

## **Assessment of Shahre Rey Fragmentation Trend Using Metrics**

**Sara Foroutan<sup>1\*</sup>, Mahmoud Shariat<sup>2</sup>, Mir Masoud Kheirkhah Zarkesh<sup>3</sup>, Rahim Sarvar<sup>4</sup>**

- 1. MSc. Holder, Department of Environment, Faculty of Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran*
- 2. Professor, Department of Environment, Faculty of Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran*
- 3. Associate Professor, Department of GIS, Faculty of Geography, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran*
- 4. Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran*

(Received: January 10, 2021; Accepted: April 28, 2021)

### **Abstract**

Land use in Shahre Rey has experienced unprecedented growth in urban areas in recent decades. Land use changes affect social, economic, and environmental conditions. Gathering information about these changes is essential for better planning and management of urban areas in sustainable development. Consequently, the object of this paper is to better examine the Shahre Rey land use changes affected by urban development and to investigate urban landscape integrity using the 1988-2018 "Fragmentation" index. Moreover, it was intended to provide solutions for the determination of hot spots based on appropriate criteria. With the help of Landsat satellite images, four land uses – including urban landscapes, agricultural lands, green spaces, and barren lands – were extracted and the extent of land use changes was determined. In order to investigate the fragmentation of Shahre Rey landscape, the metrics of the number of patches, patch density, and the largest patch were used. Cross-Tab was also used in a part of the study. The results showed that the land use areas of urban lands and urban green space had increased by 369.7 and 55.6 hectares, respectively, while agricultural lands and barren lands had decreased by 213.8 and 211.5 hectares, respectively. In urban land use, integration had increased. In the green space and agriculture land uses, fragmentation has increased due to the creation and construction of roads. Based on the criteria of "position relative to borders and roads as well as the area and size of patches," solutions were made to determine the "hot spots" of vegetation and residential areas to help making plans for the improvement of their conditions. The reason is that land use change, especially the loss of vegetation, has a negative impact on the landscape.

### **Keywords**

Satellite imagery, Urban development, Fragmentation, Solution, Hot spots.

---

\* **Corresponding Author, Email:** sarah.foroutan.env@gmail.com

## ارزیابی روند تکه‌تکه‌شدگی شهری با استفاده از سنج‌ها

سارا فروتن<sup>۱\*</sup>، محمود شریعت<sup>۲</sup>، میرمسعود خیرخواه زرکش<sup>۳</sup>، رحیم سرور<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. استاد، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۴. استاد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸)

### چکیده

**مقدمه:** کاربری اراضی شهری در دهه‌های اخیر در زمینه شهرنشینی رشدی بی سابقه داشته است. تغییرات کاربری اراضی بر شرایط اجتماعی، اقتصادی، و محیط زیست تأثیر می‌گذارد. گردآوری اطلاعات درباره این تغییرات برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر نواحی شهری در توسعه پایدار ضروری است.

**هدف:** از این رو، هدف این مقاله این است که برای بررسی بهتر تغییرات کاربری تحت تأثیر توسعه در شهرری و همچنین بررسی یکپارچگی سیمای شهری از شاخص «تکه‌تکه‌شدگی» طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ استفاده شود. سپس، راهکارهایی بر اساس معیارهای مناسب در جهت تعیین نقاط حساس ارائه شود.

**روش:** با کمک تصاویر ماهواره لندست چهار کاربری شهری و مسکونی، زمین‌های کشاورزی، فضای سبز، و زمین‌های بایر استخراج و میزان تغییرات کاربری اراضی مشخص شد. برای بررسی تکه‌تکه‌شدگی سیمای شهری از سنج‌های تعداد لکه، تراکم لکه، و بزرگ‌ترین لکه استفاده شد. در بخشی از مطالعه از کراس تب نیز استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد مساحت کاربری اراضی ساخته‌شده شهری و فضای سبز شهری به ترتیب ۳۶۹/۷ و ۵۵/۶ هکتار افزایش و زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بایر به ترتیب ۲۱۳/۸ و ۲۱۱/۵ هکتار کاهش داشته است. در کاربری شهری یکپارچگی افزایش یافته است. در کاربری فضای سبز و کشاورزی، به دلیل ایجاد و احداث جاده‌ها، تکه‌تکه‌شدگی افزایش داشته است.

**نتیجه:** در ادامه بر اساس معیارهای «فاصله از مرز»، «فاصله از راه‌ها»، «مساحت لکه‌ها»، و «اندازه لکه‌ها» راهکارهایی برای تعیین نقاط حساس و شکننده پوشش گیاهی و مسکونی ارائه شد تا برای بهبود وضعیت آن‌ها برنامه‌ریزی شود. زیرا تغییر کاربری، به‌ویژه از بین رفتن پوشش گیاهی، بر سیمای سرزمین تأثیر منفی می‌گذارد.

### کلیدواژگان

تصاویر ماهواره‌ای، تکه‌تکه‌شدگی، توسعه شهری، راهکار، نقاط حساس.

\* رایانامه نویسنده مسئول: sarah.foroutan.env@gmail.com

## بیان مسئله

گسترش سکونت انسان و فعالیت او در محیط شهری موجب بروز تغییرات عمده‌ای در الگوهای کاربری اراضی در نواحی شهری شده است (Weng 2017: 201). این تغییرات در ساختار کاربری اراضی بر شرایط اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارد (Prabu & Dar 2018: 446). استفاده از نتایج تحلیل‌های تغییرات کاربری اراضی می‌تواند برای برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌مداران بسیار مفید باشد و از این طریق بحران‌های ناشی از رشد سریع نواحی شهری را برطرف کنند (Deng et al 2019: 195).

به طور تقریبی ۵۴ درصد از جمعیت جهان در نواحی شهری زندگی می‌کنند. تخمین زده شده است که ادامه شهرنشینی تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۲/۵ میلیارد به جمعیت نواحی شهری جهان اضافه خواهد کرد که ۹۰ درصد این افزایش در کشورهای آسیایی و افریقایی متمرکز خواهد بود (Masser 2001: 510). از این رو، گردآوری اطلاعات در خصوص تغییرات کاربری اراضی و روند تکه‌تکه شدن در سال‌های اخیر برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر نواحی شهری در توسعه پایدار ضرورت یافته است (Rawat et al 2013: 113). همچنین، گردآوری پایگاه داده مکانی از تغییرات کاربری اراضی، درک شدت این تغییرات، و تبدیل زمین به کاربری‌های دیگر نیز در مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست حائز اهمیت فراوان است (Prabu & Dar 2018: 446). آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و روند تکه‌تکه شدن اطلاعات اساسی برای مطالعه منابع زمینی را در اختیار می‌گذارد. تحلیل تغییرات کمی سطح کره زمین، به دلیل خروجی مفید آن، در برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه زیرساخت‌ها و رشد اقتصادی و صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار است (Kumar & Khan 2018: 2). از طرفی فناوری GIS<sup>۱</sup> به طور مؤثر در مطالعات شهری به منظور بررسی پویایی رشد و ساختار آن کاربرد دارد و درک ارزشمندی از تغییرات کاربری اراضی در نواحی شهری به وجود می‌آورد.

