

تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و الگوهای توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه مورد مطالعه: کلان‌شهر مشهد

علی اکبر عنابستانی^۱

زهرا عنابستانی^۲

ابراهیم اکبری^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷

چکیده

تحقیق حاضر با هدف تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و الگوهای توسعه شهری شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ انجام شده است. این پژوهش از نظر ماهیت توصیفی - تحلیلی می‌باشد. اطلاعات از طریق تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹، سنجنده OLI برای سال ۱۳۹۸ تهیه و تنظیم شد. قبل از انجام عملیات مربوط به پردازش تصاویر تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.3 و از روش FLAASH برای تصحیح اتمسفری استفاده شده است. در ادامه تصاویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. در این روش به منظور طبقه‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده شد. برای پیش‌بینی در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ از مدل زنجیره مارکوف در نرم‌افزار TERSET استفاده شد. سپس نقشه‌های تولیدشده، برای اندازه‌گیری‌های متریک سیمای سرزمین وارد نرم‌افزار FRAHSTATS4.2 گردیدند. شاخص توسعه چشم‌انداز نوع رشد شهری (LEI) نیز با استفاده از نرم‌افزار GIS مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که اراضی ساخته‌شده در بازه زمانی ۲۰ ساله برای شهر مشهد بیشترین تغییرات مساحت را داشته است و این کاربری با افزایش مساحت روبه‌رو بوده و از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۸ مساحت کاربری کشاورزی و باغات به‌شدت با کاهش مساحت روبه‌رو بوده است. اراضی مربوط به کاربری بایر در این بازه زمانی دارای روند کاهشی بوده و کاربری مراتع در این بازه زمانی تغییر چندانی نداشته است. نتایج حاصل از شاخص LEI نشان داد برای افق ۱۴۱۰ رشد شهر حدود ۹۲/۶۰ درصد از نوع توسعه از لبه و حدود ۱/۲۸ درصد توسعه بیرونی (Outlaying) خواهد داشت. توسعه شهر مشهد در افق ۱۴۲۰ حدود ۹۸/۱۷ درصد از نوع رشد لبه‌ای بود که نشان از توسعه لبه‌ای دارد.

واژه‌های کلیدی: متریک‌های سیمای سرزمین، تغییرات کاربری، مارکوف، LEI، مشهد

۱- استاد گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) anabestani@um.ac.ir

۲- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد ایران zanabestani@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران aanabestani@yahoo.com

مقدمه

به تنهایی نمی‌توانند روند و الگوهای اصلی شهر و توسعه شهری را توصیف کنند؛ از همین رو ترکیبی از متریک‌های سیمای سرزمین و شاخص توسعه مطرح می‌گردید که در کنار سنجش‌ازدور و GIS نتایج مطلوب‌تر و دقیق‌تری را به دنبال دارند (بورل، ۲۰۰۵: ۹). استان خراسان رضوی با داشتن شرایط بهتر نسبت به استان‌های مهاجر و وجود حرم امام رضا (ع) در کلان‌شهر مشهد، همواره به‌عنوان یک مقصد جذاب برای مهاجران کشور مورد توجه بوده است (اکبری، ۱۳۹۷). همچنین مشهد دومین کلان‌شهر کشور می‌باشد و به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین شهرهای ایران شاهد روند رو به رشد جمعیت، رشد کالبدی و تغییر کاربری اراضی است. بنابراین با توجه به نیاز به برنامه‌ریزی برای این کلان‌شهر، نیاز به پیش‌بینی نوع تغییر کاربری اراضی در مناطق سیزده‌گانه ضروری است. در نتیجه تحقیق حاضر باهدف تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و الگوهای توسعه شهری شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه طی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ انجام شده است. همچنین در این راستا سؤالات اصلی تحقیق به این صورت می‌باشد: ۱- رشد و توسعه شهر مشهد از سال ۱۳۷۹ تا افق ۱۴۲۰ به کدام سمت خواهد بود؟ ۲- گسترش شهر مشهد از سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۲۰ از کدام نوع رشد پیروی کرده است؟ بنابراین فرضیه اصلی تحقیق بر این اساس بدین صورت ارائه شده است: با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و مدل زنجیره مارکوف طی دو دهه گذشته کلان‌شهر مشهد شاهد توسعه فضایی و گسترش فیزیکی در جهات مختلف بوده است.

ادبیات نظری و پیشینه تحقیق -

متریک‌های سیمای سرزمین: کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین با استفاده از شاخص‌های فضایی سیمای سرزمین یا متریک‌ها انجام می‌شود. متریک‌ها، ساختار فضایی سیمای سرزمین را در یک لحظه از زمان تشریح می‌کنند و ابزارهایی می‌باشند که وضعیت هندسی و فضایی یک لکه

توسعه شهری در دنیا در چند دهه گذشته چنان بوده که به بی‌تعادلی در چگونگی استفاده از اراضی منجر شده است و سیمای سرزمین و کاربری‌های مناطق مختلف به واسطه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت، به سرعت تغییر کرده و کاربری‌های بکر و دست‌نخورده به کاربری‌های شهری تبدیل شده است. در واقع، تغییرات ناشی از فعالیت انسان باعث تبدیل رویشگاه‌های طبیعی به دیگر کاربری‌ها، از دست رفتن و تخریب و چندپارگی زیستگاه شده است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۸).

هم‌زمان با این تغییرات نیز روش‌ها و الگوریتم‌های متنوع برای بررسی روند تغییرات کاربری‌ها به وجود آمده است. یکی از این روش‌ها که زمینه کمی‌سازی ساختار فضایی سیمای سرزمین (سطحی از زمین که لکه‌های مختلفی را در بر دارد، چیدمان ویژه‌ای از توپوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری زمین) را فراهم آورده است، سنجش‌های سیمای سرزمین می‌باشد (آپان' و همکاران، ۲۰۰۲). درک الگوی سیمای سرزمین همچنین تغییرات و تعاملات بین فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت زمین و بهبود تصمیم‌گیری‌ها امری ضروری می‌باشد (راوات و کومار، ۲۰۱۵: ۸۷). تعیین تغییرات سیمای سرزمین و تأثیر گسترش شهری، نیازمند آنالیز تغییرات سطح زمین و شناسایی الگوریتم‌های مناسب می‌باشد و نمی‌توان از این مسئله چشم‌پوشی کرد که روش‌های سنتی برای بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش اراضی مانند نقشه‌برداری زمینی، عموماً وقت‌گیر و پرهزینه و نیازمند مهارت‌های خاص می‌باشد (نظرزاد و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۴). در همین راستا ظهور تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS، محققان و برنامه‌ریزان و مدیران شهری را قادر ساخته است که با هزینه کم‌تر دید جامعی نسبت به زمین و تغییرات کاربری زمین در طول زمان داشته باشند (آرایا و کابرا، ۲۰۱۰: ۱۵۵). با این حال، این ابزارها

1- Apan

2- Rawat & Kumar

3- Araya & Cabral

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۱۹۱

کالبدی نواحی شهری بر اساس شاخص‌های رشد هوشمند پرداخته است. این پژوهش با روش توصیفی تحلیلی و با هدف تحلیل فضایی کالبدی نواحی شهری بر اساس شاخص‌های رشد هوشمند انجام شده است. نتایج تحقیق نشان داد که بین نواحی شهر در زمینه تناسب با شاخص‌های رشد هوشمند شهری، تفاوت قابل توجهی وجود دارد که در این خصوص برای توسعه آنی شهر، ضروری است که توجه ویژه‌ای به نواحی با رتبه پایین شود.

خیرالدین و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان الگوسازی گرایش‌های فضایی شهرها با استفاده از الگوی رشد خودکار سلولی برای امکان‌سنجی و انتظام توسعه فضایی شهر چالوس پرداخته‌اند. هدف این تحقیق تحلیل و الگوسازی روند تحولات فضایی-کالبدی چالوس به روش مناسب‌تری مانند الگوی رشد خودکار سلولی است که نتایج واقع‌بینانه‌تری از سیر تکوین تحولات فضایی منطقه به دست دهد، تا بستر مناسبی برای بیان رویکردهای انتظام بخشی به تحولات فضایی شهرستان فراهم نماید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که اغلب توسعه‌های درونی در بخش ساحلی دریای مازندران و اراضی داخل محدوده شهری است.

صدرموسوی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی و تحلیل اثرات زیست‌محیطی گسترش پراکنده شهری، مطالعه موردی: شهرهای شهر پرداختند. هدف از این پژوهش در وهله اول شناخت الگوی توسعه و گسترش فیزیکی شهر هادی شهر بوده و در وهله دوم به تبیین پیامدهای زیست‌محیطی گسترش فیزیکی شهرهای شهر پرداخته شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که الگوی توسعه فیزیکی شهر هادی شهر در طی ۱۵ سال به صورت پراکنده بوده است.

وارثی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی وضعیت فضای سبز شهر فیروزآباد و مکانیابی آن با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) پرداخته‌اند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد نسبت فضای سبز موجود در سطح نواحی و محلات شهر نامتناسب بوده و رو به کاهش هست.

