



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۴، دوره ۸، شماره ۴، صص ۳۰-۱۵

## تحلیل کاربری اراضی ساخته شده شهر آستارا و پیش بینی تغییرات آن در سال ۲۰۳۸

حسین نظم فر\*<sup>۱</sup>، منصور رحمتی<sup>۲</sup>، یاسر افشون<sup>۳</sup>

۱- گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، رایانامه [nazmfar@tabrizu.ac.ir](mailto:nazmfar@tabrizu.ac.ir)

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیا و برنامه

ریزی شهری و روستایی، اردبیل، ایران، [rahmati1358@gmail.com](mailto:rahmati1358@gmail.com)

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه

جغرافیا و برنامه ریزی شهری و روستایی، اردبیل، ایران، [yasserafshoon@gmail.com](mailto:yasserafshoon@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۴

### چکیده

تحلیل کاربری اراضی به تعیین نوع فعالیت‌های قابل انجام بر روی زمین و چگونگی اجرای آن فعالیت اشاره دارد. در واقع، این تحلیل نقش مهمی در برنامه‌ریزی شهری و مدیریت مناسب منابع زمین دارد. با در نظر گرفتن نیازهای جامعه و محیط زیست بر اساس تحلیل کاربری اراضی می‌توان بین کاربری‌های مختلف توازن ایجاد کرد تا از این جهت استفاده بهینه از کاربری‌های مختلف شهری شود. اراضی ساخته شده، نتیجه فعالیت‌های انسانی در زمین‌هاست. این فعالیت‌ها می‌توانند تغییراتی در کاربری سرزمین ایجاد کنند، مانند تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های شهری و صنعتی و پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی آن، یکی از مسائل و دشواری‌های برنامه ریزان شهری در مواجهه با رشد و توسعه فیزیکی شهرها و تغییر کاربری‌ها در شهر است. در این تحقیق تغییرات کاربری‌ها با هدف تحلیل کاربری اراضی شهر آستارا و تغییرات رخ داده در کاربری ساخته شده مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از تصاویر سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ ماهواره لندست و از سنجنده های TM و OLI برای استخراج نقشه کاربری منطقه استفاده شد که از نرم افزارهای ENVI و IDRISI SELVA برای بررسی تغییرات و طبقه بندی کردن کاربری‌ها و همچنین پیش بینی تغییرات برای سال ۲۰۳۸ استفاده شد. نتایج حاکی از این بود که اراضی ساخته شده نسبت به سال ۲۰۰۳، ۱۶۲/۲۷ هکتار در خود افزایش داشته و وسعتش افزایش پیدا کرده است، مقدار تغییرات اراضی ساخته شده برای سال ۲۰۲۱ بیشتر از اراضی زراعی برای سال ۲۰۲۱ است کاربری ساخته شده با رشد ۱۱۸/۰۸ هکتاری برای سال ۲۰۳۸ همراه خواهد بود که بیشترین تغییر را همراه با رشد دارا خواهد بود. اراضی ساخته شده روندی افزایشی را بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ داشته و این روند افزایشی برای سال ۲۰۳۸ حفظ می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل کاربری اراضی، تغییرات کاربری‌ها، اراضی ساخته شده، بررسی تغییرات، سنجش از دور.

پدیده شهر نشینی طی دهه های اخیر با سرعت قابل توجهی در حال رخ دادن می باشد به گونه ای که پیشبینی میگردد تا سال ۲۰۳۰ حدود ۶۰ درصد از جمعیت جهان شهرنشین می شوند (ایرجی و همکاران: ۱۴۰۲). با توجه به روند رو به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مواد غذایی، حفظ آب و خاک به عنوان سرمایه‌هایی ارزشمند، اهمیت فراوان دارد (وهاب زاده و همکاران: ۱۳۹۳). اهمیت کاربری اراضی به عنوان یک مولفه اصلی در مدیریت منابع طبیعی، تغییرات محیط زیست و عاملی پویا و موثر بر شرایط زیستی ایجاب میکند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه های زمانی کوتاه مدت تعیین گردد (Triantakoustantis and Stathakis, 2015:194). در این میان داده های سنجش از دور، داده های چند زمانه گران بهایی در باره فرآیندها و الگوهای تغییر پوشش زمین و کاربری سرزمین فراهم میکنند و به ایجاد یک درک درست از تاثیر فعالیت های بشری بر منابع طبیعی کمک می نمایند (Esfahanizadeh, 2016: 34). داده های سنجش از دور به دلیل داشتن ویژگی هایی مانند پوشش وسیع، به هنگام بودن، تکراری بودن، توان تفکیک طیفی، رادیومتریک و مکانی بالا، فرمت رقومی و امکان پردازش کامپیوتری از پتانسیل بالایی برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی و کاربری اراضی برخوردار هستند (Ganeshkumar and Mohan, 2014: 23). تغییرات و گسترش شهرها در ایران نیز به عنوان یک کشور در حال توسعه نمود پیدا کرده و تغییراتی را در دهه های گذشته بر روی کاربری های موجود در سطح شهرها داشته است. شهر آستارا از جمله شهرهایی است که با توجه به موقعیت مرزی، موقعیت اقتصادی و گردشگری و همچنین رشد جمعیت آن در سال های گذشته دارای تغییر و تحولاتی هم در رشد فیزیکی و هم در بحث زمین های ساخته شده بوده است. از این رو در این تحقیق تغییرات رخ داده در کاربری های این شهر را با استفاده از تصاویر ماهواره ای مربوط به سال های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار دادیم.