شهری، با توجه به جایگاه ویژه‌ای که میان سایر مناطق کلان‌شهر تهران دارد، در دهه‌های اخیر رشدی بی‌سابقه در شهرنشینی داشته که به تغییرات شدید در اطراف آن، به‌ویژه در اراضی کشاورزی و باغ‌ها، منجر شده است. این رشد سریع شهر و تغییرات ایجادشده در انواع پوشش

اراضی ضرورت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و روند تکه‌تکه شدن را، به منظور برنامه‌ریزی صحیح، جهت حفظ منابع موجود، آشکار می‌کند.

### اهداف و سؤالات پژوهش

هدف از این پژوهش این بود که برای بررسی بهتر تغییرات کاربری تحت تأثیر توسعه در شهری و همچنین بررسی یکپارچگی سیمای شهری از شاخص تکه‌تکه‌شدگی<sup>۱</sup> با استفاده از سنجه‌های تعداد و تراکم لکه و شاخص بزرگ‌ترین لکه طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ (۱۹۸۸ - ۲۰۱۸) استفاده شود. علت انتخاب این بازه زمانی تغییرات چشمگیر کاربری شهری در این سال‌هاست. سپس، راهکارهایی بر اساس معیارهای «فاصله از مرز»، «فاصله از راه‌ها»، «مساحت لکه‌ها»، و «اندازه لکه‌ها» در جهت تعیین نقاط حساس ارائه شود تا برای بهبود وضعیت آن‌ها برنامه‌ریزی شود.

سؤال اصلی این مقاله این است که آیا در بازه زمانی مورد مطالعه مساحت کاربری‌های اراضی شهری تغییر کرده است؟ آیا سیمای اراضی شهری تکه‌تکه شده است؟ در صورت تکه‌تکه‌شدگی راهکاری برای تعیین نقاط حساس تکه‌تکه‌شده بر اساس فاصله از مرز، فاصله از راه‌ها، مساحت لکه‌ها، و اندازه لکه‌ها وجود دارد؟

### پیشینه نظری پژوهش

یکی از عواملی که با مطالعه آن به وضعیت محیط زیست شهری پی می‌بریم پدیده تکه‌تکه‌شدگی است. علت تکه‌تکه‌شدگی فرایندهای ناشی از مداخله انسان در اکوسیستم و برای نمونه تخریب است (Singh et al 2019: 18). تحلیل‌های چندزمانه بر اساس داده‌های سنجش از دور<sup>۲</sup> (RS) نقش مهمی در آشکارسازی تکه‌تکه‌شدگی بازی می‌کند. در فرایند تکه‌تکه‌شدگی، سیمای سرزمین به لکه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود و پس از مدتی، به دلیل به هم خوردگی سلسله‌مراتب زیستی بین گونه‌های داخل لکه، خطر انقراض برای همه گونه‌های داخل لکه زیستی به وجود خواهد آمد (Forman 1995: 8). هر چه تعداد لکه‌ها کمتر باشد و کاربری‌ها یکنواخت‌تر باشند، آسیب‌پذیری سیمای سرزمین کمتر است (Gergel & Turner 2018: 119). بنابراین سنجه تعداد لکه یک شاخص

1. Fragmentation
2. Remote Sensing

حساسیت محیط است. لکه‌های بزرگ‌تر از حساسیت کمتری برخوردارند و در مقابل تخریب مقاوم‌تر و در نتیجه سالم‌ترند (Farina 2006: 296).

یکی از چالش‌های مهم در مطالعه و مدیریت سیمای سرزمین، کمی‌سازی ناهمگنی مکانی در روش و مقیاس مناسب با توجه به پدیده‌های تحت بررسی است (Li & Wu 2004: 390). کمی‌سازی وضعیت محیط به مدیریت و پایش آن کمک می‌کند. برای کمی‌سازی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است (McGarigal et al 2019: 450). سنجه‌ها یکی از روش‌های بسیار مفید برای سنجش وضعیت سیمای سرزمین اند. اما در این میان باید از سنجه‌های مناسب استفاده شود تا وضعیت محیط به صورت جامع نشان داده شود. دو جنبه اساسی ساختار سیمای سرزمین، شامل ترکیب (تنوع و فراوانی لکه‌ها) و شکل فضایی (موقعیت و ترتیب فضایی اجزا)، را با کمک سنجه‌ها می‌توان اندازه‌گیری کرد (Leitao et al 2006: 106). مبنای اصلی محاسبات کمی‌سازی سیمای سرزمین بر فرایند تکه‌تکه‌شدگی (خزاعی و آذری دهکردی ۱۳۸۷: ۵۹) قرار داده شده است که فرایندی مهم برای نشان دادن اختلال انسانی در سطح ساختار و عملکرد محیط است. حفظ یکپارچگی و پایداری سیمای سرزمین بر اساس اصول اکولوژیک به کاهش یا بهبود اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع زیستی و پویایی سیماهای محلی منجر می‌شود. یکی از عناصر سیمای سرزمین، که در بازیابی استفاده می‌شود، گذرگاه است. گذرگاه‌ها ابزاری قدرتمند برای حمایت اکولوژیک جمعیت‌ها در سیمای تکه‌تکه‌شده هستند و سیمای سرزمین را با برقراری ارتباط بین لکه‌ها بازیابی و پشتیبانی می‌کنند. هدف از ایجاد ارتباط و گذرگاه جلوگیری از تکه‌تکه‌شدگی و نیز بازیابی گونه‌ها و سیماها در مناطق تکه‌تکه‌شده است (Hilty et al 2006: 314). هر یک از ساختارهای افقی، مانند لکه-گذرگاه-بستر، عملکردهای اکولوژیکی خاصی را در موزاییک‌های سیمای سرزمین اجرا می‌کنند (Ndubisi 2002: 470). رویکرد این پژوهش این است که برای بررسی بهتر تغییرات کاربری و همچنین یکپارچگی سیمای شهری از شاخص تکه‌تکه‌شدگی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، تعداد و تراکم لکه و شاخص بزرگ‌ترین لکه، در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷، استفاده شود. سپس راهکارهایی بر اساس معیارهای مناسب فاصله از مرز، فاصله از راه‌ها، مساحت لکه‌ها، و اندازه لکه‌ها جهت تعیین نقاط حساس ارائه شود تا برای بهبود وضعیت آن‌ها برنامه‌ریزی شود.