یا موزائیکی از لکه‌ها را مشخص می‌کنند (لتیو و آرن، ۲۰۰۲). در واقع متریک‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها و یا کل سیمای سرزمین می‌باشد. متریک‌های سیمای سرزمین ابزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل ساختار و ترکیب سیمای سرزمین است (مک‌گارگال و کوشمن، ۲۰۰۲). انتخاب متریک‌های مناسب به هدف مطالعه و خصوصیات سیمای سرزمین و ویژگی فرآیندهای اکولوژیک وابسته می‌باشد. مناطق مختلف دارای وضعیت ساختاری گوناگونی هستند که در نتیجه متریک‌های مناسب برای بررسی آن‌ها متفاوت می‌باشد و تغییر می‌کند. از طرفی نقشه‌هایی که برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار می‌گیرد از لحاظ مقیاس، نوع طبقه‌بندی و درجه و وضوح متفاوت می‌باشد.

مطالعات نشان داده است که اغلب متریک‌های سیمای سرزمین بر روی نقشه‌های طبقه‌بندی شده پوشش زمین و یا نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری زمین قابل محاسبه می‌باشند (بوتیگولیا^۲ و همکاران، ۲۰۰۶).

تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین: مبنای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین، نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی، در سطح کلاس به وسیله نرم‌افزار FRAHSTATS می‌باشد. برای آنالیز و درک متریک‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس توصیه می‌شود؛ به آنالیز تنها یک شاخص اتکا نشود، بلکه به تجزیه و تحلیل دسته‌ای از متریک‌ها برای درک بهتر و توصیف پویایی اکوسیستم‌ها و ساختار چشم‌انداز اقدام شود (فتحی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۳).

متریک‌های مختلفی برای نیل به هدف، در اکولوژی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق از شش متریک سیمای سرزمین، به علت توانایی آن‌ها در تفسیر ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری در سیمای استفاده شده است (مک‌گارگال و کوشمن، ۲۰۰۲: ۴۱).

فردوسی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل فضایی-

1- Leitao & Ahern

2- McGargal & Cushman

3- Botequilla

دهگانه تبریز از نظر برخورداری از زیرساخت سبز در سطح کلاس کاملاً مناسب بدین ترتیب قرار دارند: منطقه ۱ با برخورداری از ۷۲ درصد در رتبه اول، منطقه ۲ با ۵۱ درصد، منطقه ۱۰ با ۲۱ درصد، منطقه ۴ با ۲۰ درصد، منطقه ۳ و ۷ با ۱۷ درصد، منطقه ۵ با ۱۴ درصد، منطقه ۶ و ۸ با ۷ درصد و در نهایت منطقه ۹ با نداشتن کلاس کاملاً مناسب به ترتیب در رده‌های دوم تا دهم قرار گرفته‌اند. بررسی نتایج سیمای سرزمین نیز نشان می‌دهد، وضعیت زیرساخت سبز شهری در مناطق دهگانه، به جز مناطق ۱، ۲ و ۱۰، در بقیه مناطق نامطلوب است. همچنین تناسب زیرساخت سبز شهری از منظر عدالت فضایی در سطح مناطق دهگانه کلان شهر تبریز رعایت نشده است.

تینگو^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای نظارت بر تغییرات زمین در یک منطقه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، GIS و سیمای سرزمین را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان‌دهنده انتقال الگوهای شهرنشینی در محل مطالعه با گسترش ظاهری محدود با وجود روند غالب^۲ می‌باشد. آردیویجایا^۳ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان رشد پراکنده شهری باندونگ و زمین بکر و طبیعی: دیدگاه‌های زیست فضایی به رشد جمعیت شهری و نتیجه آن در منطقه شهری باندونگ در غرب جاوا را مطالعه نموده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهند که، سیاست برای مدیریت توسعه شهری و زمین‌های بکر و طبیعی به‌طور بالقوه بهبود یافته است.

یوسنی سیکوزانی^۴ و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان تنوع و ساختار فضای سبز شهری، به شهر لوبوشنی در جمهوری دموکراتیک کنگو پرداختند، که نشان دادند شهرنشینی موجب مشکلات زیست‌محیطی و تخریب فضای سبز شهری می‌شود و با تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کاربری فضای سبز شهری و تراکم ساختمان‌ها را نشان دادند.

در تحلیل و جمع‌بندی پیشینه تحقیق می‌توان گفت

نتایج تحقیق فجر و ایلانلو (۱۳۹۸) نشان می‌دهد که شهر آبادان در سیمای سرزمین دارای الگوی Aggregation, Attrition و Dissection شهر بندر امام خمینی (ره) Aggregation, Attrition خرمشهر دارای الگوی Creation, Attrition و Dissection و در بندر ماهشهر سه شاخص Aggregation, Attrition و Creation, Attrition مشاهده می‌شود. همچنین در هر چهار شهر مورد بحث بر مساحت مناطق مسکونی در بازه زمانی افزوده شده است.

تحلیل نتایج قنبری و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که در بازه ۱۲ سال اراضی انسان ساخت (۳۷/۲۸ Km) و باغات (۶۱/۱۴۳ Km) به همراه شوره‌زارها (۵۳/۲ Km) در منطقه مورد مطالعه افزایش داشته و سایر کاربری‌ها کاهش دارند و متریک CA نیز همین تغییرات را نشان می‌دهد. بررسی متریک تعداد لکه نیز نشان داد که کاربری‌های موجود در شهرستان در حالت ناپایدار می‌باشند، به طوری که اراضی باغی از ۱۶۱۱ لکه در سال ۲۰۰۵ به ۴۹۱۲ لکه در سال ۲۰۱۷ افزایش داشته است. سایر کاربری‌ها نیز افزایش مشابهی داشته‌اند. با مقایسه و بررسی یافته‌ها و متریک‌های به‌دست آمده می‌توان گفت که وضعیت ساختار سیمای سرزمین شهرستان میاندوآب در شرایط فعلی، به دلیل تخریب و استفاده نادرست از منابع به‌صورت اختلالی بوده و بیانگر روند توسعه تخریب در این منطقه می‌باشد. یافته‌های این تحقیق بر لزوم توجه بیشتر به بهره‌برداری پایدار از سرزمین و جلوگیری از تخریب آن در این شهرستان تأکید دارد.

یافته‌های تحقیق حسن‌پور و همکاران (۱۳۹۹) بیانگر این است که لکه‌های سبز منطقه ۲۲ تهران در سال ۲۰۱۸ در مقایسه با سال ۱۹۹۶ از نظر پیوستگی و اندازه و شکل دچار تغییرات عمده شده و در وضعیت مطلوبی قرار ندارند، چراکه ساختار فضاهای سبز شهری ریزدانه شده و حالت تکه تکه پیدا کرده است. به عبارت دیگر دو نوع تغییر عمده در سیمای سرزمین منطقه شامل ایجاد لکه‌های جدید و جدا شدن لکه‌ها رخ داده است.

براساس نتایج محمودزاده و همکاران (۱۳۹۹) مناطق

1- Tingo

2- Suburbanization

3- Ardivijaya

4- Useni Sikuzani

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۱۹۳

یک از پیکسل‌ها به طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است. در ادامه برای پی بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه (شهر مشهد) که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مراتع مد نظر قرار گرفته، از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که موردی‌ها مدل نامیده می‌شوند. علاوه بر این دو نقشه فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ نیز در مدل CA مارکوف در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل مارکوف نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت و ماتریس مساحت‌های تبدیل شده در هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالاً شرطی برای تبدیل کاربری مختلف است. همینطور در این پژوهش برای اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است. شاخص کاپا از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} * 100$$

رابطه (۱)

P_0 : درستی مشاهده شده

P_c : توافق مورد انتظار

مدل زنجیره‌ی مارکوف و CA مارکوف

زنجیره‌های مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی می‌باشد. در واقع مدل زنجیره‌ی مارکوف به‌صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان مدل‌سازی نقشه واحدی که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید

تمامی تحقیق‌های گذشته به سیمای سرزمین تأکید کرده‌اند و این امر از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از اهمیت‌های این پژوهش نسبت به پژوهش‌های گذشته، تلفیق داده‌های سنجش از دور و متریک‌های سیمای سرزمین می‌باشد. همچنین پیش‌بینی و آینده‌نگری برای سیمای سرزمین است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است و از اهمیت بسیار بالایی در مدیریت و آمایش سرزمین در آینده برخوردار است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نظر ماهیت توصیفی - تحلیلی می‌باشد. داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰متر، سنجنده TM سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹، سنجنده OLI برای سال ۱۳۹۸ از سایت تهیه گردید. قبل از انجام عملیات مربوط به پردازش تصاویر تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.3 بر روی تصاویر اعمال شد. در این مرحله از روش FLAASH برای تصحیح اتمسفری استفاده شده است. پس از انجام تصحیحات و عملیات پیش پردازش، این تصاویر در نرم‌افزار ENVI5.3 با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. در این روش برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌گردد. بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخص از تصویر برای هر یک از کلاس‌ها عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. همچنین لازم به توضیح است که الگوریتم حداکثر مشابهت به‌منظور طبقه‌بندی نظارت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش ارزش بازتابی و هر پیکسل ناشناخته و بر اساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند. در عمل واریانس و کوواریانس و میانگین طبقه مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هر

جدول ۱: ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

تاریخ تصویربرداری	تصویر	شاخص کاپا	ضریب صحت
۱۳۷۹/۰۳/۰۸ (۲۰۰۰/۰۵/۲۸)	ETM	۰/۹۰	۹۱/۲۵
۱۳۸۹/۰۳/۱۶ (۲۰۱۰/۰۶/۰۶)	ETM	۰/۹۴	۹۶/۳۵
۱۳۹۸/۰۲/۲۶ (۲۰۱۹/۰۵/۱۵)	OLI	۰/۹۸	۹۸/۷۱