### اهمیت و ضرورت تحقیق

مسئله کاربری اراضی یکی از چالش ها و موضوعات بسیار با اهمیت برای مهندسين غير شهری یعنی محیط شناسان و مهندسان شهری محسوب می شود که برای طراحی کردن شهری طبیعت محور که با رشد اقتصادی پایدار همراه باشد مورد نیاز است. دلیل هایی که موجب تغییر در کاربری های اراضی می شود امکان دارد در نتیجه ایجاد تغییرات در محیط و یا رشد اجتماعی - اقتصادی و یا هر دو عامل ذکر شده باشد (مجیدیان، ۱۳۹۴). شهر آستارا بنا بر موقعیتی که در آن قرار گرفته است از جمله موقعیت اقتصادی و توریستی، افزایش جمعیت و همچنین با توجه به مجموعه عواملی که موجب تغییرات در سطح کاربری های این شهر شده است، بررسی تغییرات کاربری های این شهر در طی

سالیان گذشته و اطلاع و آگاهی یافتن از نسبت کاربری اراضی این شهر در گذر زمان برای مدیریت و ساماندهی بهتر در شهر و پیش بینی بهتر برای مدیریت آینده شهر ضروری به نظر می‌رسد.

## مبانی نظری پژوهش

### کاربری اراضی

کاربری اراضی Land use از دو واژه زمین (Land) و کاربری (Use) تشکیل شده است. Land Use در لغت به معنی فعالیت انسانی مربوط به زمین است و کاربری اراضی به مفهوم انواع بهره برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان تعریف می‌شود. منظور از کاربری زمین، انواع فعالیت‌های انسانی بر روی زمین است که متفاوت از مفهوم پوشش زمین (land cover) می‌باشد. پوشش زمین، بیشتر در بر گیرنده عوارض و پدیده‌های موجود در سطح زمین، مانند جنگل، دریاچه، ساختمان‌های شهری و ... می‌باشد. در حالی که کاربری زمین، انواع فعالیت‌های مختلف انسانی، اعم از طبیعی و مصنوعی بر روی زمین در بر می‌گیرد. کاربری اراضی به طور ذاتی درباره تمام جنبه‌های فضایی فعالیت‌های انسان در زمین و طریقه ای که سطح زمین می‌تواند برای نیازهای مختلف آماده شود و از آن بهره برداری گردد، بحث می‌کند. به طور مشخص می‌توان گفت: فعالیت‌ها، مردم و مکان‌ها، عناصر کاربری زمین هستند و با یکدیگر دارای روابط متقابلند (فضلی، ۱۳۹۳).

### برنامه ریزی کاربری زمین شهری

در شهرسازی امروز جهان، برنامه ریزی کاربری زمین یعنی چگونگی استفاده و توزیع و حفاظت اراضی، همواره از محورهای اساسی شهرسازی و یکی از زمینه‌های دست یابی به توسعه پایدار شهری به شمار می‌رود و از دیدگاه توسعه پایدار شهری، برنامه ریزی کاربری زمین، اهداف عمده زیست محیطی، اقتصادی اجتماعی و کالبدی - فضایی را شامل می‌شود. در واقع بدون برنامه ریزی کاربری زمین، نمی‌توان به شرایط مطلوبی در شهرها برای شهروندان رسید که به استفاده از متخصصان در همه مسائل مربوط به شهر نیاز است. این برنامه ساماندهی مکانی و فضایی فعالیتها و عملکردهای شهری بر اساس خواستها و نیازهای جامعه شهری و هسته اصلی برنامه ریزی شهری است و انواع استفاده از زمین را طبقه بندی و مکان یابی می‌کند. به عبارت دیگر، برنامه ریزی کاربری اراضی، علم تقسیم زمین و مکان برای کاربردها و مصارف مختلف زندگی است که به منظور استفاده مؤثر از زمین و انتظام فضایی مناسب و کارا صورت می‌گیرد (ضرابی و همکاران؛ ۱۳۹۱).

هدف نهایی برنامه ریزی کاربری زمین شهری، ایجاد نوعی تعادل اکولوژیک و عدالت اجتماعی در روند توسعه و عمران شهر است. به همان اندازه که نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی در برنامه -ریزیها از اهمیت خاصی برخوردارند، آگاهی از تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی خاص نیز اهمیت دارد. خصوصاً در کشورهای در حال توسعه که گسترش فیزیکی شهرها و شهرک‌ها سریع است (بکائیان، ۱۳۹۵).

### مدل مارکوف

به منظور شبیه سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی روش‌های متنوعی وجود دارد که می‌توان به مدل معادلات ریاضی، مدل سیستمی مدل، آماری مدل، تکاملی مدل Cellular و مدل هیبرید اشاره کرد که در این مطالعه برای مدل سازی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی برای آینده از مدل زنجیره مارکوف استفاده می‌شود. در مدل زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر ماهواره‌ای پوشش زمین بر اساس ماتریس احتمال تغییرات مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. مدل زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر پهنه بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات برای سال آینده ارائه می‌دهد. در تحلیل زنجیره مارکوف از طبقه‌های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت های زنجیر، استفاده شده است. در این تحلیل، همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که ورودی های مدل نامیده می‌شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری های مختلف است (میر علی زاده فرد و همکاران، ۱۳۹۴).