### پیشینه تجربی پژوهش

مطالعاتی در داخل و خارج از کشور در زمینه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و یکپارچگی با استفاده از GIS و سنجه‌های سیمای سرزمین انجام گرفته است. از جمله خزاعی و آذری دهکردی (۱۳۸۷) وضعیت تخریب در حوزه سفیدرود را با سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. این محققان از سنجه‌هایی نظیر تعداد لکه و تراکم لبه در مطالعه خود استفاده کردند. کامیاب و ماهینی (۱۳۹۱) الگوهای مکانی - زمانی تغییرات سیمای سرزمین را با کمک سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. ماهینی (۲۰۰۷) در مطالعه سلامت پوشش گیاهی از سنجه‌های سیمای سرزمین - از جمله شاخص شکل، نسبت محیط به مساحت، پیوستگی، فاصله اقلیدسی، و NDVI به منزله جایگزین پیچیدگی ساختاری پوشش گیاهی - استفاده کرد و به بررسی وضعیت سلامت ساختار گیاهان پرداخت. در پژوهشی گوناریدیس<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۸) برای بررسی تکه‌تکه‌شدگی از سنجه‌های تراکم لکه‌ها، تراکم لبه، اندازه بزرگ‌ترین لکه، نزدیک‌ترین همسایه، نسبت محیط به مساحت، و تجمع استفاده کردند. این محققان از سنجه تراکم لبه علاوه بر تکه‌تکه‌شدگی برای تعیین پیچیدگی شکل و بی‌نظمی و نیز ناهمگنی مکانی سیمای سرزمین استفاده کردند و نتایج استفاده از این سنجه‌ها را مطلوب اعلام کردند. مک‌گریگال و همکارانش (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص یکپارچگی اکولوژیک و ارتباط به بررسی سلامت سیمای سرزمین برای انتخاب مناطق حفاظتی پرداختند. سپس مدل حفاظتی ارائه دادند.

مجرد و کمان‌رودی (۱۳۹۷) و خوش‌لهجه و همکارانش (۱۳۹۸) آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مناطق مطالعاتی شهری و بررسی یکپارچگی آن‌ها را با استفاده از GIS و سنجه‌های سیمای سرزمین انجام دادند و اظهار رضایت کردند. آرخی (۱۳۹۴) ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه بیابانی دهلران را با استفاده از روش سنجش از دور و سنجه‌ها انجام داد و اظهار داشت افزایش تعداد لکه‌ها عامل تجزیه سرزمین و تکه‌تکه‌شدگی آن بوده است. حامد و همکارانش (۲۰۱۷) تغییرات پویای پوشش زمین را در پارک ملی هالگارد ساکران در طول سی سال مطالعه کردند. در این پژوهش از سنجه‌های سیمای سرزمین، از جمله تعداد و تراکم لکه‌ها، استفاده شد.

نتایج نشان داد تغییرات قابل توجه پوشش و کاربری زمین در شرایط ترکیب و ساختار فضایی منطقه حفاظت شده رخ داده؛ طوری که سنجه‌های سیمای سرزمین قادر به ارزیابی روند گسیختگی‌های مکانی در بازه زمانی مورد بررسی هستند.

علاوه بر این کومار و خان (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای از GIS و سنجش از دور برای بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر مادورای در ایالت تامیل نادوی هند استفاده کردند. بدین منظور، طبقات مختلف کاربری اراضی همراه تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها، طی یک دوره هفت ساله (۱۹۹۹ - ۲۰۰۶)، با استفاده از تصاویر لندست مطالعه شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد ناحیه مسکونی شهری از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ به میزان ۱۷/۰۹ درصد افزایش داشته است و تکه‌تکه‌شدگی ندارد.

در این مطالعه، علاوه بر بررسی تغییرات کاربری و تکه‌تکه‌شدگی، مناطق حساس تکه‌تکه‌شده بر اساس معیارهایی معرفی می‌شود تا برای آن‌ها برنامه‌ریزی شود.

### محدوده و قلمرو مورد مطالعه

#### روش و ابزار تحقیق

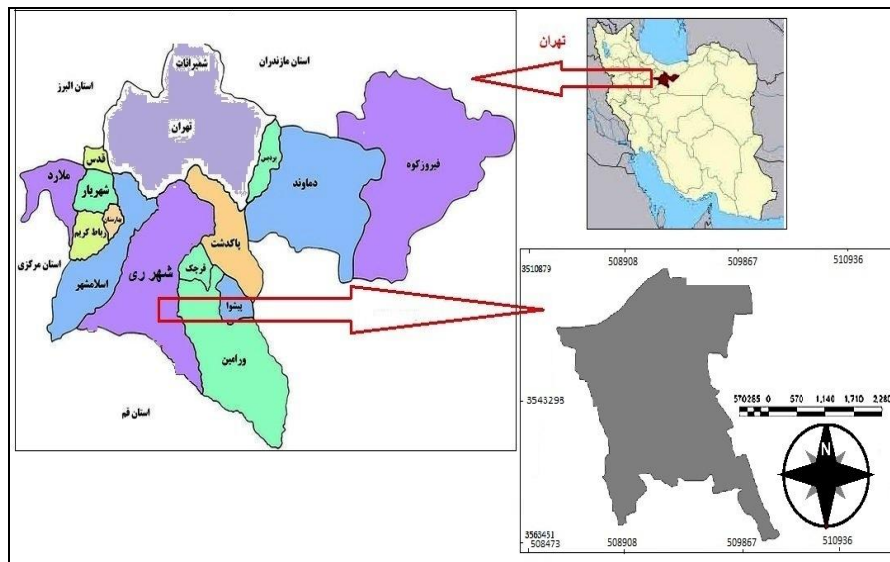
شهر ری محدوده‌ای است با مساحت ۲۲۹۳ کیلومتر مربع، از شمال به تهران، از جنوب به شهرستان قم، از شرق به شهرستان ورامین و شهرستان پاکدشت، از غرب به شهرستان‌های اسلامشهر، رباط کریم و زرنديه محدود می‌شود حداکثر ارتفاع منطقه حدود ۱۰۹۰ متر و حداقل آن حدود ۱۰۳۳ متر از سطح دریاست و شیب عمومی منطقه طرح حدود نیم درصد و عمدتاً از شمال به جنوب و از شرق به غرب است. منطقه مطالعاتی شامل شهری بین مختصات جغرافیایی بدین شرح واقع شده است:

شمالی " ۳۵° ۳۴' ۵۸/۸"

شرقی " ۵۱° ۲۵' ۵۱/۶"

آب‌وهوای شهری معتدل و خشک است. شهرستان ری به طور عمده زیر پوشش اقلیمی خشک قرار دارد که تابستان‌های آن بسیار گرم و زمستان‌های آن سرد است. میانگین بارندگی سالیانه به طور متوسط ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌لیتر است. میزان بارندگی میان فصول سال یکسان نیست و

حدود ۱۲ میلی‌متر بارندگی در فصل زمستان، ۸۳ میلی‌متر در فصل بهار، ۳/۴ میلی‌متر در فصل تابستان، و ۷۱ میلی‌متر در فصل پاییز صورت می‌گیرد. حداکثر دما در تابستان ۴۲ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما در زمستان ۹- درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع منطقه مطالعاتی در حدود ۱۱۸۰ متر از سطح دریاست. جمعیت این منطقه بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ برابر ۳۷۸۴۴۵ نفر و مساحت آن ۲۹۹۶ کیلومتر مربع است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی

به منظور پیش‌پردازش تصاویر و حذف و به حداقل رساندن تأثیرات اتمسفری از روش Cost در نرم‌افزار PCI Geomatica و سپس از بسط خطی تباین برای بارزسازی تصاویر موجود استفاده شد. برای ساختن تصاویر رنگی کاذب از نرم‌افزار ENVI بهره گرفته شد. همچنین جهت طبقه‌بندی تصاویر نیز از روش تلفیقی طبقه‌بندی نظارت‌شده<sup>۱</sup> و نظارت‌نشده<sup>۲</sup> استفاده شد. ابتدا

1. Supervised Classification
2. Unsupervised Classification



طبقه‌بندی نظارت‌نشده جهت شناخت کلاس‌های پوشش زمین و تعیین نمونه‌های تعلیمی<sup>۱</sup> اجرا شد. سپس، بر اساس نتایج حاصل، با طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نیز نمونه‌برداری‌های میدانی و کاربرد GPS و همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کویک‌برد بزرگ‌مقیاس قابل دسترس توسط گوگل ارث اقدام به تعیین نمونه‌های تعلیمی برای کلاس‌های مورد انتظار شد؛ طوری که حداقل پنج نمونه تعلیمی با مساحت بالای ۱۰ هکتار برای هر کلاس تعیین شد و نمونه‌ها پس از اجرای مراحل آماری مختلف وارد محیط نرم‌افزار شدند. در نهایت، اقدام به اجرای طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال<sup>۲</sup>، به طور جداگانه برای هر تصویر، شد و نقشه کاربری اولیه برای هر تصویر استخراج شد.

پس از پایان مراحل طبقه‌بندی تصاویر، صحت هر تصویر با استفاده از تعیین حدود ۲۰۰ نقطه به صورت نمونه‌گیری لایه‌ای تصادفی ارزیابی شد و بدین منظور تصاویر بزرگ‌مقیاس ماهواره‌ای کویک‌برد قابل دسترس توسط گوگل ارث به کار رفت. همچنین کاربرد GPS در مطالعات میدانی محاسبه و ماتریس دقت برای هر تصویر تشکیل شد.

برای آشکارسازی تغییرات، بعد از حصول اطمینان از دقت قابل قبول تصاویر نهایی کاربری اراضی، لایه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده به صورت ماتریسی و دو به دو در محیط نرم‌افزار ادیسی با استفاده از روش Cross Tabulation مقایسه شد و جدول‌ها و نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی استخراج شدند. بدین منظور، با مقایسه نقشه کاربری اراضی هر سال با نقشه کاربری سال بعد ماتریس تغییرات تهیه شد. در این مرحله تصویر کاربری سال ۱۹۸۸ با تصویر کاربری سال ۲۰۱۸ مقایسه شد. در بخشی از مطالعه از کراس تب نیز استفاده شد.

انتخاب شاخص مرحله مهم دیگر در این پژوهش بود که با مرور منابع یادشده و بررسی اولیه تصاویر انجام شد. در این خصوص، شاخص‌هایی انتخاب شدند که قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای باشند. تکه‌تکه‌شدگی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین، شامل تعداد و تراکم لکه‌ها و شاخص بزرگ‌ترین لکه، مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات مختلفی در زمینه بررسی سیمای سرزمین انجام گرفته که در آن‌ها از این سنج‌ها استفاده شده است (جدول ۱).

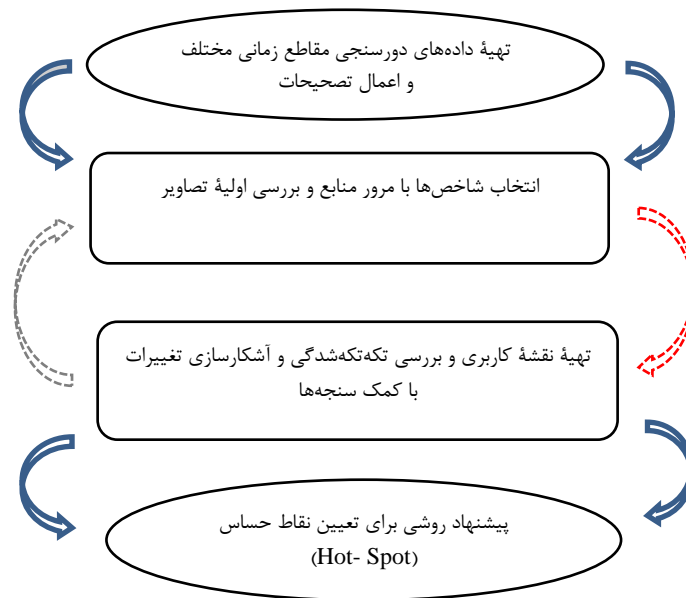
1. Training Samples
2. Maximum Likelihood

جدول ۱. سنجه‌های مورد استفاده برای تعیین تکه‌تکه‌شدگی در مطالعه حاضر

سنجه‌ها	علائم	پژوهش‌ها
تعداد لکه	NP	خزاعی و آذری دهکردی (۱۳۸۷)
تراکم لکه	PD	گوناریدیس و همکاران (۲۰۱۸)
شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI	گوناریدیس و همکاران (۲۰۱۸)

### تجزیه و تحلیل داده

این بخش از مطالعه در چهار مرحله به شرح شکل ۲ انجام گرفت. در این بخش شاخص‌ها از نقشه‌های کاربری مربوط به تصاویر لندست سال‌های اشاره‌شده، با کمک نرم‌افزار Fragstats (McGarigal & Marks 1995: 121)، استخراج شد. پردازش و تفسیر داده‌های استخراج‌شده از نرم‌افزار با کمک اکسل انجام گرفت. با بررسی سنجه‌ها تغییرات تکه‌تکه‌شدگی و یکپارچگی آشکار می‌شود. در ادامه، به منظور صحت‌سنجی، لایه راه‌ها روی تصاویر انداخته شد. در بخشی از مطالعه از کراس تب و جدول‌های حاصله نیز برای مقایسه داده‌ها و مساحت کاربری‌ها استفاده شد.



شکل ۲. مراحل بررسی تغییرات تکه‌تکه‌شدگی شهری

در ادامه، بعد از اینکه تعداد و تراکم لایه‌ها و شاخص بزرگ‌ترین لایه به دست آمد، بر اساس چهار معیار فاصله از راه‌ها، فاصله از مرز، مساحت لکه‌ها، و اندازه لکه‌ها (Lee et al 2020: 33) پیشنهادهایی برای تعیین لکه‌ها و نقاط حساس و شکننده پوشش گیاهی و مسکونی ارائه شد. به این ترتیب که لکه‌ها و مناطق دور از مرز و نزدیک به راه‌ها، که اندازه آن‌ها در اثر عبور راه‌ها کوچک‌تر شده و مساحت آن‌ها کاهش پیدا کرده است، نقاط حساس و شکننده معرفی شدند.