برای استخراج نقشه پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات تصاویر حاصل از طبقه‌بندی، تصاویر در ۴ طبقه (محدوده ساخته‌شده، باغات و کشاورزی، بایر و مراتع) دسته‌بندی شدند. سپس نقشه‌های تولیدشده برای اندازه‌گیری متریک‌های سیمای سرزمین وارد نرم‌افزار Fragstats4.2 شدند. این نرم‌افزار متریک‌ها را در سه سطح لکه، کلاس اراضی و سیمای سرزمین به‌دست می‌آورد. (McGarigal and Marks. 1995: 23)

محدوده مورد مطالعه

یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین پارامترهای یک پژوهش آشنایی و شناخت کامل از منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. گردآوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز نیازمند شناخت منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. مشهد شهری در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است. این شهر بین عرض‌های ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه

جدول ۲: انواع متریک‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در پژوهش

نام متریک (سنجه)	مشخصه	واحد	محدوده تغییرات	تعریف
تعداد لکه	NP	ندارد	NP>0	مجموع تعداد لکه‌ها در هر کاربری
مساحت کلاس	CA	هکتار	CA>0	مجموع مساحت لکه‌ها از یک نوع
درصد کلاس	PLAND	درصد	PLAND<100>0	درصد هر کدام از کلاس‌های هم‌نوع
شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصد	PLAND<100>0	درصدی از منطقه با بزرگ‌ترین لکه‌ها
تراکم حاشیه	ED	هکتار/متر	ED>0	مجموع طول تمامی لبه‌ها تقسیم بر مساحت کل سیما
شاخص شکل سیما	LSI	ندارد	LSI>=1	شکل لکه‌های مربوط به هر کاربری

نمی‌شود. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل CA مارکوف توسط جان وان نیومن برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (Fan et al, 2008). پیش‌بینی در مدل مارکوف با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$S(t+1) = P_{ij} * s(t) \quad \text{رابطه (۲)}$$

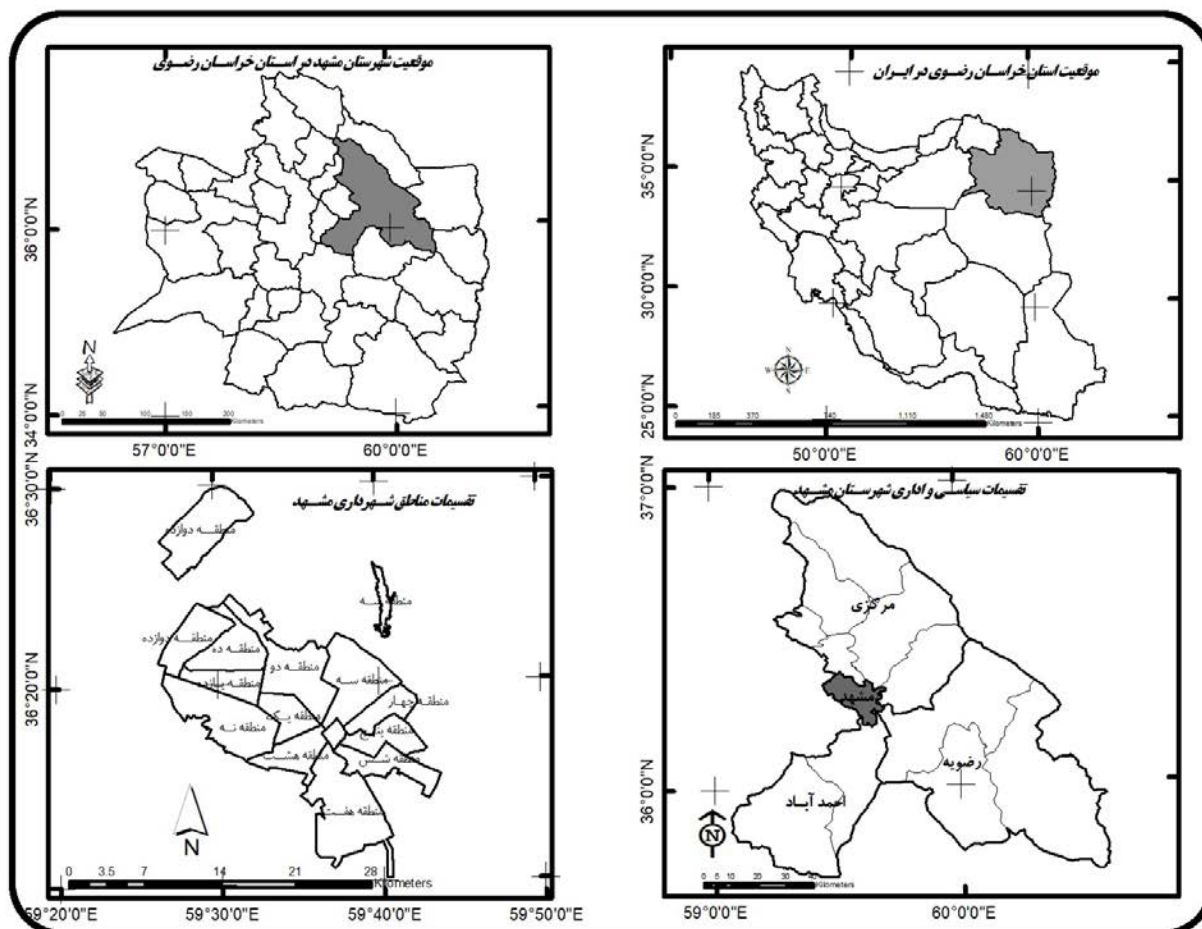
در این رابطه؛ $S(t+1)$ ؛ $s(t)$ حالت‌های سیستم در زمان t و $t+1$ هستند و p_{ij} ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{matrix} \quad \text{رابطه (۳)}$$

نتایج دقت طبقه‌بندی

یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی، محاسبه ماتریس خطا است. نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی در این مطالعه با صحت کلی و ضریب کاپای بالاتر از ۹۰ درصد از محاسبه ماتریس خطا ارزیابی شد. این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۹۰ درصد نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد. جدول (۱) ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۱۹۵



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

ایران بوده است. در سرشماری سال ۱۳۹۵ مشهد دارای جمعیتی معادل ۳۰۰۱۱۸۴ نفر بوده است. مقایسه نقشه‌های شهر در دوره‌های اخیر نشان می‌دهد که جهت غالب رشد شهر به سمت شمال غرب بوده است.

بحث و یافته‌ها

تحلیل سیمای سرزمین در منطقه مورد مطالعه

متریک CA: این متریک نسبت مساحت طبقه را در سیمای سرزمین محاسبه می‌کند و نشان‌دهنده آن است که چه مقدار از سیمای سرزمین از یک نوع کاربری خاص تشکیل شده است، همچنین برای تشخیص ماتریکس سیمای سرزمین و تشخیص بزرگ‌ترین لکه‌ها در سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شمالی و طول ۵۹ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۹۸۵ متر و وسعت آن حدود ۲۸۸ کیلومترمربع است. این شهر در دشت مشهد در حدفاصل رشته‌کوه‌های کپه داغ و بینالود واقع شده است. موقعیت دشتی و مکان‌گزینی این شهر در زمینه‌ای مسطح امکان گسترش شهر را در اطراف فراهم آورده است. عامل طبیعی که رشد این شهر را محدود می‌کند مناطق مرتفع و کوهستانی رشته‌کوه بینالود در غرب و جنوب غرب شهر است. از سوی دیگر این شهر از شمال غرب با زمین‌های بایر و از شمال، شمال شرق، شرق و جنوب شرق عمدتاً با اراضی کشاورزی هم‌جوار است. از نظر جمعیتی، در نخستین سرشماری رسمی ایران (۱۳۳۵) مشهد با جمعیت ۲۴۱۹۸۹ نفر، چهارمین شهر پرجمعیت

و مراتع از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۸ روندی افزایشی داشته است و طی این بازه زمانی مساحت آن‌ها افزایش یافته است. مساحت کاربری، کشاورزی و باغات برای سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته ولی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ روندی کاهشی داشته است. همچنین مساحت کاربری بایر طی این بازه زمانی کاهش یافته است.

متریک PLAND در منطقه مورد مطالعه برای کاربری شهر روندی افزایشی داشته است به طوری که مساحت این کاربری از ۷/۰۲۲ در سال ۱۳۷۹ به ۱۲/۹۹ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است و این نشان می‌دهد که طی این بازه زمانی کاربری شهر ۵ درصد افزایش مساحت داشته است. کاربری باغات و کشاورزی با کاهش مساحت، همچنین مراتع نیز با افزایش مساحت رو به رو بوده اند و کاربری بایر روند کاهشی داشته است.

متریک NP در منطقه مورد مطالعه برای تمام کاربری‌ها روندی افزایشی داشته است و این نشان‌دهنده این است که کاربری‌های شهر مشهد با گذشت زمان تکه‌تکه شده و یکپارچگی خود را از دست داده است. متریک LPI برای کاربری شهر، مراتع و اراضی بایر در سال ۱۳۷۹ دارای کمترین مقدار بوده‌اند و با گذشت زمان روندی افزایشی یافته‌اند. اما برای کاربری باغات و کشاورزی کمترین مقدار برای سال ۱۳۸۹ بوده است و با گذشت زمان مقدار افزایش پیدا کرده است.

متریک PLAND: درصد پوشش اراضی: نسبت درصد هر نوع لکه (کلاس) را اندازه‌گیری می‌کند. این سنجه ترکیب سیمای سرزمین را به صورت عمومی نشان می‌دهد. تغییرات زمانی PLAND می‌تواند برای به دست آوردن یک ذهنیت کلی از تغییر سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه به کار آید.

