در اراضی پهنه آبی صورت گرفته است. به علاوه نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات با استفاده از زنجیره مارکوف مشخص نمود. اراضی ساخته‌شده و شالیزارها در سال ۱۴۰۹ افزایش خواهد یافت. بر این اساس مساحت اراضی ساخته‌شده به ۱۹۵۸/۳۱ هکتار و شالیزار به ۱۵۰۲/۵۵ هکتار خواهد رسید. در پی این میزان مساحت اراضی جنگل و باغات بسیار کاهش یافته و به ۶۵۴/۸۴ هکتار می‌رسد. بررسی‌ها نشانگر آن است که رشد مساحت‌ها در محدوده مورد مطالعه متناسب و همسو نبوده؛ این مسئله منجر به پیشی گرفتن رشد مساحت اراضی ساخته‌شده از سایر کاربری‌ها شده است و این باعث ایجاد پدیده گستردگی در شهر لاهیجان گردیده است. در نهایت راهکار زیر جهت رسیدن به توسعه پایدار شهر لاهیجان ارائه می‌گردد:

- ❖ اراضی کشاورزی موجود در حاشیه شهر لاهیجان از مرغوبیت بالایی در سطح کشور برخوردارند، بنابراین باید از گسترش شهر به سمت این اراضی حد امکان جلوگیری کرد.
- ❖ برنامه‌ای جامع و اجرایی جهت حفظ اراضی جنگل و باغات تهیه شود.
- ❖ وضع قوانین مستمر جهت جلوگیری از تفکیک اراضی و کنترل مالکیت زمین‌های پیرامون شهر به گونه‌ای که کلیه ساخت‌وسازها در قالب سیاست‌های عمومی کشور و طرح راهبردی باشد.
- ❖ کمربندی سبز در جهات شمال، غرب و شمال غرب به عنوان مانعی در جهت توسعه نامتوازن احداث گردد.
- ❖ گرایش به سمت توسعه عمودی به جای توسعه افقی، زیرا توسعه عمودی شهر باعث استفاده بهینه از زمین و سرمایه‌های طبیعی شهر می‌گردد.
- ❖ در صورتی که نیاز به گسترش شهر به سمت پیرامون باشد، مدیریت شهری با هوشیاری و توجه زیاد این روند را در جهت پایداری اکولوژیکی، زیست‌محیطی، انسانی و غیره به سمت راضی مناسب جهت دهد.

منابع

- (۱) امامقلی، معروف؛ صفری، عطا؛ شاهدی، کاکا؛ فرهودی، محمدحسین؛ خسروی، خه بات (۱۳۹۳) بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های GIS و RS و ارزیابی اقتصادی آن در مقایسه با تغییرات هدر رفت خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد آزاد)، نشریه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، دوره ۵، شماره ۳، صص. ۲۷-۱۵.
- (۲) بابایی اقدم، فریدون؛ عظیمی، نورالدین؛ حسینی، ایرج (۱۳۹۰) مدل‌سازی الگوی کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل CLUE-S (مطالعه موردی: مشکین شهر)، مجله چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی)، سال ۶، شماره ۱۴، صص. ۱۸-۱.
- (۳) پوراحمد، احمد؛ سیف‌الدینی، فرانک؛ پرنون، زیبا (۱۳۹۰) مهاجرت و تغییر کاربری اراضی در شهر اسلامشهر، فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۲، شماره ۵، صص. ۱۵۲-۱۳۱.
- (۴) پورخباز، علیرضا، احمدی‌زاده، سید سعیدرضا؛ ناصری، عاطفه؛ پرویان، ناصر (۱۳۹۴) بررسی و تحلیل گسترش شهر و تغییرات کاربری اراضی در ایجاد جزایر حرارتی شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد)، اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، صص. ۸-۱.
- (۵) حقوقی‌فرد، احسان؛ آرفته، علیرضا؛ عسری مازمانی، احمد؛ حسینی، مریم (۱۳۹۳) کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: منطقه ۶ شهرداری شیراز)، سومین کنفرانس سالانه بین‌المللی عمران، معماری، شهرسازی، صص. ۶۶۱-۶۵۶.
- (۶) داودی‌منظم، زهره؛ عباس‌نیا، محسن؛ پورهاشمی، سیما (۱۳۹۳) پایش تغییرات کاربری اراضی کشاورزی شهرستان شهریار با