### یافته‌های پژوهش

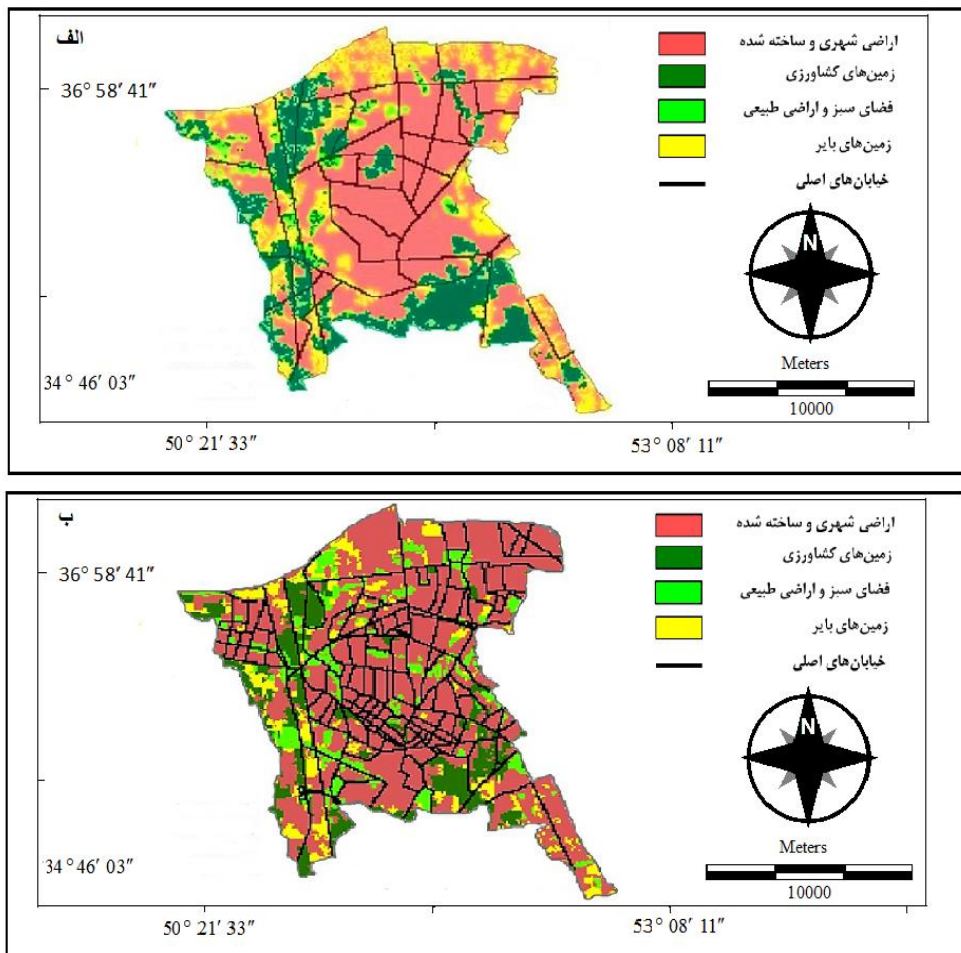
پس از اجرای مراحل مختلف پردازش داده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مورد بررسی در چهار طبقه اراضی شهری و مسکونی، زمین‌های کشاورزی، اراضی طبیعی و فضای سبز، و زمین‌های بایر استخراج شد (شکل ۳).

نتایج صحت‌سنجی تصاویر استفاده‌شده در این پژوهش در جدول ۲ آمده است.

مساحت کلاس‌های تعیین‌شده در نقشه‌های کاربری مربوط به سال‌های یادشده در شکل ۴ ارائه شده است. در ادامه میزان تغییر کاربری‌های مختلف به اراضی ساخته‌شده شهری و فضای سبز شهری مورد توجه قرار گرفته و نتایج به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۲. نتایج صحت‌سنجی تصاویر ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی

طبقه کاربری	۱۳۶۷		۱۳۹۷	
	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده
شهری و مسکونی	۷۵/۰۵	۷۹/۱۹	۸۳/۸۸	۸۵/۶۵
فضای سبز	۸۶/۱۶	۸۸/۶۶	۸۵/۷۴	۸۶/۰۶
کشاورزی	۸۵/۰۵	۸۵/۰۵	۸۷/۰۰	۹۰/۹۶
زمین‌های بایر	۷۶/۳۳	۷۱/۱۴	۷۵/۰۵	۷۹/۱۹
صحت کلی		۸۴/۰۱		۸۶/۷۶
ضریب کاپا		۰/۸۰		۰/۸۳



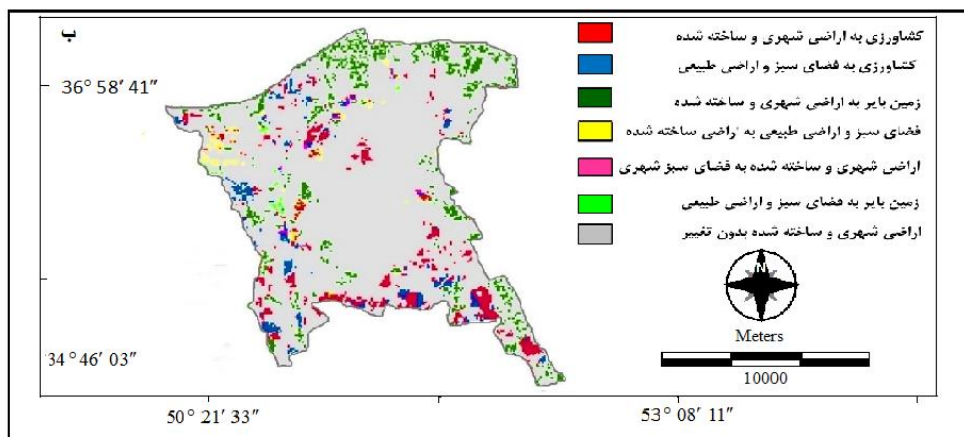
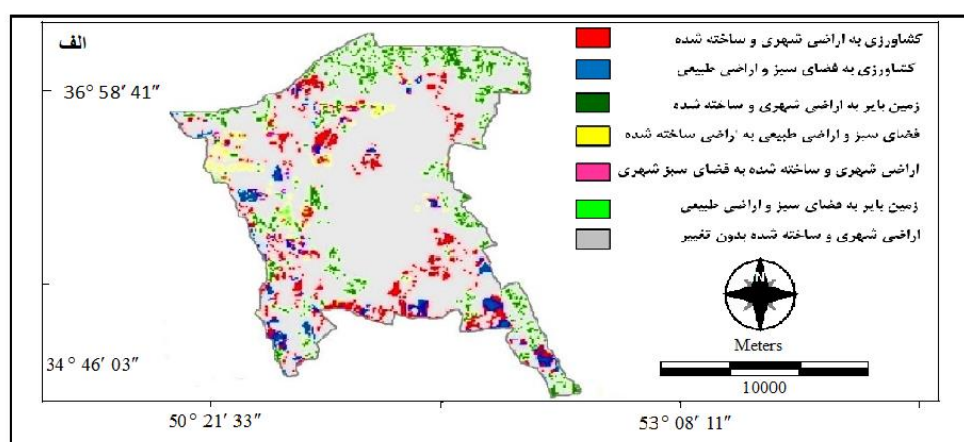
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی شهری (الف: سال ۱۳۶۷ و ب: سال ۱۳۹۷)