متریک NP: با استفاده از آن می‌توان تعداد لکه‌ها را در سیمای سرزمین و یا کل تعداد لکه‌ها را برای طبقه‌ای خاص محاسبه کرد.

متریک LPI: این متریک شاخص بزرگی لکه و مساحت بزرگ‌ترین لکه نسبت به مساحت کل سیمای سرزمین را نشان می‌دهد و حاصل تقسیم بزرگ‌ترین لکه بر مساحت همه لکه‌های مربوط به یک کلاس کاربری است.

متریک ED (تراکم حاشیه): این متریک، برای محاسبه تراکم حاشیه لکه‌ها می‌باشد همچنین برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها از این متریک نیز استفاده می‌شود. متریک LSI: شاخص شکل سیمای سرزمین می‌باشد و نشان‌دهنده اندازه استاندارد شده از مجموع لبه یا تراکم لبه می‌باشد. زمانی که یک کاربری تا حد ممکن در یک لکه فشرده شده باشد، بالاترین تجمع اتفاق می‌افتد. در نتیجه هرچه کاربری مورد نظر پراکنش بیشتری داشته باشد، مقدار سنجه افزایش بیشتری دارد. (Mc (Garigal and Marks.1995:23) متریک CA در منطقه مورد مطالعه برای کاربری شهر

جدول ۳: شاخص CA مساحت هر طبقه و PLAND درصد هر طبقه در سال‌های مورد مطالعه

کاربری	۱۳۷۹		۱۳۸۹		۱۳۹۸	
	درصد	وسعت (واحد اندازه‌گیری هکتار)	درصد	وسعت (واحد اندازه‌گیری هکتار)	درصد	وسعت (واحد اندازه‌گیری هکتار)
شهر (ساخته‌شده)	۷/۰۲	۱۹۴۵۴/۴۹	۸/۱۱	۲۲۴۶۰/۸۵	۱۲/۹۹	۳۵۹۹۷/۳۹
کشاورزی و باغات	۱۱/۰۱	۳۰۵۱۴/۲۳	۱۷/۶۵	۴۸۹۰۳/۹۳	۸/۲۹	۲۲۹۶۱/۴۳
اراضی بایر	۶۱/۸۳	۱۷۱۲۹۱/۶۹	۵۴/۴۳	۱۵۰۷۲۶/۶۹	۵۷/۷۷	۱۶۰۰۴۸/۳۵
مراتع	۲۰/۱۴	۵۵۷۸۸/۸۴	۱۹/۸۴	۵۴۹۵۷/۷۸	۲۰/۹۵	۵۸۰۴۲/۰۸
جمع	۱۰۰	۲۷۸۴۲۸/۲۵	۱۰۰	۲۷۸۴۳۸/۲۵	۱۰۰	۲۷۸۴۴۷/۲۵

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۱۹۷

جدول ۴: شاخص NP تعداد لکه‌های هر کلاس و LPI بزرگ‌ترین لکه به درصد در سال‌های مورد مطالعه

۱۳۹۸		۱۳۸۹		۱۳۷۹		شرح
NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI	
۵۵۹۹	۹/۰۳۸۶	۴۲۳۶	۵/۶۶۲۴	۴۱۱۷	۴/۸۷۲۲	شهر
۵۸۳۹	۱/۵۱۴۸	۷۶۵۶	۱/۲۶۵۸	۴۸۴۲	۱/۴۲۳۶	کشاورزی و باغات
۵۱۴۴	۴۱/۰۳۳۹	۴۳۵۴	۴۳/۰۰۹۳	۴۱۶۷	۵۷/۷۷۹۲	اراضی بایر
۵۱۳۳	۱۸/۲۵۵۳	۶۸۳۱	۸/۵۳۳۳	۴۰۱۹	۷/۶۷۰۶	مراتع

تحلیل تغییرات با استفاده از نقشه کاربری اراضی: زمین به‌عنوان یک نیاز اساسی در جوامع شهری و روستایی محسوب می‌شود و همچنین به‌عنوان یک فاکتور اصلی تولید غذا و از عناصر حیاتی توسعه اجتماعی-اقتصادی هر کشور و هر جامعه ایفای نقش می‌کند. رشد و توسعه روستاها در ادوار گذشته مراکز شهری و در نهایت مادر شهرها و کلان‌شهرها را به‌وجود آورده است که این امر باعث به‌وجود آمدن تقاضاهای متنوع زمین برای اهداف مختلف به‌صورت رقابتی شده است. این نیازها و رقابت‌ها برای استفاده بهینه از زمین برای استفاده‌های مختلف نیاز به برنامه‌ریزی صحیح و درست و کنترل زمین به‌منظور توسعه موزون عملکردهای شهری و سکونت دارد (Jiboye, 2005).

متریک ED برای کاربری شهر و اراضی بایر در سال ۱۳۷۹ دارای کمترین مقدار بوده و با گذشت زمان روندی افزایشی یافته است. اما برای کاربری باغات و کشاورزی روندی کاهشی داشته است. همچنین برای مراتع بیشترین مقدار این متریک برای سال ۱۳۸۹ بوده است و با گذشت زمان مقدار آن کاهش یافته است.

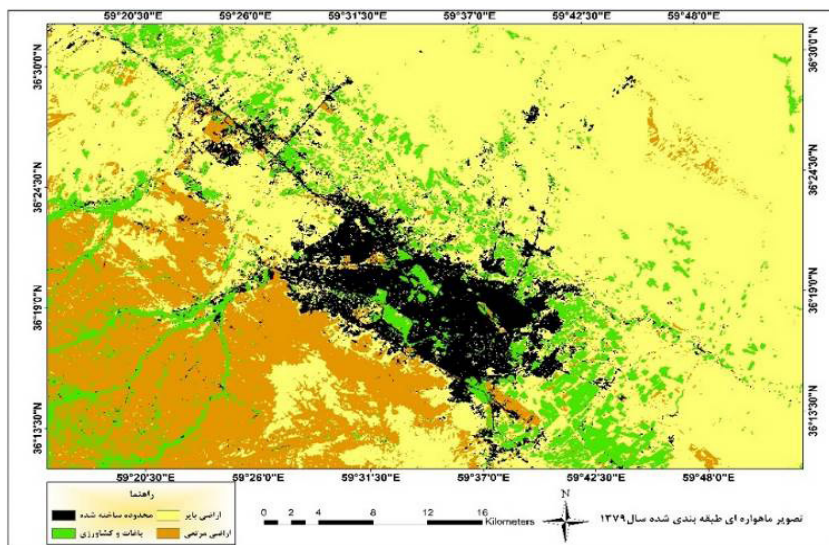
متریک LSI در منطقه مورد مطالعه برای کاربری‌های شهر و اراضی بایر روندی افزایشی داشته است ولی برای کشاورزی و باغات و مراتع از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته و برای سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ به شدت کاهش یافته است. روند افزایشی نشان‌دهنده این است که شکل سیمای سرزمین در شهر مشهد پیچیده‌تر شده و از نظر هندسی نامنظم‌تر شده است.

جدول ۵: شاخص ED تراکم حاشیه به هکتار

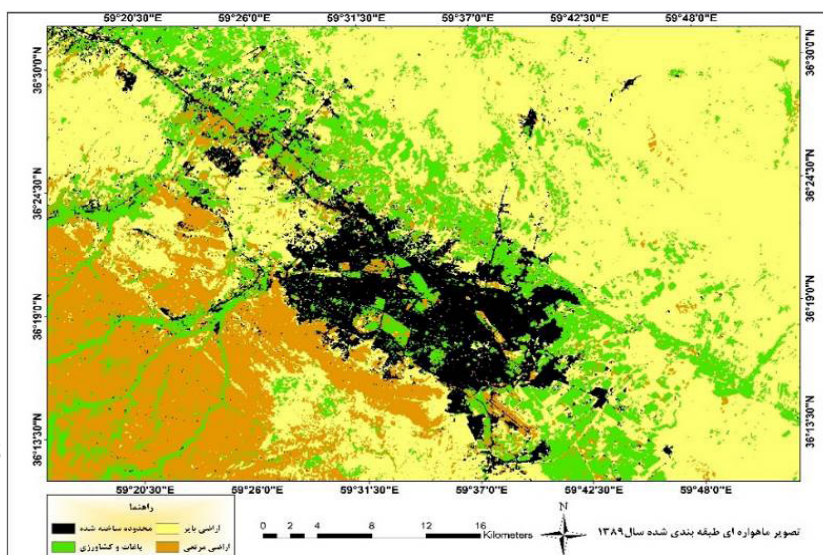
۱۳۹۸	۱۳۸۹	۱۳۷۹	شرح
۱۸/۸۴۳۷	۱۲/۶۶۴۹	۱۱/۸۹۸۲	شهر
۱۸/۵۱۵۳	۳۲/۳۹۸۸	۲۰/۹۴۸۴	کشاورزی و باغات
۳۴/۲۶۸۵	۳۱/۳۴۲۶	۲۹/۷۲۰۵	اراضی بایر
۱۶/۱۶۱۶	۲۳/۶۲۸۹	۱۸/۶۹۱۳	مراتع