### پیشینه پژوهش

• نظم فر و جعفرزاده (۱۳۹۸) طی پژوهشی با استفاده از تصاویر سنجنده های TM و OLI و همچنین IRS و اسپات ۵ و کوئیک برد و استخراج ترکیب های رنگی مختلف میزان کارایی الگوریتم های مختلف طبقه بندی نظارت شده (هفت مورد) را مورد بررسی قرار دادند، که در نهایت شبکه عصبی مصنوعی با دقت کلی ۹۴/۴۷ و ضریب کاپای ۹۲/۰۹ به عنوان دقیق-ترین روش طبقه بندی انتخاب شد.

• ایمانی و همکاران (۱۳۹۶) در مدل سازی روند تغییرات پوشش و کاربری اراضی با مدل زنجیره مارکوف در منطقه همدان از تصویر ماهواره‌ای LANDSAT سنجنده TM سال ۱۹۸۹ میلادی و تصویر سنجنده LISS3 ماهواره IRS سال ۲۰۰۸ میلادی استفاده کردند. در نهایت نقشه پوشش اراضی استان همدان برای ۱۹ سال بعد، یعنی سال ۱۴۰۷ به دست آمد و مساحت هر یک از کاربری‌ها به تفکیک برآورد شد. نتایج نشان می‌دهند که طبقات پوشش کاربری

اراضی طبیعی در آینده روند کاهشی خواهند داشت و به کاربری‌های انسانی تبدیل خواهند شد. با توجه به افزایش جمعیت و نیز افزایش نیاز انسان به زمین و نیز تمایل انسان به بهره برداری از طبیعت، وقوع چنین تبدیلاتی قابل تصور است اما باید روند این تغییرات مورد توجه قرار بگیرد تا منابع طبیعی منطقه به شیوه پایدار مورد بهره برداری قرار گرفته و این تغییرات منجر به نتایج وخیمی نگردد.

• در پژوهش‌های اخیر فارسانی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی عملکرد الگوریتم‌های طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر در زیر حوزه بهشت آباد پرداختند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ و استفاده از قابلیت‌های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به کمک تکنیک‌های ادغام تصاویر و معیارهای ارزیابی صحت عملکرد الگوریتم‌های طبقه بندی کاربری اراضی مورد مطالعه که شامل ماشین بردار پشتیبان، بیشترین شباهت و شبکه عصبی می‌باشد، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت تصاویر ادغام شده نشان می‌دهد که تکنیک Gram-Schmidt بیشترین دقت را در حفظ بیشتر داده‌های اولیه و بازسازی بهتر تصاویر نسبت به سه روش مورد مطالعه دارد. با توجه به طبقه بندی صورت گرفته بر روی این تصاویر روش Maximum Likelihood بیشترین تأثیر را در افزایش دقت طبقه بندی بر روی الگوریتم‌های Gram-Schmidt و PC\_Sharpned داشته است. به طور کلی افزایش دقت طبقه بندی کاربری اراضی با لحاظ تکنیک‌های ادغام تصاویر نسبت به طبقه بندی صورت گرفته بر روی داده‌های چند طیفی اولیه مشاهده می‌شود.

• ناس و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از تصاویر لندست ۵ سال ۲۰۰۷ و لندست ۸ سال ۲۰۱۸ به پیش - بینی تغییرات سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ با استفاده از روش CA-Markov در دوجیانگیان و حومه آن پرداختند. آن‌ها در انتها پیشنهاداتی را برای کاهش اثرات تخریب محیط‌زیست ارائه کردند. نتایج پژوهش نشان داد که تغییرات مناطق انسان ساخت در سال ۲۰۱۸ - ۲۰۲۵، ۱/۱۱ درصد، ۲۰۳۰-۲۰۲۵، ۰/۵۹ درصد و ۲۰۴۰-۲۰۳۰، ۰/۱۱ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.

• لیبی و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل CA-Markov و تصاویر سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۷ به پیش بینی تغییرات کاربری در سال ۲۰۲۵ و ۲۰۳۰ در منطقه آنگکور در کشور کامبوج پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که منطقه شهری از ۲۸/۲۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۴ به ۷۳/۵۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است که افزایش ۱۶۰ درصد را نشان می‌دهد. همچنین مساحت مناطق انسان ساخت تا سال ۲۰۲۵، ۱۳۵/۰۹ کیلومتر مربع و تا سال ۲۰۳۰، ۱۵۹/۱۴ کیلومتر مربع خواهد رسید.

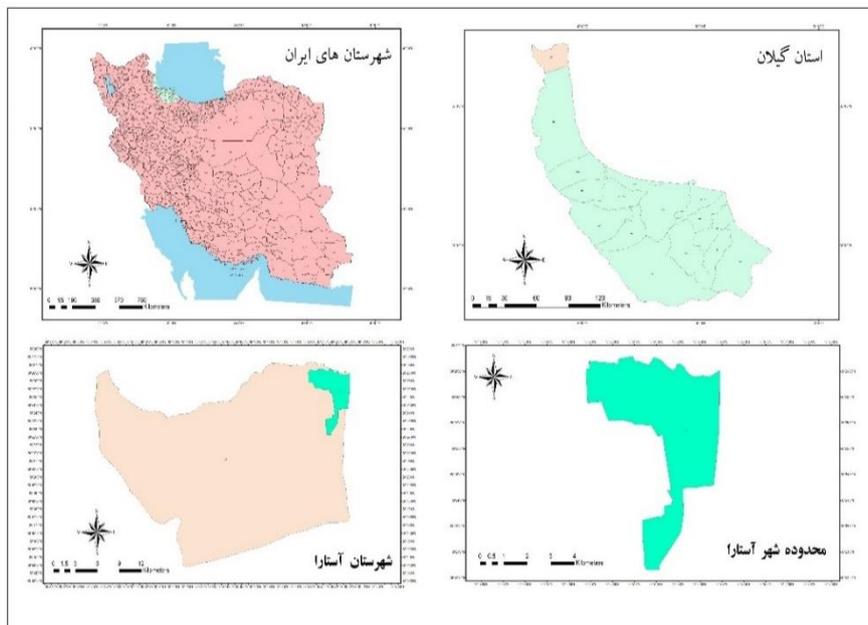
• بورانا و یاداو (۲۰۱۷) در این مطالعه با استفاده از مدل CA مارکوف تغییرات کاربری شهری در منطقه جدو پور هندوستان را مورد تحلیل قرار دادند. برای این منظور از تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM سال ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰

جهت پیش بینی استفاده شد. همچنین از روش ارزیابی چند معیار برای ایجاد تصاویر قابل پیش بینی استفاده شد و نقشه پیش بینی سال ۲۰۲۰ توسط CA مارکوف پیش بینی شد نتایج پیش بینی حاکی از رشد پراکنده شهری در محیط شهری می باشد.

• ژو و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات کاربری اراضی را در منطقه گوانگجو مورد بررسی قرار دادند تا روند تغییرات پوشش گیاهی را از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۴ مشخص نمایند و این کار را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مقایسه نتایج آن با تصاویر ماهواره‌ای قبلی انجام دادند و نتایج نشان داد که تغییرات کاربری به طور مستقیم بر روند تغییرات پوشش گیاهی تأثیرگذار است.

### روش شناسی پژوهش

محدوده مورد نظر ما در این تحقیق شهر آستارا می باشد. آستارا در موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸۷ دقیقه طول شرقی و در ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی در شهرستان آستارا در استان گیلان واقع شده است که در واقع مرکز شهرستان آستارا می باشد. آستارا از شرق به دریای خزر، از شمال به آستارای جمهوری آذربایجان، از غرب به استان اردبیل و از جنوب به شهرستان تالش محدود شده است.

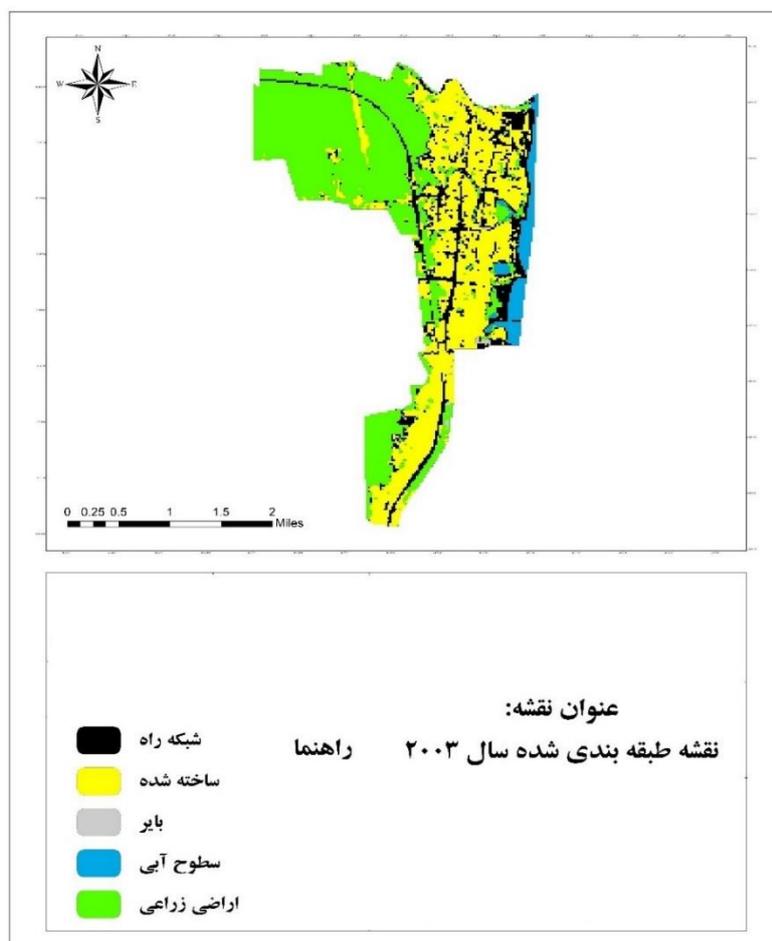


شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

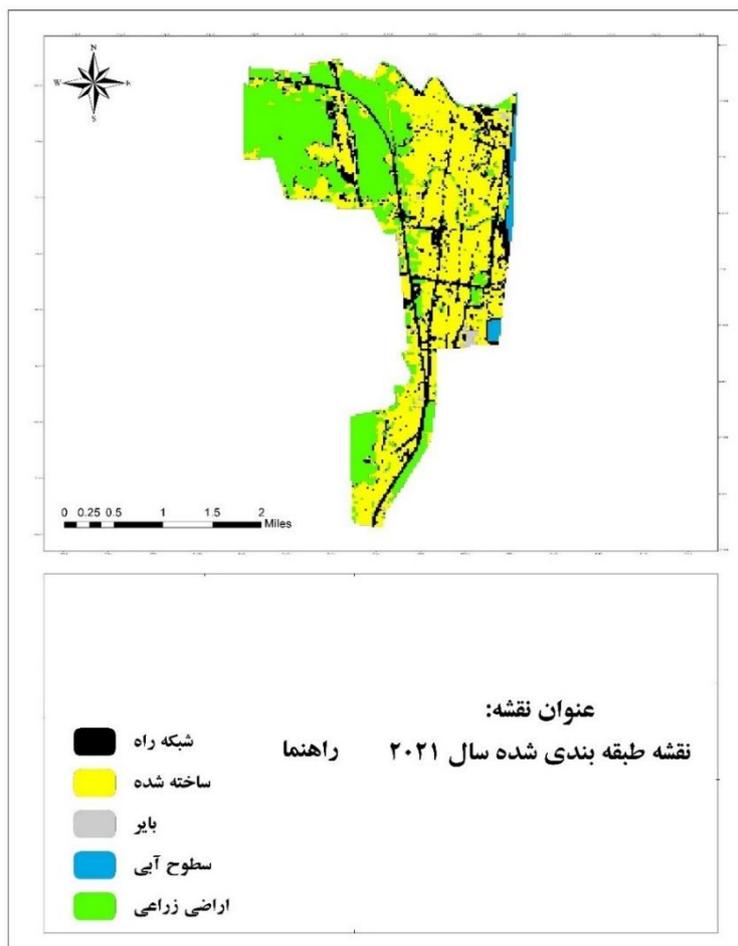
داده‌هایی که در این تحقیق استفاده شد شیب فایل محدوده شهر آستارا و تصاویر ماهواره‌ای محدوده مورد نظر که متعلق به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ بودند که این تصاویر داده‌های اصلی این تحقیق محسوب می‌شوند. تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳ شهر آستارا متعلق به ماهواره لندست ۵ و سنجنده TM است. همچنین تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۲۰۲۱ شهر آستارا متعلق به سنجنده OLI لندست ۸ می‌باشد. تصاویر در پنج کلاس، کلاس بندی شده و با استفاده از ابزار و شیوه طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان، طبقه بندی کلاس‌های استخراج شده انجام شد. در هر دو تصویر دقت طبقه بندی بالا بود. در ادامه تغییرات رخ داده بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ بین اراضی و کلاس‌های استخراج شده آشکار سازی شد. در ادامه به منظور پیش بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۸ از دو تصویر طبقه بندی شده استفاده شد و با استفاده از مدل مارکوف که پیش زمینه مدل سلول‌های خودکار مارکوف است، تغییرات کاربری اراضی با توجه به روند تغییرات گذشته برای سال ۲۰۳۸ پیش بینی شد. در این پژوهش برای تصویر سال ۲۰۰۳ از ترکیب ۷,۴,۱ و برای تصویر سال ۲۰۲۱ از ترکیب بانندی ۷,۵,۴ استفاده شد. برای بررسی صحت و دقت تصاویر طبقه بندی از ماتریس خطا استفاده شد. پس از صحت سنجی تصاویر طبقه بندی شده تغییرات رخ داده بین کاربری‌ها در مابین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با استفاده از مدل مارکوف برای پیش بینی کردن تغییرات کاربری اراضی برای آینده استفاده شد. بعد از پیش بینی کردن تغییرات کاربری اراضی در این پژوهش با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکوف، نتیجه این مدل مورد بررسی قرار گرفت که دقت قابل قبولی را دارا بود.

#### نتایج و یافته‌های پژوهش

ز الگوی طبقه بندی نظارت شده و مدل ماشین بردار پشتیبان که متعلق به این الگوی طبقه بندی است در این پژوهش برای طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای از محدوده مورد نظر متعلق به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ استفاده شد.



شکل ۲- نقشه طبقه بندی شده کاربری اراضی سال ۲۰۰۳



شکل ۳- نقشه طبقه بندی شده کاربری اراضی سال ۲۰۲۱

در ادامه در جدول (۱) می توان نمایی کلی از وسعت کاربری های اراضی در سال های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ را مشاهده کرد که با توجه به نقشه های طبقه بندی شده به دست آمده است. اعداد و ارقام جدول به هکتار آمده است.

جدول ۱- مساحت کاربری های اراضی در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱

تغییرات	مساحت کاربری سال ۲۰۲۱	مساحت کاربری سال ۲۰۰۳	کاربری
۲۰/۷۹	۲۳۷/۷۸	۲۱۶/۹۹	شبکه راه
۱۶۲/۲۷	۷۳۱/۱۶	۵۶۸/۸۹	ساخته شده
۱۰/۷۱	۱۶/۱۱	۵/۴	اراضی بایر
-۴۲/۶۶	۲۳/۷۶	۶۶/۴۲	محدوده آبی
-۱۵۱/۱۱	۵۲۳/۱۷	۶۷۴/۲۸	اراضی زراعی
*	۱۵۳۱/۹۸	۱۵۳۱/۹۸	جمع

منبع: یافته های نویسنده

با توجه به جدول (۱) مشخص می‌شود که اراضی زراعی در سال ۲۰۰۳ دارای بیشترین وسعت در منطقه بوده است و بعد از آن اراضی ساخته شده با ۵۶۸/۸۹ هکتار و شبکه راه با ۲۱۶/۹۹ هکتار وسعت در رتبه‌های بعدی دارندگان بیشترین وسعت از سطح منطقه قرار دارند. در سال ۲۰۲۱ از میزان اراضی زراعی کاسته شده و وسعت آن به ۵۲۳/۱۷ هکتار رسیده که روند کاهش آن را در این مدت نشان می‌دهد. همچنین اراضی ساخته شده دارای روندی کاملاً افزایشی بوده و میزان وسعت آن به ۷۳۱/۱۶ هکتار رسیده است و رتبه نخست بیشترین وسعت از سطح منطقه را در سال ۲۰۲۱ به خود اختصاص داده است. کاربری راه و اراضی بایر برای سال ۲۰۲۱ روندی افزایشی را تجربه کرده‌اند. در این بین محدوده آبی به شدت روندی کاهش را تجربه کرده است. در جدول (۲) و (۳) می‌توان به ترتیب ماتریس خطای مربوط به تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ را مشاهده کرد.