جدول ۳. میزان تبدیل کاربری‌های مختلف به اراضی شهری و مسکونی به هکتار

دوره ۱۳۶۷ - ۱۳۹۷	نوع کاربری اراضی
۱۱۱/۷	زمین‌های کشاورزی
۸۷/۴	فضای سبز شهری و پوشش طبیعی
۱۷۰/۶	زمین‌های بایر
۳۶۹/۷	مجموع پوشش ازدست‌رفته

جدول ۴. میزان تبدیل کاربری‌های مختلف به فضای سبز شهری به هکتار

دوره ۱۳۶۷ - ۱۳۹۷	نوع کاربری اراضی
۴/۷	اراضی ساخته‌شده شهری
۱۸/۴	زمین‌های کشاورزی
۳۲/۵	زمین‌های بایر
۵۵/۶	مجموع پوشش ازدست‌رفته



شکل ۴. نقشه تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۶۷ - ۱۳۹۷ (الف: ۱۳۶۷ و ب: ۱۳۹۷)

طبق نتایج این مطالعه، سطح اراضی ساخته‌شده شهری، در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷، ۳۶۹/۷ هکتار (۲۶/۷ درصد) رشد داشته و از ۱۳۸۳/۸ هکتار به ۱۷۵۳/۵ هکتار رسیده است. همچنین، در این دوره مساحت کاربری فضای سبز شهری نیز ۵۵/۶ هکتار افزایش (۱۰۶/۳ درصد) یافته و از میزان ۵۲/۳ هکتار در سال ۱۳۶۷ به میزان ۱۰۷/۹ هکتار در سال ۱۳۹۷ رسیده است. این در حالی است که در دوره مورد مطالعه کاربری‌های کشاورزی و اراضی بایر روند کاهشی داشته و به ترتیب ۲۱۳/۸ و ۲۱۱/۵ هکتار (۴۵/۶ درصد و ۵۵/۶ درصد) نسبت به سال ۱۳۶۷ کاهش یافته است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، کاربری‌های اراضی ساخته‌شده شهری و فضای سبز شهری روند رو به رشد و کاربری‌های کشاورزی و زمین‌های بایر روند رو به کاهش داشته است. بیشترین میزان تغییر در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ مربوط به تغییر کاربری‌های مختلف به کاربری اراضی ساخته‌شده شهری با ۳۶۹/۷ هکتار است که از این میزان ۱۷۰/۶ هکتار مربوط به تغییر کاربری زمین‌های بایر به اراضی مسکونی است. همچنین، میزان تغییر کاربری‌های زمین‌های کشاورزی و فضای سبز و اراضی دارای پوشش طبیعی به ترتیب برابر ۱۱۱/۷ و ۸۷/۴ هکتار است. بیشترین میزان تغییر کاربری‌های مختلف به کاربری فضای سبز شهری در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ به تغییر کاربری زمین‌های بایر با ۳۲/۵ هکتار و زمین‌های کشاورزی با ۱۸/۴ هکتار مربوط است. در این دوره میزان تغییر کاربری اراضی ساخته‌شده شهری به فضای سبز ناچیز و برابر ۴/۷ هکتار است.

#### نتایج بررسی تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین

به منظور بررسی وضعیت محیط، نتایج بررسی با سنجه‌ها روی نقشه‌های کاربری سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ در جدول ۵ ارائه شده است. تغییرات اعداد جدول تحلیل شدند تا تغییرات سیمای سرزمین در بازه زمانی مورد مطالعه مشخص و بررسی شود. نتایج تغییرات سنجه‌ها در جدول ۶ ارائه شده است:

جدول ۵. نتیجه بررسی سنجه‌ها در بازه زمانی ۱۳۶۷ - ۱۳۹۷

سیمای شهری		شاخص
۱۳۹۷	۱۳۶۷	
۱۹۸۱۰	۱۱۸۱۲	تعداد لکه
۳/۴۷	۲/۰۱	تراکم لکه
۵۰/۲۸	۶۰/۳۲	شاخص بزرگ‌ترین لکه

جدول ۶. نتایج تغییرات شاخص‌ها در بازه زمانی ۱۳۶۷ - ۱۳۹۷

تغییرات	شاخص‌ها
+	تکه‌تکه‌شدگی
-	یکپارچگی

علامت + نشان‌دهنده افزایش و علامت - نشان‌دهنده کاهش طی زمان است.

### نتیجه

تغییرات سیمای سرزمین در دوره‌های زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ با استفاده از سنجه‌ها بررسی و مقایسه شد. نتایج در بازه زمانی اشاره‌شده روند افزایشی را در تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین نشان می‌دهد. در مقابل، یکپارچگی و نیز ارتباط در سیما روند نزولی پیدا کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مقدار عددی سنجه‌های تعداد لکه و تراکم لکه افزایش یافته و شاخص بزرگ‌ترین لکه کاهش پیدا کرده است. این افزایش و کاهش بدین معناست که تکه‌تکه‌شدگی افزایش یافته است. در نتیجه، انسجام و یکپارچگی و ارتباط در سیمای سرزمین کاهش پیدا کرده است. این موارد در پژوهش روکینی<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۰) نیز مورد توجه قرار گرفته است. این موارد نشان‌دهنده ازهم‌گسیختگی و کاهش پیوستگی در سیمای سرزمین است که در مطالعات مک‌گریگال و همکارانش (۲۰۱۹) نیز تأیید شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد کاربری‌ها غیریکنواخت‌تر و آسیب سیمای سرزمین بیشتر شده است. با توجه به افزایش شاخص تکه‌تکه‌شدگی و کاهش یکپارچگی و ارتباط، وضعیت محیط زیست روند نزولی پیدا کرده است. محققانی مثل کلایو و ترزا (۲۰۱۸)، ماهینی (۲۰۰۷)، بگت و دایک (۲۰۰۷)، آذری و خزاعی (۲۰۰۹)، گوناریدیس و همکارانش (۲۰۱۸) در مطالعات خود برای بررسی وضعیت سیمای سرزمین از برخی سنجه‌های نام‌برده‌شده در این مطالعه استفاده و نتیجه را رضایت‌بخش اعلام کرده‌اند. با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای - نظیر به‌هنگام بودن، چند طیفی بودن، تکراری بودن - جهت تعیین تغییرات سیمای سرزمین در یک دوره زمانی مشخص می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توان ساختار فضایی سیمای سرزمین را کمی کرد. از طریق ایجاد ارتباط میان ساختار و عملکرد سیمای سرزمین و درک بهتر فرایندهای اکولوژیک