جدول ۶: شاخص LSI شکل سیمای سرزمین

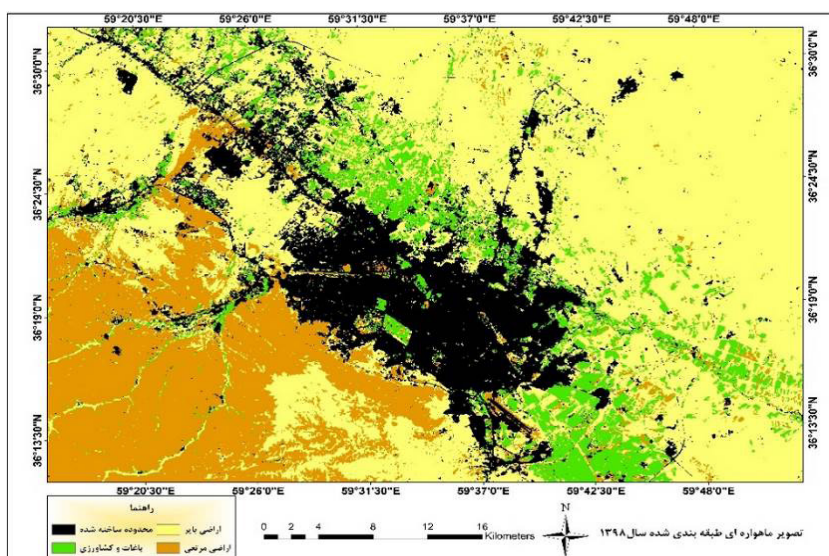
۱۳۹۸	۱۳۸۹	۱۳۷۹	شرح
۶۸/۸۱۲۶	۵۸/۵۰۶۰	۵۹/۰۹۲۵	شهر
۸۶/۲۷۳۰	۱۰۲/۷۶۶۱	۸۳/۲۷۴۷	کشاورزی و باغات
۵۹/۷۹۹۹	۵۶/۳۴۳۸	۵۰/۷۷۰۷	اراضی بایر
۴۶/۷۳۹۹	۷۰/۰۶۵۹	۵۵/۰۳۱۱	مراتع



نگاره ۲: تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۷۹
۷ لندست



نگاره ۳: تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۸۹
۷ لندست



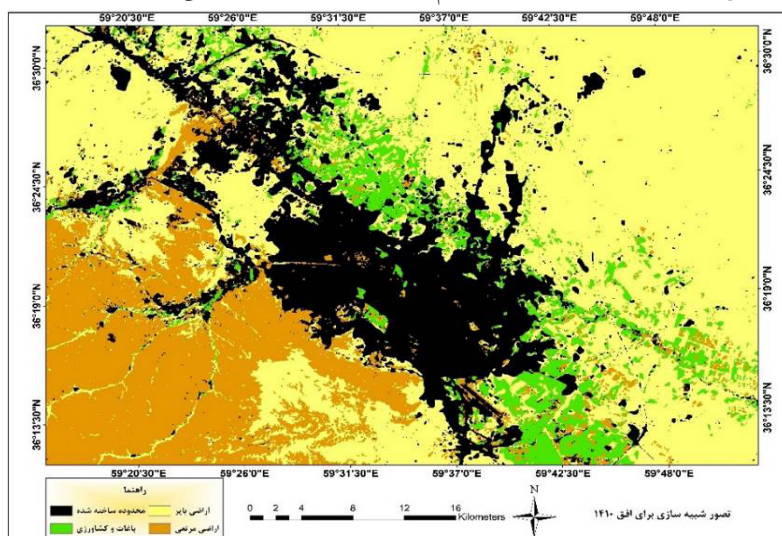
نگاره ۴: تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۹۸
۸ لندست

جدول ۷: تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین

سال	TA مساحت سیمای سرزمین	NP تعداد لکه	LPI شاخص بزرگ‌ترین لکه به درصد	ED تراکم حاشیه به هکتار	LSI شاخص شکل سیما
۱۳۷۹	۲۷۷۰۴۹/۲۵	۱۷۱۴۵	۵۷/۷۷۹۲	۴۰/۶۲۹۲	۵۴/۴۶۳۵
۱۳۸۹	۲۷۷۰۴۹/۲۵	۲۳/۷۷	۴۳/۰۰۹۸	۵۰/۰۱۷۶	۶۶/۸۱۴۱
۱۳۹۸	۲۷۷۰۴۹/۲۵	۲۱۷۱۵	۴۱/۳۳۹	۴۳/۸۹۴۵	۵۸/۷۵۹۸

باتوجه به نقشه کاربری اراضی که برای بازه ۲۰ساله تهیه شده است، اراضی مربوط به شهر در این بازه زمانی برای شهر مشهد به دلیل افزایش جمعیت و تقاضا برای زمین در نتیجه رشد شهرنشینی در دهه‌های اخیر بیشترین تغییرات مساحت را داشته است. به طوری که مساحت این اراضی از ۷درصد در سال ۱۳۷۹ به ۱۲درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است و این نشان‌دهنده رشد ۵ درصدی مساحت اراضی این کاربری در طی این بازه زمانی می‌باشد. کشاورزی و باغات از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته است به طوری که مساحت این کاربری از ۱۱درصد در سال ۱۳۷۹ به ۱۷درصد در سال ۱۳۸۹ رسیده و این نشان‌دهنده رشد ۶درصدی مساحت این کاربری می‌باشد، اما از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۸ مساحت کاربری کشاورزی و باغات به شدت با کاهش مساحت روبه‌رو بوده است به طوری که مساحت این کاربری در سال ۱۳۸۹ برابر با ۱۷درصد می‌باشد و برای سال ۱۳۹۸ برابر با ۸درصد است که این نشان‌دهنده کاهش ۹درصدی مساحت این کاربری است. اراضی مربوط

به کاربری بایر در این بازه زمانی روندی کاهشی داشته است و با ۴درصد کاهش مساحت روبه‌رو بوده است. کاربری مراتع در این بازه زمانی تغییر چندانی نداشته است. **تحلیل متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین برای افق ۱۴۱۰**
در این مرحله کل پهنه به‌عنوان یک سیمای یکپارچه در نظر گرفته شده است. تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین با محاسبه سنجه‌های مساحت سیمای سرزمین، تعداد لکه، شاخص بزرگ‌ترین لکه، تراکم حاشیه، شاخص شکل سیما انجام گرفت. در جدول (۷) نتایج متریک‌های مختلف لکه‌های کاربری در سطح سیمای سرزمین نشان داده شده است. متریک مساحت سیمای سرزمین طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸ تغییری نداشته ثابت بوده است. متریک تعداد لکه روندی افزایشی داشته است، شاخص بزرگ‌ترین لکه روندی کاهشی داشته است که نشان‌دهنده کاهش یکپارچگی لکه‌ها و افزایش تکه‌تکه شدن است. تراکم حاشیه و شاخص شکل سیمای سرزمین



نگاره ۵: شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای افق ۱۴۱۰

جدول ۸: نتایج محاسبه سنجها برای افق ۱۴۱۰

LSI شاخص شکل سیما	ED تراکم حاشیه به هکتار	LPI شاخص بزرگ‌ترین لکه به درصد	NP تعداد لکه	PLAND درصد هر کلاس	CA مساحت سیمای سرزمین	کلاس
۴۴/۱۱۰۴	۱۳/۶۶۰۴	۱۲/۱۰۰۳	۴۳۰۲	۱۶۰۶۰۸۱	۴۶۰۱۲/۵۹	شهر
۶۶/۵۶۰۲	۱۳/۴۹۷۸	۱/۱۳۲۸	۳۷۹۲	۷/۳۹۲۶	۲۰۴۸۱/۰۳	کشاورزی و باغات
۴۴/۹۰۷۷۷	۲۵/۰۰۸۶	۳۸/۳۹۶۵	۳۰۸۷	۵۴/۹۰۵۳	۱۵۲۱۱۴/۸۵	اراضی بایر
۴۱/۸۰۲۷	۱۴/۳۸۸۰	۱۸/۳۶۹۸	۳۰۶۳	۲۱/۰۹۴۰	۵۸۴۴۰/۷۸	مراتع

جدول ۹: تجزیه و تحلیل سنجها در سطح سیمای سرزمین در افق ۱۴۱۰

TA مساحت سیمای سرزمین	NP تعداد لکه	LPI شاخص بزرگ‌ترین لکه به درصد	ED تراکم حاشیه به هکتار	LSI شاخص شکل سیما
۲۷۷۰۴۹/۲۵	۱۴۲۴۴	۳۸/۳۹۶۵	۳۳/۲۷۷۴	۴۴/۷۹۲۰

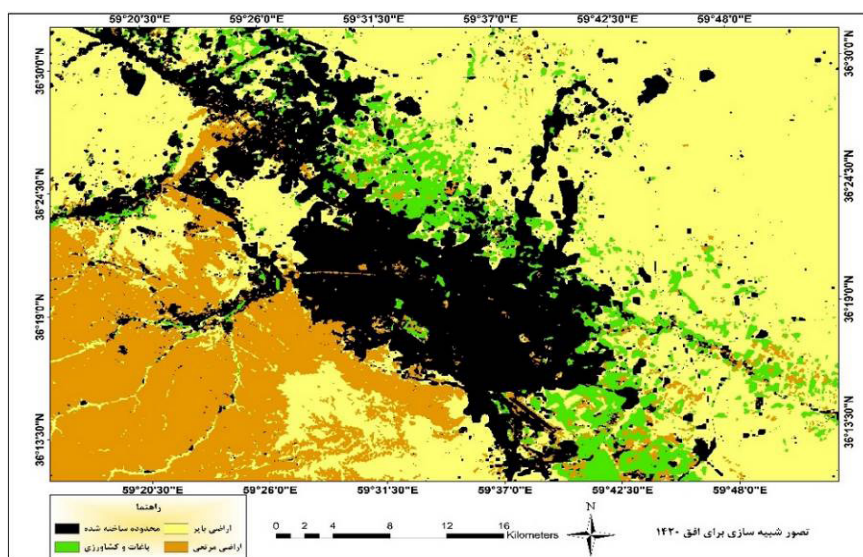
شد. تحلیل متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین برای افق ۱۴۱۰ شهر مشهد نشان داد که مساحت این شهر هیچ تغییری نخواهد داشت. تعداد لکه روندی کاهشی خواهد داشت که نشان‌دهنده آن است که با گذشت زمان شکل شهر منسجم‌تر خواهد شد. شاخص بزرگ‌ترین لکه و تراکم حاشیه روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده آن است که شهر در افق ۱۴۱۰ منسجم‌تر خواهد شد. شاخص شکل سیمای سرزمین روندی کاهشی خواهد داشت.