جدول ۲- ماتریس خطای تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۰۳

کاربری	دقت تولید کننده (درصد)	دقت کاربر (درصد)	ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)
شبکه راه	۹۸/۴۴	۸۰/۴۳	۰/۹۴	۹۶/۵
ساخته شده	۸۵/۶۰	۹۸/۱۷		
اراضی بایر	۸۸/۶۹	۱۰۰		
محدوده آبی	۱۰۰	۱۰۰		
اراضی زراعی	۹۸/۸۹	۱۰۰		

منبع: یافته های نویسنده

جدول ۳- ماتریس خطای تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۲۱

کاربری	دقت تولید کننده (درصد)	دقت کاربر (درصد)	ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)
شبکه راه	۹۴/۵۳	۹۲/۳۳	۰/۹۵	۹۷/۲۷
ساخته شده	۹۲/۷۶	۹۴/۱۴		
اراضی بایر	۶۶/۶۷	۱۰۰		
محدوده آبی	۹۸/۷۳	۱۰۰		
اراضی زراعی	۱۰۰	۹۹/۶۴		

منبع: یافته های نویسنده

بعد از صحت سنجی تصاویر طبقه بندی شده مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ و حصول اطمینان از بالا بودن دقت آن‌ها، باید تغییرات کاربری‌ها به یکدیگر در بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ مورد بررسی و ارزیابی قرار بگیرد. برای این منظور از ماتریس تغییرات کاربری اراضی باید استفاده می‌شد که این ماتریس با استفاده از تصاویر طبقه بندی شده سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ استخراج شد. جدول (۴) ماتریس تغییرات کاربری اراضی را به صورت هکتار برای تغییرات رخ داده بین کاربری‌های مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۱ نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ (هکتار)

۲۰۲۱					۲۰۰۳
اراضی زراعی	محدوده آبی	اراضی بایر	ساخته شده	شبکه راه	*
۱۹/۷۱	۰/۷۲	۵/۷۶	۱۰۰/۳۵	۹۰/۴۵	شبکه راه
۱۳/۰۵	۰۰	۶/۵۷	۴۷۵/۳۸	۷۳/۸۹	ساخته شده
۱/۹۸	۰۰	۰/۹۹	۱/۸۹	۰/۵۴	اراضی بایر
۱/۹۸	۲۲/۹۵	۰/۲۷	۲۲/۵۹	۱۸/۶۳	محدوده آبی
۴۸۶/۴۵	۰/۰۹	۲/۵۲	۱۳۰/۹۵	۸/۰۴	اراضی زراعی

منبع: یافته‌های نویسنده

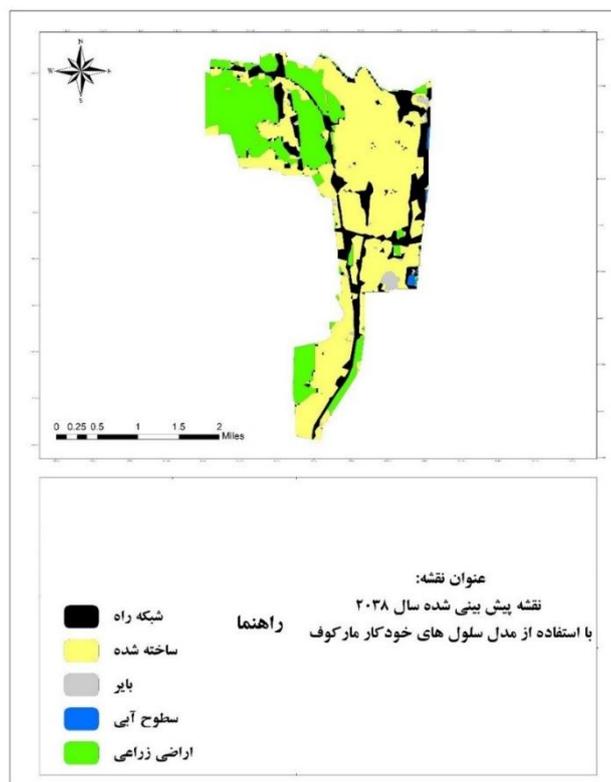
تفسیر ماتریس‌های تغییرات کاربری اراضی به صورت ردیف به ستون است. با توجه به جدول (۴) مشاهده می‌شود که اراضی زراعی ۱۳۰/۹۵ هکتار از وسعت خود را به کاربری ساخته شده داده است که بالاترین میزان تغییر در واحد هکتار از یک کاربری به کاربری دیگر است و همچنین نشان دهنده این است که اراضی زراعی بیشترین تغییر را در بین کاربری‌ها نسبت به اراضی ساخته شده داشت است، همچنین کاربری شبکه راه با تغییر ۱۰۰/۳۵ هکتار از وسعت خود به کاربری ساخته شده در رتبه دوم تغییر نسبت به یک کاربری قرار دارد و این نیز نشان دهنده این مورد است که کاربری شبکه راه نیز بیشترین تغییر از وسعت خود را نسبت به کاربری اراضی ساخته شده داشته است، در ادامه کاربری ساخته شده بیشترین تغییر از وسعت خود را با ۷۳/۸۹ هکتار به شبکه راه دارا بوده است، کاربری محدوده آبی بیشترین تغییر از وسعت خود را با ۲۲/۵۹ هکتار تغییر نسبت به کاربری ساخته شده داشته است و کاربری اراضی بایر بیشترین تغییر از وسعت خود را با ۱/۹۸ هکتار تغییر به کاربری اراضی زراعی داشته است. در این تحقیق، بعد از اجرای مدل مارکوف، برای بالا بردن دقت پیش بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۸، از تصویر سال