می‌توان به ارزیابی سیمای سرزمین به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار آن دست یافت. در نتیجه استفاده از سنجه‌ها، ضمن صرفه‌جویی در زمان، نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد. سنجه‌ها به منزله نمایه‌های کمی‌ساز محیط زیست با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای قابل مطالعه و استخراج‌اند. هر چه مساحت لکه‌ها بزرگ‌تر باشد کمتر تخریب یافته‌اند و دست‌نخورده هستند. هر چه فاصله لکه‌ها کمتر باشد دست‌خوردگی کمتر است. بنابراین، فاصله نزدیک‌تر عاملی مطلوب در وضعیت سلامت سیمای سرزمین محسوب می‌شود. حفظ یکپارچگی و پایداری سیمای سرزمین بر اساس اصول اکولوژیک به کاهش یا بهبود اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع زیستی و پویایی سیمای محلی منجر می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از کاربرد سنجه‌های مورد استفاده در این تحقیق نیز بیان‌کننده کارایی این سنجه‌هاست که با یافته‌های خزاعی و آذری دهکردی (۱۳۸۷)، کلاسیو و ترزا (۲۰۱۸)، مک‌گریگال و همکارانش (۲۰۱۹)، ماهینی (۲۰۰۷)، بگت و دایک (۲۰۰۷)، کومار و خان (۲۰۱۸)، و گوناریدیس و همکارانش (۲۰۱۸) همخوانی دارد که نشان‌دهنده کارایی و قابلیت سنجه‌های استفاده‌شده است.

در این تحقیق، مطالعه روند تغییرات کاربری اراضی با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۹۷ نشان‌دهنده تغییرات زیاد در کاربری اراضی محدوده شهری است. در مطالعات زیادی به گسترش نواحی شهری طی دو دهه گذشته اشاره شده است. نواحی شهری طی دهه‌های اخیر تغییرات زیادی داشته است. در این مدت تغییرات کاربری زیادی در محدوده مطالعاتی روی داده است که بیشترین تغییر مربوط به تغییر در کاربری اراضی ساخته‌شده به میزان ۳۶۹/۷ هکتار است؛ طوری که از ۱۳۸۳/۸ هکتار در سال ۱۳۶۷ به ۱۷۵۳/۵ هکتار در سال ۱۳۹۷ افزایش داشته است. این موضوع نقش تحولات جمعیتی و به تبع آن نیاز به مسکن و سایر کاربری‌های مورد نیاز شهری را نشان می‌دهد. به دنبال افزایش مناطق مسکونی در محدوده مطالعاتی و نیاز به ایجاد فضای سبز شهری، طی دوره مورد بررسی، کاربری فضای سبز شهری نیز در مجموع ۵۵/۶ هکتار رشد کرده و از ۵۲/۳ هکتار در ابتدای دوره به ۱۰۷/۹ هکتار در انتهای دوره رسیده است. به‌رغم افزایش جمعیت طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ در محدوده مطالعاتی و نیاز به زمین‌های کشاورزی بیشتر جهت تولید غذای بیشتر، نتایج نشان می‌دهد کاربری‌های کشاورزی و زمین‌های بایر طی دوره یادشده روند کاهشی داشته‌اند؛ طوری که



زمین‌های کشاورزی از ۴۶۹/۳ هکتار به ۲۵۵/۵ هکتار و زمین‌های بایر از ۳۸۰/۴ هکتار به ۱۶۸/۹ هکتار کاهش یافته‌اند. همان‌طور که از مطالعات فانتا<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۷) و هالفوم<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۸) گزارش شده است در گسترش شهرها بیشتر کاربری کشاورزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و از مساحت آن‌ها به نفع فضای شهری کاسته می‌شود. این در حالی است که با افزایش جمعیت شهرها نیاز به محصولات کشاورزی بیش از پیش خواهد بود. بیشترین تغییر کاربری زمین‌های بایر و کشاورزی طی دوره هجده‌ساله مطالعاتی به اراضی ساخته‌شده شهری بوده است. دلیل این موضوع را می‌توان قیمت پایین زمین‌های بایر در مجاورت اراضی ساخته‌شده و کاهش رونق کشاورزی ناشی از کاهش منابع آبی منطقه در کنار افزایش جمعیت و نیاز به مسکن و امکانات شهری دانست. پرابو و دار (۲۰۱۸) نیز در مطالعه خود در تامیل‌نادوی هند بیان کردند افزایش نیاز به ساخت و ساز در نواحی شهری و کاهش قیمت اراضی کشاورزی و افزایش قیمت اراضی شهری باعث شده است توسعه منطقه شهری مورد مطالعه از افزایش بالایی برخوردار شود. از بین اراضی زراعی شهری، اراضی واقع در حاشیه جنوبی و شمال بافت شهر بیشترین تغییرات کاربری را داشته است؛ طوری که در سال ۱۳۶۷ این زمین‌ها کاملاً زیر کشت محصول بوده و کاربری باغ یا کشاورزی داشته و امروزه جزء اصلی بافت شهری است.

به طور کلی مطالعات سیمای سرزمین به صورت میدانی و اکولوژیک مشکل است. به علت بزرگی و وجود مناطق غیر قابل دسترس، انجام دادن مطالعات و نظارت زمینی غیرممکن است. سنجش از دور ماهواره‌ای به حل مشکلات فوق کمک می‌کند و ابزاری مناسب برای نقشه‌سازی و پایش پوشش گیاهی و سیمای سرزمین است. همچنین اطلاعات حیاتی برای پویایی تغییرات کاربری زمین در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی مهیا می‌کند.

به طور خلاصه، می‌توان نتیجه گرفت که تکه‌تکه‌شدگی در سطح سیمای شهری مسکونی کاهش و در سطح سایر کاربری‌ها افزایش دارد. در بازه زمانی مورد نظر یکپارچگی در سطح سیمای شهری مسکونی افزایش و در سطح سایر کاربری‌ها کاهش پیدا کرده است. کاربری‌ها غیریکنواخت‌تر و آسیب سیمای سرزمین بیشتر شده و وضعیت محیط روند نزولی دارد.

1. Fenta
2. Halefom

در پایان، به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر شهری، راهکارهایی برای تعیین نقاط حساس و لکه‌های شکننده مطرح می‌شود. بدین ترتیب که لکه‌ها و مناطق دور از مرز و نزدیک به راه‌ها، که اندازه آن‌ها در اثر عبور راه‌ها کوچک‌تر شده و مساحت آن‌ها کاهش پیدا کرده است، نقاط حساس و شکننده معرفی می‌شوند. یک راهکار برای تقویت این سایت‌ها برقراری ارتباط بین لکه‌های تکه‌تکه‌شده پوشش گیاهی است.