تحلیل متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین برای افق ۱۴۲۰

متریک‌های سیمای سرزمین همچنین برای نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای افق ۱۴۲۰ برای شهر مشهد محاسبه شد. نتایج نشان داد که متریک CA و PLAND برای منطقه مورد مطالعه برای کاربری‌های شهر، اراضی بایر و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و مساحت این کاربری‌ها افزایش خواهند یافت. مساحت کاربری کشاورزی و باغات در افق پیش‌بینی شده با کاهش مساحت روبه‌رو خواهد بود. متریک NP برای کاربری‌های شهر، کشاورزی و باغات و مراتع روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده این است که کاربری‌های مذکور با گذشت زمان یکپارچه‌تر خواهند شد و برای کاربری اراضی بایر روندی افزایشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده آن است که

از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته است و از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ روندی کاهشی داشته، ولی در کل طی این بازه زمانی افزایش یافته است. متریک‌های سیمای سرزمین برای نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای افق ۱۴۱۰ برای شهر مشهد محاسبه شد. نتایج نشان داد که متریک CA و PLAND برای منطقه مورد مطالعه برای کاربری‌های شهر، و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و مساحت این کاربری‌ها افزایش خواهند یافت. مساحت کاربری اراضی بایر و کشاورزی و باغات در افق پیش‌بینی شده با کاهش مساحت روبه‌رو خواهند بود. متریک NP برای همه کاربری‌های مورد مطالعه روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده این است که کاربری‌های مذکور با گذشت زمان یکپارچه‌تر خواهند شد. متریک LPI برای کاربری‌های شهر، اراضی بایر و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و برای کاربری کشاورزی و باغات روندی کاهشی خواهد داشت. متریک ED برای همه کاربری‌ها روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده آن است که کاربری‌های مختلف شهر مشهد برای افق ۱۴۱۰ منسجم‌تر خواهند شد و از تخریب سیمای سرزمین جلوگیری می‌شود. متریک LSI برای همه کاربری‌ها روندی کاهشی داشته و این نشان می‌دهد که شکل سیمای سرزمین در شهر مورد مطالعه با گذشت زمان از نظر هندسی منظم‌تر شده و ساده‌تر خواهد

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۲۰۱



نگاره ۶: شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی برای افق ۱۴۲۰

۱۴۲۰ شهر مشهد نشان داد که مساحت این شهر هیچ تغییری نخواهد داشت. تعداد لکه روندی کاهش خواهد داشت که نشان دهنده آن است که با گذشت زمان شکل شهر منسجم تر خواهد شد. شاخص بزرگ ترین لکه و تراکم حاشیه روندی کاهش خواهد داشت. و این نشان دهنده آن است که شهر در افق ۱۴۱۰ منسجم تر خواهد شد. شاخص شکل سیمای سرزمین روندی کاهش خواهد داشت.

تحلیل الگوهای توسعه شهری (شاخص سیمای سرزمین (LED)) طبق شاخص توسعه شهری و بر اساس ارزش عددی مشخص شد که بیشترین توسعه شهر مشهد حدود ۰/۰۰۰۰۰۱

کاربری اراضی بایر با گذشت زمان از هم گسیخته تر خواهند شد. متریک LPI برای کاربری شهر روندی افزایشی خواهد داشت و برای اراضی بایر، کشاورزی و باغات و مراتع روندی کاهش خواهد داشت. متریک ED برای همه کاربری ها روندی کاهش خواهد داشت و این نشان دهنده آن است که کاربری های مختلف شهر مشهد برای افق ۱۴۱۰ منسجم تر خواهند شد و از تخریب سیمای سرزمین جلوگیری می شود. متریک LSI برای همه کاربری ها روندی کاهش داشته و این نشان می دهد که شکل سیمای سرزمین در شهر مورد مطالعه با گذشت زمان از نظر هندسی منظم تر شده و ساده تر خواهد شد. تحلیل متریک ها در سطح سیمای سرزمین برای افق

جدول ۱۰: نتایج محاسبه سنجها برای افق ۱۴۲۰

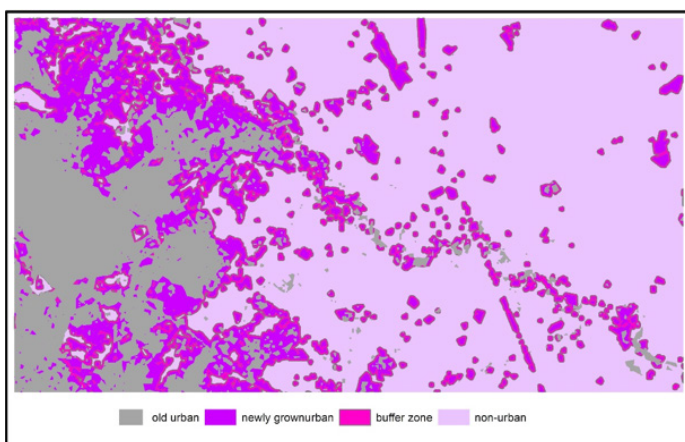
LSI	ED	LPI	NP	PLAND	CA	کلاس
شاخص شکل سیمای	تراکم حاشیه به هکتار	شاخص بزرگ ترین لکه به درصد	تعداد لکه	درصد هر کلاس	مساحت سیمای سرزمین	
۴۰/۹۹۸۰	۱۳/۶۳۹۶	۱۴/۱۹۶۶	۳۱۸۱	۱۹/۲۰۴۳	۵۳۲۰۵/۳۹	شهر
۵۷/۲۷۴۳	۱۱/۲۱۹۷	۰/۹۰۶۵	۲۱۰۹	۶/۹۵۸۹	۱۹۲۷۹/۵۳	کشاورزی و باغات
۳۸/۷۹۳۳	۲۱/۱۳۶۹	۳۶/۷۲۶۴	۱۷۵۱	۵۲/۷۵۲۹	۱۴۶۱۵۱/۴۵	اراضی بایر
۳۹/۳۴۹۳	۱۳/۵۲۶۲	۱۸/۲۵۳۳	۲۴۶۲	۲۱/۰۸۳۹	۵۸۴۱۲/۸۸	مراتع

جدول ۱۱: تجزیه و تحلیل سنجها در سطح سیمای سرزمین در افق ۱۴۲۰

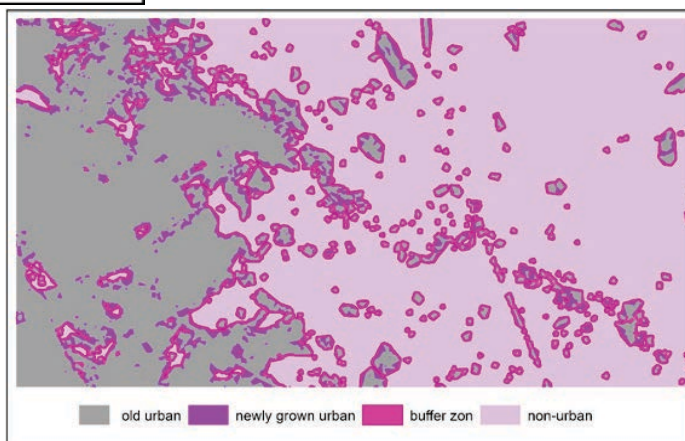
TA	NP	LPI	ED	LSI
مساحت سیمای سرزمین	تعداد لکه	شاخص بزرگ ترین لکه به درصد	تراکم حاشیه به هکتار	شاخص شکل سیمای
۲۷۷۰۴۹/۲۵	۹۵۰۳	۳۶/۷۲۶۴	۲۹/۷۶۱۲	۴۰/۱۶۶۴

جدول ۱۲: اطلاعات حاصل از گونه رشد شهری از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۸، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

۱۴۱۰ تا ۱۴۲۰			۱۳۹۸ تا ۱۴۱۰			۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸		
LEI	مساحت ۱۴۲۰ (کیلومتر مربع)	درصد	LEI	مساحت ۱۴۱۰ (کیلومتر مربع)	درصد	LEI	مساحت ۱۳۹۸ (کیلومتر مربع)	درصد
۰	۹/۲۴	۱/۷۳	۰	۵/۸۹	۱/۲۸	۰	۳۷/۳۷	۰/۰۰۰۱
۰-۷	۰/۴۷	۰/۰۸۷	۲=<	۲۸/۰۲	۶/۱۱	>۵۰	۰/۳۵	۰/۰۰۰۰۱
۷-۳۰	۵۲۱/۴۱	۹۸/۱۷	۰<۲>	۴۲۴/۶۱	۹۲/۶۰	۵۰>, ۰<	۳۲۱/۴۹	۹۹/۹۹
مجموع	۵۳۱/۱۱	۱۰۰	مجموع	۴۵۸/۵۲	۱۰۰	مجموع	۳۲۱/۲۲	۱۰۰