۲۰۲۱ و خروجی‌های مدل مارکوف به عنوان ورودی مدل سلول‌های خودکار استفاده و پیش‌بینی تغییرات برای سال ۲۰۳۸ انجام شد. خروجی آن ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها برای سال ۲۰۳۸ بود که در جدول (۵) این ماتریس را به هکتار نشان می‌دهد. همچنین نقشه پیش‌بینی شده تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۸ استخراج شد. در شکل (۴) می‌توان این نقشه را مشاهده کرد.

جدول ۵- ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۸

کاربری	شبکه راه	ساخته شده	اراضی بایر	محدوده آبی	اراضی زراعی
شبکه راه	۱۸۱/۰۸	۲۶/۱۰	۰۰	۱۵/۲۱	۲۱/۱۵
ساخته شده	۵۲/۰۲	۷۰۲/۷۲	۱/۷۱	۱/۶۲	۹۱/۱۷
اراضی بایر	۴/۲۳	۲/۱۶	۱۳/۹۵	۰۰	۰/۰۹
محدوده آبی	۰۰	۰۰	۰۰	۶/۴۸	۰۰
اراضی زراعی	۰/۴۵	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۴۵	۴۱۰/۷۶

منبع: یافته‌های نویسنده



شکل ۴ - نقشه پیش‌بینی شده سال ۲۰۳۸ با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکوف

با توجه به اطلاعات به دست آمده می توان مساحت کاربری های اراضی برای سال ۲۰۳۸ به صورت هکتار و درصد در جدول (۶) مشاهده کرد.

جدول ۶- مساحت کاربری های اراضی برای سال ۲۰۳۸ (درصد و هکتار)

کاربری ها	مساحت (هکتار)	مساحت(درصد)
شبکه راه	۲۴۳/۵۴	۱۵/۸۹
ساخته شده	۸۴۹/۲۴	۵۵/۴۳
اراضی بایر	۲۰/۴۳	۱/۳۳
محدوده آبی	۶/۴۸	۰/۴۲
اراضی زراعی	۴۱۲/۲۹	۲۶/۹۱

منبع: یافته های نویسنده

با نگاهی به روند تغییرات کاربری اراضی شهر آستارا می توان متوجه شد که اگر این روند برای سال ۲۰۳۸ ادامه داشته باشد. کاربری شبکه راه و ساخته شده و اراضی بایر همچنان به روند رو به رشد خود ادامه خواهند داد. در سال ۲۰۳۸ وسعت شبکه راه با رشد ۵/۷۶ هکتاری به ۲۴۳/۵۴ هکتار خواهد رسید، وسعت اراضی بایر با رشد ۴/۳۲ هکتاری به ۲۰/۴۳ هکتار خواهد رسید، اراضی ساخته شده که در سال ۲۰۲۱ دارای ۷۳۱/۱۶ هکتار وسعت بوده با رشد ۱۱۸/۰۸ هکتاری به ۸۴۹/۲۴ هکتار در سال ۲۰۳۸ خواهد رسید و ۵۵/۴۳ درصد از وسعت کل منطقه را به خود اختصاص می دهد که بیشترین وسعت از منطقه است. اراضی محدوده آبی و اراضی زراعی نیز همچنان به روند کاهشی خود ادامه خواهند داد. وسعت اراضی زراعی که در سال ۲۰۰۳، ۶۷۴/۲۸ هکتار بوده، این رقم به ۵۲۳/۱۷ هکتار در سال ۲۰۲۱ رسید که با ادامه این روند در سال ۲۰۳۸ به ۴۱۲/۲۹ هکتار خواهد رسید. با توجه به ماتریس های تغییرات کاربری اراضی که در بخش های قبل استخراج شد، کاربری اراضی زراعی بیشترین میزان از وسعت خود را در طی این سال ها به کاربری ساخته شده تغییر داده و و با ادامه این روند تغییر خواهد داد.

بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر به منظور تحلیل کاربری اراضی ساخته شده شهر آستارا و پیش بینی تغییرات آن در سال ۲۰۳۸ انجام شد. این تحقیق برای رسیدن به این هدف، تغییرات کاربری های اراضی سطح شهر آستارا را بین سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ را مورد بررسی قرار داد و همچنین در ادامه به پیش بینی این تغییرات با روند فعلی برای سال ۲۰۳۸ پرداخته شد. این تحقیق نشان دهنده آن بود که با استفاده درست از ابزارهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و

همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان کاربری‌های موجود سطح زمین را در مقاطع مختلف زمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و علاوه بر استخراج نقشه‌های کاربری زمین، از آن‌ها با توجه به داده‌ها و اطلاعاتی که در اختیار ما می‌گذارند برای اداره و مدیریت کردن سطح شهر استفاده کرد. قطعاً اگر از تصاویر ماهواره‌ای دقیق‌تر با قدرت تفکیک مکانی بهتر و تصاویر متعددتر و مدل‌های مختلف و بازه‌های زمانی مختلف این بررسی‌ها انجام گیرد، داده‌ها و اطلاعاتی که از سطح منطقه مورد نظر به دست می‌آید بروزتر و دقیق‌تر خواهد بود. با توجه به نتایج و یافته‌های تحقیق می‌توان متوجه شد که اراضی ساخته شده بیشترین رشد را بین همه کاربری‌ها داشته و خواهد داشت و این کاربری که همیشه روند رو به رشدی داشته است، رشد مداوم خود را ادامه خواهد داد و بیشترین وسعت از سطح منطقه را به خود اختصاص داده و خواهد داد.

### منابع و مأخذ

۱. ایرجی، حسین، زیاری، کرامت اله و یزدی، رعنا. ۱۴۰۲. بررسی تطبیقی شاخص‌های مسکن پایدار در مناطق شهری با استفاده از تکنیک MCDM (نمونه موردی مناطق ۱۲ گانه شهر شیراز)، مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۶، شماره ۳، ص ۶۷۴-۶۵۲
۲. ایمانی هرسینی، جلیل، کابلی، محمد. فقهی، جهانگیر و طاهرزاده، علی. ۱۳۹۶. مدل سازی روند تغییرات پوشش/ کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار (مطالعه موردی استان همدان)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۹، شماره ۱، ص ۱۱۹-۱۲۹
۳. بکائیان، فاطمه. ۱۳۹۵. ردیابی روند تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران با استفاده از سنجش از دور و GIS. پایان نامه برای دریافت کارشناسی ارشد، گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور واحد تهران شرق
۴. ضرابی، اصغر. رنجبر نیا، بهزاد. علیزاده، جابر. ۱۳۹۱. تحلیلی بر کاربری اراضی C.B.D. در کلانشهرهای ایران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه هشت تبریز)، مجله علمی - تخصصی برنامه ریزی فضایی، سال دوم، شماره دوم، ص ۸۱-۱۰۴
۵. فارسانی، آرش فاضلی. قضاوی، رضا. فرزانه، محمد رضا. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد الگوریتم‌های طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر (مطالعه موردی: زیر حوزه بهشت آباد). فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دوره ششم، شماره یک، ص ۹۱-۱۰۵

۶. فضل‌ی، مهرانه. ۱۳۹۳. شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییر کاربری اراضی زراعی و جنگلی شهرستان آمل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۷. مجیدیان، محمد، ۱۳۹۴، ارزیابی و مدل سازی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و شبکه خودکار مارکوف (مطالعه موردی: محدوده شهر یاسوج)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ص ۲

۸. نظم فر، حسین. جعفرزاده، جعفر. (۱۳۹۸). بررسی کارایی روش‌های طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهری با استفاده از بهینه سازی مقیاس در پردازش شیء‌گرا (مورد: شهر اردبیل)، فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال ۱۰، شماره پیاپی ۳۶، ص ۱۲۸-۱۱۷

۹. وهاب زاده، قربان. نویدی فر، یونس. حبیب نژاد روشن، محمود. عقبری، هیراد. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر کاربری اراضی بر دبی روزانه رودخانه با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آجرلو استان آذربایجان غربی). نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ۲۲۷-۲۶۳

۱۰. میر علی زاده فرد، سید رضا و علی بخشی، سیده مریم. ۱۳۹۴. پایش و پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت برتش دهلران ایلام)، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره هفتم، شماره دوم، ص ۴۶-۳۳

11. Borana, s. L. and Yadav, s. k. 2017. Prediction of Land Cover Changes of Jodhpur City Using Cellular Automata Markov Modelling Techniques. International Journal of Engineering Science, 11(7): 15402-15406.

12. Liu.J, Ren.H, Wang.X, Shirazi.Z, Quan.B, 2019, Measuring and Predicting Urban Expansion in the Angkor Region of Cambodia, Remote Sensing ,Volume 11, Issue 17.

13. Nath.B, Wang.Z, Ge.Y, Islam.K, Niu.Z, P.Singh.R, 2020, Land Use and Land Cover Change Modeling and Future Potential Landscape Risk Assessment Using Markov-CA Model and Analytical Hierarchy Process, Volume 9 , Issue 2

14. Zhu, Z., Fu, Y., Woodcock, C. E., Olofsson, P., Vogelmann, J. E., Holden, C., Wang, M., Dai, S. and Yu, Y. 2016. Including land cover change in analysis of greenness trends using all available Landsat 5, 7 and 8 images: A case study from Guangzhou, China (2000–2014). Remote Sensing of the Environment, 185: 243-257.

15. Ganeshkumar B. and M. Mohan, (2014): Urban Sprawl Spatial Modeling using SLEUTH Model. International Journal of Geospatial Engineering and Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 22-28
16. Triantakoustantis, D. and D. Stathakis, (2015): Urban Growth Prediction in Athens, Greece, Using Artificial Neural Networks. International Journal Civil structural Constr. Archit. Eng,197-193,9.
17. Esfahanizadeh, R. (2016): Urban Development Analysis Using Remote Sensing and Spatial Information System, Case Study: Lahijan City, MSc Thesis, Department of Civil Engineering,