- استفاده از سنجش‌ازدور طی بازه زمانی ۸۸-۱۳۶۶، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش‌ازدور و GIS) در آمایش سرزمین، صص. ۱۲-۱.
- (۷) رجب‌زاده، فائزه (۱۳۹۵) تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و زنجیره مارکوف، نشریه حفاظت منابع آب‌و خاک، سال ۶، شماره ۲، صص. ۷۱-۵۹.
- (۸) زیاری، کرامت‌الله؛ جمال، کیوان؛ صادقی، فرشید (۱۳۹۶) ارائه الگوی توسعه پایدار گردشگری شهری (نمونه موردی: شهر لاهیجان)، نشریه گردشگری شهری، دوره ۴، شماره ۴، صص. ۷۱-۵۵.
- (۹) سمیع زاده، فاطمه و نیاکانی، مهرداد (۱۳۹۴) تحلیل روند شهرنشینی در استان گیلان (موردی: لاهیجان)، اولین همایش بین‌المللی و چهارمین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط‌زیست پایدار، صص. ۱۲-۱.
- (۱۰) شمس، مجید و کریمی‌نژاد، طیبه (۱۳۹۳) ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در توسعه فضایی شهر کرمانشاه با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی: محله جعفرآباد کرمانشاه)، نشریه مطالعات برنامه‌ریزی سکونت‌گاه‌های انسانی، سال ۹، شماره ۲۸، صص. ۵۷-۴۵.
- (۱۱) غلامعلی‌فرد، مهدی؛ جورابیان شوشتری، شریف؛ حسینی کهنوج، سیدحمزه؛ میرزایی، محسن (۱۳۹۱) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS، مجله محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۴، صص. ۱۰۹-۱۲۴.
- (۱۲) فتح‌الهی روبری، معصومه؛ خان‌محمدی، مهرداد؛ نصیراحمدی، کامران (۱۳۹۷) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌سازی تغییر سرزمین (LCM) مطالعه موردی شهرستان نکا، مجله اکوسیستم‌های طبیعی ایران، دوره ۹، شماره ۱، صص. ۶۹-۵۳.
- (۱۳) فلاحکار، سامره؛ حسینی، سید محسن؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ایوبی، شمس‌الله (۱۳۹۵) پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱۳، صص. ۱۷۴-۱۶۳.
- (۱۴) کریمی، کامران؛ زهتابیان، غلامرضا؛ فرامرزی، مرزبان؛ خسروی، حسن (۱۳۹۱) پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف به‌منظور پیش‌بینی آن (بررسی موردی: دشت عباس)، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۳، صص. ۷۱۱-۷۲۴.
- (۱۵) کیانی سلمی، الهام و ابراهیمی، عطالله (۱۳۹۷) ارزیابی تغییرات پوشش اراضی شهرکرد و پیش‌بینی آینده آن با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی و مدل CA-MARKOV، فصلنامه برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)، سال ۸، شماره ۱، صص. ۸۸-۷۱.
- (۱۶) کیانی، اکبر و رئیسی، احمد (۱۳۹۶) بررسی توسعه فیزیکی-کالبدی شهر فوج بر اساس راهبرد رشد هوشمند، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۵۹، صص. ۲۸۰-۲۶۳.
- (۱۷) محمد اسماعیل، زهرا (۱۳۸۹) پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور، مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۴، شماره ۱، صص. ۸۱-۸۸.
- (۱۸) محمدی‌جو، مینو؛ خان‌محمدی، مهرداد؛ هاشمی، سید محمود (۱۳۹۶) آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی لاهیجان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور، سومین کنفرانس سالانه بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی، صص. ۱۱۸-۱۱۴.
- (۱۹) مرصوصی، نفسیه و پیروی، علی (۱۳۸۷) تحلیل کاربری اراضی شهری با رویکرد توسعه پایدار، نشریه انجمن جغرافیایی ایران، سال ۶، شماره ۱۶ و ۱۷، صص. ۱۰-۱.
- (۲۰) ممینی، مریم و عسگری، حمیدرضا (۱۳۹۷) پایش، بررسی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۱۰۵، صص. ۴۷-۳۵.
- (۲۱) مهدوی، علی؛ فتحی‌زاد، حسن؛ شتایی جویباری، شعبان (۱۳۹۳) ارزیابی و تحلیل انواع روش‌های آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی (مطالعه موردی: جنگل‌های حفاظت‌شده مانشت استان ایلام)، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۲۱، شماره ۴، صص. ۲۱۰-۱۸۷.

- (۲۲) میرعلیزاده فرد، سید رضا و علی بخشی، سیده مریم (۱۳۹۵) پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت برتش دهلران ایلام)، فصلنامه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۷، شماره ۲، صص. ۳۳-۴۵.
- (۲۳) نظریان، اصغر؛ تولائی، سیمین؛ خسروی، مریم (۱۳۸۵) تعیین جهت توسعه فیزیکی شهر اندیمشک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ۳، شماره ۹، صص. ۱-۹.
- (۲۴) نورائی صفت، ایثار؛ نظری، سجاد؛ کریمی، سعید (۱۳۹۵) بررسی روند تغییرات رشد و گسترش کالبدی شهر رشت و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی زمین‌های اطراف آن با تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ۵، شماره ۱۷، صص. ۲۱-۳۲.
- (۲۵) وفایی، ساسان؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر؛ پیرباوقار، مهتاب (۱۳۹۲) پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: منطقه مریوان)، مجله جنگل ایران، سال ۵، شماره ۳، صص. ۳۲۳-۳۳۶.
- 26) Bouma, J. & Varallyay, G. & N.H, Batjes. (1998) Principal land use changes anticipated in Europe, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol.67, No.2-3, pp.103-119.
- 27) Guan, D. & GAO, W. & Watari, K. & Fukahori, H. (2008) Land use change of Kitakyushu based on landscape ecology and Markov model, Journal of Geographical Sciences, Vol.18, No.4, pp. 455-468.
- 28) Iqbal, S. & Billa, M. & Alak, p. (2016) Urban land use change analysis using RS and GIS in Sulakbahar ward in Chittagong city, Bangladesh, Internatinal Journal of Geomatics and geosciences, Vol.7, No.1, pp.1-10.
- 29) Lu, D. & Mausel, P. & Bronzio, E. & Maron, E. (2004) Change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, Vol.25, No.12, pp. 2365-2407.
- 30) Xian, G. & Crane, M. (2005) Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data, Journal of Remote Sensing of Environment, Vol.97, No.2, pp. 203-215.