نگاره ۷: نمایش گونه رشد شهری
 از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۸



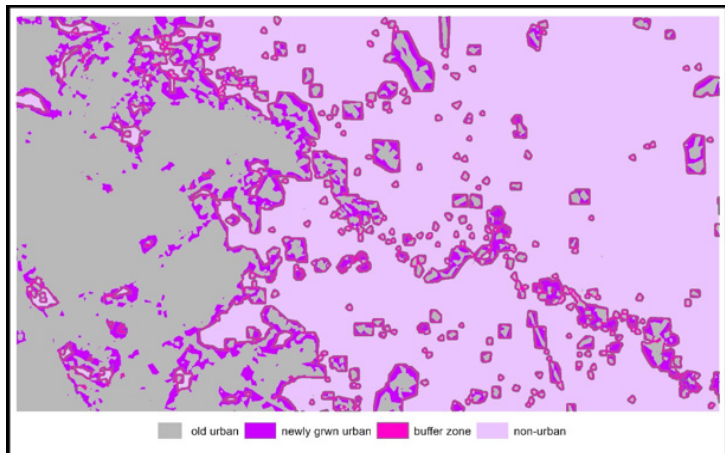
نگاره ۸: نمایش گونه رشد شهری
 از سال ۱۳۹۸ تا افق ۱۴۱۰

درصد توسعه بیرونی خواهد داشت. در افق پیش‌بینی شده بیشترین گسترش شهر مشهد از نوع توسعه لبه‌ای خواهد بود. همچنین برای افق ۱۴۲۰ نیز شاخص سیمای سرزمین (LEI) پیش‌بینی و محاسبه شده است. توسعه شهر مشهد برای افق ۱۴۲۰ حدود ۱/۷۳ درصد توسعه بیرونی شهر، حدود ۹۸/۱۷ درصد از نوع رشد لبه‌ای و حدود ۰/۰۸۷ درصد از نوع توسعه به سمت حاشیه شهر خواهد بود. بیشترین توسعه شهر مشهد در افق ۱۴۲۰ از نوع توسعه لبه‌ای خواهد بود.

درصد از نوع توسعه به سمت حاشیه شهر^۱ و حدود ۹۹/۹۹ درصد از نوع توسعه از لبه شهر^۲ و ۰/۰۰۰۱ درصد توسعه بیرونی شهر^۳ می‌باشد. همچنین برای افق ۱۴۱۰ پیش‌بینی شده است که برای رشد شهر مورد مطالعه حدود ۶/۱۱ درصد از نوع گسترش به سمت حاشیه شهر و حدود ۹۲/۶۰ درصد از نوع توسعه از لبه شهر خواهد بود و حدود ۱/۲۸

- 1- Infilling
- 2- Edge-Expansion
- 3- Outlaying

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۲۰۳



نگاره ۹: نمایش گونه رشد شهری از سال ۱۴۱۰ تا افق ۱۴۲۰

نتیجه گیری:

با افزایش مساحت روبه‌رو بوده‌اند و مساحت کاربری بایر روندی کاهشی داشته است. در مطالعه حاضر تعداد لکه NP در این بازه زمانی در منطقه مورد مطالعه برای تمام کاربری‌ها روندی افزایشی داشته است و این افزایش نشان خردشدگی و کاهش پیوستگی و وجود اختلال در سیمای سرزمین می‌باشد. این نتیجه رشد و گسترش اراضی ساخت و ساز است. افزایش NP در کلاس کشاورزی بیان‌کننده این است که گسترش شهر باعث تکه‌تکه شدن لکه‌های بزرگ این کاربری‌ها و منجر به ساختار ریزدانه در شهر مشهد شده است. LPI بیان‌کننده بزرگ‌ترین لکه و نشان‌دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی می‌باشد. برای کاربری شهر، مراتع و اراضی بایر در سال ۱۳۷۹ دارای کمترین مقدار بوده‌اند و با گذشت زمان روندی افزایشی داشته‌اند. اما برای کاربری باغات و کشاورزی کمترین مقدار برای سال ۱۳۸۹ بوده است و با گذشت زمان مقدار آن افزایش پیدا کرده است. متریک ED تراکم حاشیه از متریک‌های پیکربندی است و طول لبه‌ها و مرزهای موجود در درون سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. همچنین بیان‌کننده محیط تکه‌ها در سطح کلاس می‌باشد. برای کاربری شهر و اراضی بایر در سال ۱۳۷۹ دارای کمترین مقدار بوده و با گذشت زمان روندی افزایشی داشته است. اما برای کاربری باغات و کشاورزی روندی کاهشی داشته است. همچنین برای مراتع بیشترین مقدار این متریک برای سال ۱۳۸۹ بوده است و با

توزیع نامتوازن و نامناسب کاربری‌های شهری ناپایداری‌های زیست محیطی زیادی را در شهرها به وجود می‌آورد. این مطالعه نشان داد در طول مقطع‌ها، علاوه بر کاربری‌ها، شکل و تراکم لکه‌ها نیز دچار تغییر شده و روند این تغییرات در دو مقطع از هم متفاوت بوده است. در پژوهش حاضر بررسی تغییرات فضای کاربری برای شهر مشهد با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین و شاخص توسعه شهری انجام گرفته است. برای این منظور ابتدا طبقه‌بندی تصاویر توانست چهار کلاس کاربری شامل: شهر، کشاورزی و باغات، اراضی بایر و مراتع برای منطقه مورد مطالعه تفکیک نماید.

براساس متریک‌های به دست آمده از نرم‌افزار Fragstats می‌توان نتیجه گرفت که میزان متریک CA در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰ ساله برای کاربری شهر و مراتع از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۸ روندی افزایشی داشته است و مساحت آن‌ها افزایش یافته است. مساحت کاربری، کشاورزی و باغات برای سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته است ولی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ روندی کاهشی داشته است. همچنین مساحت کاربری بایر طی این بازه زمانی کاهش یافته است. متریک PLAND در منطقه مورد مطالعه برای کاربری شهر روندی افزایشی داشته است. کاربری باغات و کشاورزی با کاهش مساحت، همچنین مراتع نیز

داشت. همچنین برای سال ۱۴۲۰ برای کاربری شهر روندی افزایشی خواهد داشت و برای اراضی بایر، کشاورزی و باغات و مراتع روندی کاهشی خواهد داشت.

متریک ED برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ برای همه کاربری‌ها روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده آن است که کاربری‌های مختلف شهر مشهد برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ منسجم‌تر خواهد شد و از تخریب سیمای سرزمین جلوگیری می‌شود.

متریک LSI برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ برای همه کاربری‌ها روندی کاهشی داشته و این نشان می‌دهد که شکل سیمای سرزمین در شهر مورد مطالعه با گذشت زمان از نظر هندسی منظم‌تر شده و ساده‌تر خواهد شد. در بررسی سؤال اول مبنی بر رشد و توسعه شهر مشهد از سال ۱۳۷۹ تا افق ۱۴۲۰ به کدام سمت خواهد بود؟ با توجه به نقشه‌های طبقه‌بندی شده در بازه زمانی ۲۰ساله و نقشه‌های پیش‌بینی شده برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ برای شهر مشهد مشخص شد که بیشترین تغییر مربوط به محدوده شهر می‌باشد، به طوری که در این دوره ساخت‌وسازها و رشد فیزیکی شهر در جهت شمال‌غرب بوده است و از طرفی به دلیل اینکه به طور معمول ساخت‌وسازها بر روی اراضی مربوط به باغات و کشاورزی انجام می‌شود، در این سمت شهر شاهد کاهش اراضی کشاورزی و باغات و به دنبال آن افزایش محدوده‌های شهری شده، می‌باشیم. با توجه به نقشه سال ۱۳۹۸ اراضی کشاورزی و باغات در سمت جنوب‌شرق همچنان باقی است و یکی از دلایل آن می‌تواند عدم توسعه شهر در این جهت باشد.

با توجه به پیش‌بینی انجام شده در مقاله حاضر، در صورت عدم برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری صحیح و مناسب برای شهر مشهد، و همچنین با توجه به گسترش و توسعه شهر به سمت شمال‌غرب و در جهت باغات و اراضی کشاورزی، در آینده‌ای نه چندان دور، شاهد نابودی باغات و اراضی کشاورزی شمال‌غرب منطقه مورد مطالعه و تبدیل آن‌ها به مناطق مسکونی شهری خواهیم بود. همچنین در

گذشت زمان مقدار آن کاهش یافته است. متریک LSI برای شهر مشهد برای کاربری‌های شهر و اراضی بایر روندی افزایشی داشته ولی برای کشاورزی و باغات و مراتع از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی افزایشی داشته است و برای سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ به شدت کاهش یافته است. روند افزایشی نشان‌دهنده این است که شکل سیمای سرزمین در شهر مشهد پیچیده‌تر شده و از نظر هندسی نامنظم‌تر شده است. همچنین متریک‌های سیمای سرزمین برای نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ برای شهر مشهد محاسبه شد.

نتایج نشان داد که متریک CA و PLAND برای منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۱۰ برای کاربری‌های شهر، و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و مساحت این کاربری‌ها افزایش خواهند یافت. مساحت کاربری اراضی بایر و کشاورزی و باغات در افق پیش‌بینی شده با کاهش مساحت روبه‌رو خواهند بود. همچنین برای سال ۱۴۲۰ این متریک‌ها برای کاربری‌های شهر، اراضی بایر و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و مساحت این کاربری‌ها افزایش خواهد یافت و مساحت کاربری کشاورزی و باغات نیز با کاهش مساحت روبه‌رو خواهد بود.