## منابع

- آرخی، ص. (۱۳۹۴). «کاربرد متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: منطقه بیابانی دهلران)»، *جغرافیا و توسعه*، س ۱۳، ش ۲، صص ۵۹ - ۶۸.
- خوش‌لهجه، مهدی؛ بابک برنجگر؛ بابک مقیمی؛ سارا بهشتی‌فر؛ یاسر مقصودی؛ علی محمدزاده (۱۳۹۸). «مروری بر روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در شناسایی تغییرات کاربری اراضی با تکیه بر سنجش از دور و GIS (با تأکید بر مطالعات صورت‌گرفته در کشور ایران)»، *علوم و فنون نقشه‌برداری*، س ۹، ش ۲، صص ۲۲۵ - ۲۴۲.
- مجرد، کامران؛ موسی کمان‌رودی (۱۳۹۷). «آشناسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه: استان مازندران)»، *کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی*، س ۹، ش ۱، صص ۱ - ۱۰.
- خزاعی، نوشین؛ فرود آذری دهکردی (۱۳۸۷). «تحلیل توأم تخریب سیمای سرزمین در حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین»، *علوم محیطی*، س ۶، ش ۲، صص ۵۵ - ۶۴.
- کامیاب، حمیدرضا؛ عبدالرسول ماهینی (۱۳۹۱). «الگوهای مکانی - زمانی تغییرات سیمای سرزمین و توسعه شهری (مطالعه موردی: گرگان)»، *کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*، س ۳، ش ۲، صص ۵۰ - ۵۹.

## References

- Azari Dehkordi, F. & Khazaei, N. (2009). "A Decision Support System for Environmental Impact Assessment in Land use Degradation, Case Study: Shafarod Watershed in Gilan Province of Iran", *The Journal of Environmental Studies*, 51(1), pp. 70-80.
- Baguette, M. & Dyck, H. V. (2007). "Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal", *The Journal of Landscape Ecology*, 22(1), pp. 1117-1129.
- Clive, A. & Teresa, E. (2018). "Testing landscape metrics as indicators of habitat loss and fragmentation in continuous eucalypt forests (Queensland, Australia)", *The Journal of Landscape Ecology*, 17(1), pp. 711-728.
- Deng, J., S. Wang, K., Hong, Y., & Qi, J. (2019). "Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization", *Journal of Landscape and urban planning*, 92(3), pp. 187-199.

- Farina, A. (2006). "Principle and methods in landscape ecology: Toward a science of landscape", *Journal of Landscape and Urban Planning*, 92(3), pp. 287-300.
- Fenta, A., Yasuda, H., Haregeweyn, N., Belay, A., Hadush, Z., Gebremedhin, M., & Mekonnen, G. (2017). "The dynamics of urban expansion and land use/land cover changes using remote sensing and spatial metrics: the case of Mekelle City of northern Ethiopia", *International Journal of Remote Sensing*, 38(14), pp. 4107-4129.
- Forman, T. (1995). "Land mosaics: The ecology of landscapes and regions", *Journal of Geography and Cartography*, 1(3), pp. 5-11
- Gergel, M. & Turner, G. (2018). "Learning Landscape Ecology: A Practical Guide to Concepts and Techniques", *The Journal of Landscape Ecology*, 11(1), pp. 111-228.
- Gounaridis, D., George, N.Z., & Sotirios, K. (2018). "Quantifying spatio-temporal patterns of forest fragmentation in Hymettus Mountain, Greece a Computers", *Journal of Environment and Urban Systems*, 46(1), pp. 35-44.
- Halefom, A., Teshome, A., Sisay, E., & Ahmad, I. (2018). "Dynamics of Land Use and Land Cover Change Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Debre Tabor Town, South Gondar, Ethiopia", *Journal of Geographic Information System*, 10(02), pp. 160-165.
- Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2017). "Multi-criteria assessment of land cover dynamic changes in halgurd sakran national park (HSNP), kurdistan region of Iraq, using remote sensing and GIS", *Land*, 6(1), pp. 18-32.
- Hilty, J.A., Lidicker, J.r.WZ., & Merenlender, A.M. (2006). "Corridor Ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation", *Journal of Landscape Ecology*, 20(1), pp. 309-315.
- Khazaei, N. & Azari Dehkordi, F. (2008). "Co-analysis of land degradation in Sefidrood watershed using ecological metrics of land landscape", *Journal of Environmental Sciences*, 6(2), pp. 55-64. (in Persian)
- Kamyab, H.R. & Mahini, A. (1391). "Spatial-temporal patterns of land landscape changes and urban development (Case study: Gorgan)", *Journal of Remote Sensing and GIS Application in Natural Resources Sciences*, 3(2), pp. 50-59. (in Persian)
- Kumar, S. & Khan, N. (2018). "Application of remote sensing and GIS in land resource management", *Journal of Geography and Cartography*, 1(3), pp. 1-4.
- Lee, J.T., Bailey, N., & Thompson, S. (2020). "Using Geographical Information Systems to identify and target sites for creation and restoration of native woodlands: a case study of Chiltern Hills, UK", *Journal of Environmental Management*, 64(1), pp. 25-34.
- Leitao, A.B., Miller, j., & McGarigal, K. (2006). "Measuring Landscapes", *The Journal of Landscape Ecology*, 11(3), pp. 100-110.
- Li, H. & Wu, J. (2014). "Use and misuse of landscape indices", *Journal of Landscape Ecology*, 19(1), pp. 389-399.
- Mahiny, A.S. (2007). "Patch Metrics as Surrogates of Structural Complexity of Remnant Vegetation", *Journal of Environmental Sciences*, 24(2), pp. 437-450.
- Makhdoum, M. (1999). "Fundamental of Land Use Planning", *Journal of Environmental Sciences*, 6(2), pp. 34-50. (in Persian)
- Masser, I. (2001). "Managing our urban future: the role of remote sensing and geographic information systems", *Habitat international*, 25(4), pp. 503-512.

- McGarigal, K. & Marks, B. (1995). "FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure", *International Journal of Remote Sensing*, 22(1), pp. 120-129.
- McGarigal, K. & Cushman, S. (2019). "The gradient concept of landscape structure", *The Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 180(6), pp. 405-416.
- McGarigal, K., Tagil, S., & Cushman, S. (2019). "Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure", *Journal of Landscape Ecology*, 24(1), pp. 433-455.
- Ndubisi, F. (2002). "Ecological Planning: A Historical and Comparative Synthesis (Center Books on Contemporary Landscape Design)", *The Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), pp. 460-473.
- Pirnazar, M., Ostad-Ali-Askari, K., & Eslamian, S. (2018). "Change Detection of Urban Land Use and Urban Expansion Using GIS and RS, Case Study: Zanjan Province, Iran", *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering*, 4(10), pp. 295-309.
- Prabu, P. & Dar, A. (2018). "Land-use/cover change in Coimbatore urban area (Tamil Nadu, India) — a remote sensing and GIS-based study", *The Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), pp. 445-450.
- Rawat, J. S., Biswas, V., & Kumar, M. (2013). "Changes in land use/cover using geospatial techniques: a case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India", *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 16(1), pp. 111-117.
- Rocchini, D., Metz, M., Ricotta, C., Landa, M., Frigeri, A., & Neteler, M. (2013). "Fourier transforms for detecting multitemporal landscape fragmentation by remote sensing", *International Journal of Remote Sensing*, 34(24), pp. 8907-8916.
- Singh, M., Malhi, Y., & Bhagwat, S. (2019). "Biomass estimation of mixed forest landscape using a Fourier transform texture-based approach on very-high-resolution optical satellite imagery", *International Journal of Remote Sensing*, 35(9), pp. 15-26.
- Weng, Q. (2017). "A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta", *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), pp. 199-204.