متریک NP برای سال ۱۴۱۰ همه کاربری‌های مورد مطالعه روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده این خواهد بود که کاربری‌های مذکور با گذشت زمان یکپارچه‌تر خواهند شد. متریک مورد نظر برای سال ۱۴۲۰ نیز برای کاربری‌های شهر، کشاورزی و باغات و مراتع روندی کاهشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده این است که کاربری‌های مذکور با گذشت زمان یکپارچه‌تر خواهند شد و برای کاربری اراضی بایر روندی افزایشی خواهد داشت و این نشان‌دهنده آن است که کاربری اراضی بایر با گذشت زمان از هم گسیخته‌تر خواهند شد.

متریک LPI برای سال ۱۴۱۰ برای کاربری‌های شهر، اراضی بایر و مراتع روندی افزایشی خواهد داشت و برای کاربری کشاورزی و باغات روندی کاهشی خواهد

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)
تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و ... / ۲۰۵

منابع و مأخذ

- ۱- اکبری، ابراهیم (۱۳۹۷). مدل‌سازی GIS پایه کیفیت زندگی شهری، مطالعه موردی منطقه ۹ و ۱۱ شهر مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ایران.
- ۲- حسن‌پور، سیاح‌نیا، اسماعیل‌زاده؛ پرستو، رومینا، حسن (۱۳۹۹). ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران. مجله علوم محیطی، ۱۸(۶۷)، ۱۸۷-۲۰۲.
- ۳- خیرالدین، سالاریان؛ رضا، فردیس (۱۳۹۴). الگوسازی گرایش‌های فضایی شهرها با استفاده از الگوی رشد خودکار سلولی برای امکان‌سنجی و انسجام توسعه فضایی شهر چالوس، نشریه تحقیقات کاربری علوم جغرافیایی، ۱۵(۳۹)، ۱۷۶-۱۵۳.
- ۴- رضایی، فلاحتکار، داداش‌پور؛ فاطمه، سامره، هاشم (۱۳۹۶). تغییرات فضایی - زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیرساحلی استان مازندران با به‌کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین. مجله علمی آمایش سرزمین، ۹(۱)، ۵۷-۷۹.
- ۵- صدرموسوی، کریم‌زاده، صبوری، زادولی؛ میرستار، حسن، رحیمه، فاطمه (۱۳۹۶). بررسی و تحلیل اثرات زیست‌محیطی گسترش پراکندگی شهری مطالعه موردی: شهر هادی‌شهر، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۷(۲۶)، ۱۴۷-۱۶۰.
- ۶- فتحی‌زاد، نوحه‌گر، فرامرزی، تازه؛ حسن، احمد، مرزبان، مهدی (۱۳۹۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی بر اساس تجزیه و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و GIS در منطقه خشک و نیمه‌خشک دهلران. مجله علمی آمایش سرزمین، ۱۵(۱)، ۷۹-۹۹.
- ۷- فجر، ایلانلو؛ سکینه، مریم (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات فضایی - زمانی شکل شهرهای ساحلی استان خوزستان با به‌کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۸(۳)، ۱۶۷-۱۸۴.
- ۸- فردوسی، شکری فیروزجاه؛ سجادی، پری (۱۳۹۴). تحلیل فضایی کالبدی نواحی شهری براساس شاخص‌های رشد هوشمند، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۶(۲۲)، ۳۲-۱۵.
- ۹- قنبری، رحیمی، موسوی؛ ابوالفضل، آرزو، طاهره السادات

بررسی سؤال دوم تحقیق مبنی بر اینکه گسترش شهر مشهد از سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۲۰ از کدام نوع رشد پیروی کرده است؟ یافته‌های تحقیق نشان داد، طبق شاخص توسعه شهری و براساس ارزش عددی که به بافر داده بودیم مشخص شد که گسترش شهر مشهد در بازه زمانی بین ۱۳۷۹ تا ۱۴۲۰ از نوع توسعه از لبه شهر^۱ می‌باشد. برای مقایسه مطالعات مشابه صورت گرفته می‌توان به تحقیقی با عنوان رشد پراکنده شهری باندونگ و زمین بکر و طبیعی: دیدگاه‌های زیست فضایی به رشد جمعیت شهری و نتیجه آن در منطقه شهری باندونگ در غرب جاوا اشاره کرد که توسط آردیویجایا و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که، سیاست برای مدیریت توسعه شهری و زمین‌های بکر و طبیعی به‌طور بالقوه بهبود یافته است. در تحقیقی دیگر که به بررسی تنوع و ساختار فضای سبز شهری در شهر لوبوشنی در جمهوری دموکراتیک کنگو توسط یوسنی سیکوزانی و همکاران (۲۰۱۸) پرداخته شد، نتایج تحقیق نشان داد شهرنشینی موجب مشکلات زیست‌محیطی و تخریب فضای سبز شهری می‌شود و با تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کاربری فضای سبز شهری و تراکم ساختمان‌ها نشان داده شد.

یافته‌های تحقیق نشان داد نسبت فضای سبز موجود در سطح نواحی و محلات شهر نامتناسب بوده و رو به کاهش است. رشد شهری به دو صورت افقی و عمودی است، مشهد از رشد افقی شهری برخوردار می‌باشد. این فرم رشد شهری در گذر زمان منجر به از بین رفتن باغات و زمین‌های کشاورزی و تغییر آن‌ها به محدوده‌های شهری می‌شود که این اتفاق باعث بسیاری از مشکلات و بحران‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود. با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود که در مطالعات شهری از تصاویر با قدرت تفکیک بالاتری استفاده شود. همچنین برای برنامه‌ریزی بهتر و جلوگیری از مشکلات از نرم‌افزارهای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین استفاده شود.

Environmental Design and Management.

20- Kheyroddin, R. & Salarian, F. (2015). Modeling the spatial tendencies of cities using the automatic cell growth pattern (CA-Markov) for feasibility and coherence of spatial development, Chalous city. *Journal of Applies Researches of Geographic Sciences*, 15(39), 153-176. (In Persian)

21- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., & Hostert, P. (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 957-964.

22- Laiolo, P., & Rolando, A. (2005). Forest bird diversity and ski runs: a case of negative edge effect. *Animal Conservation*, 8(1), 9-16.

23- Leitao, A. B., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and urban planning*, 59(2), 65-93.

24- Liu, T., & Yang, X. (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Applied Geography*, 56, 42-54.

25- Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., & Ai, B. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape ecology*, 25(5), 671-682.

26- MCGarigal, K., Cushman, S. A. and Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: spatial pattern Analysis program for Categorical Maps, Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html, 6.

27- Rawat, J. S., & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 77-84.

28- Useni Sikuzani, Y., Sambiéni Kouagou, R., Maréchal, J., Ilunga wa Ilunga, E., Malaisse, F., Bogaert, J., & Munyemba Kankumbi, F. (2018). Changes in the spatial pattern and ecological functionalities of green spaces in Lubumbashi (the Democratic Republic of Congo) in relation with the degree of urbanization. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918771325.

29- Yang, X., & Lo, C. P. (2002). Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *International Journal of Remote Sensing*, 23(9), 1775-1798.

(۱۳۹۹) بررسی تغییرات کاربری اراضی بر اساس تجزیه و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و GIS در شهرستان میاندوآب. *فضای جغرافیایی*. ۲۰ (۶۹): ۱۱۷-۱۳۰.

۱۰- محمودزاده، صمدی، هریسچیان؛ حسن، محمد، مهدی (۱۳۹۹). بررسی تناسب زیرساخت سبز شهری با رویکرد عدالت فضایی با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین و تحلیل شبکه فازی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز).

پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۸(۲) ۲۹۹-۳۲۵.

۱۱- نظرزاد، حسینی، ایرانی؛ حبیب، مرتضی، طیبه (۱۳۹۷).

استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین در ارزیابی تغییرات ساختار چشم‌انداز حوضه آبخیز قره‌سو کرمانشاه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷(۲)، ۲۳-۳۶.

۱۲- وارثی، علی‌نژادطیپی، پورقیومی؛ حمیدرضا، کاووس، حسین (۱۳۹۲).

بررسی وضعیت فضای سبز شهر فیروزآباد و مکانیابی آن با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP).

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۸(۱۰۸)، ۱۳-۳۴.

13- Apan, A. A., Raine, S. R., & Paterson, M. S. (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 59(1), 43-57.

14- Araya, Y. H., & Cabral, P. (2010). Analysis and modeling of urban land cover change in Setúbal and Sesimbra, Portugal. *Remote Sensing*, 2(6), 1549-1563.

15- Ardiwijaya, V. S., Soemardi, T. P., Suganda, E., & Temenggung, Y. A. (2014). Bandung urban sprawl and idle land: Spatial environmental perspectives. *APCBEE Procedia*, 10(10), 208-213.

16- Botequila Leitao, A., Jozeph, M. & Ahern, J. (2006). *Measuring landscape: A planner's handbook*.

17- Burel, H. (2005). *El corredor nocturno*. Alfaguara.

18- Fan, Fenglei, Wang, Yunpeng, and Wang, Zhishi, 2008, Temporal and spatial change, detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl pp: 127-147.

19- Jiboye A.P., (2005), "Globalization and the Urban Growth Process in Jiboye, A. D. (2005). Globalization and the Urban growth process in Nigeria. In *Proceedings of the Conference on Globalization, Culture and the Nigerian Built Environment* (Vol. 2), 342-345,