



Online ISSN: 2821-1782

**Journal of Land Ecology**

journal homepage: <http://www.landscapeecologyjournals.ir/>



Research Paper

## **Analysis Of Spatial Changes In The Landscape Of Cties (Case Study: Kermanshah City)**

**Yousef Darvishi<sup>a</sup> Saleh Arekhi<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Assistant Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran.

<sup>b</sup> Assistant Professor in Geography, Department of Geography and GIS, Human Sciences College, University of Golestan, Gorgan, Iran.

### **ARTICLE INFO**

#### **Article history:**

Received: 2022-11-26

Accepted: 2023-02-09

#### **Keywords:**

Remote Sensing,  
Landscape, Metrics,  
Spatial Features,  
Kermanshah City

### **ABSTRACT**

Urban sprawl, in addition to land use changes, cause of changes in urban landscape pattern has been caused and this phenomenon has several effects on the structure and functioning of ecological systems changes. So, with considering to negative effects caused by the improper use of land and land use changes, Knowledge and understanding of the variability trend is essential for assessing of environmental impacts arising from the development to the planning and sustainable management of land.

In this research, Landsat TM satellite images related to May 2001 and OLI sensors related to June 1398 have been used. Also, field visit information and Google Earth images and comprehensive 1: 2000 maps of Kermanshah city have been used.

In this study, for geometric correction, topographic maps with a scale of 1: 50,000 prepared by the Army Geographical Organization were used. At this stage, geometric corrections were applied to the images and the OLI image sensor in 1398 was referenced using the vector image method. For this purpose, 24 ground control points with suitable distribution and at the intersection of roads, waterways, etc. were used, so that the mathematical model used to find unknown coefficients in the equation has less error. To convert the coordinates of the corrected image to the uncorrected image, the first degree function was used and to re-sample the pixel value of the uncorrected image, the nearest neighbor method was used and finally the OLI sensor with RMS error equal to 0.35 ground was referenced. Geometric correction of TM image in 2001 was done by image-by-image method. For this purpose, the image of 1398 after geometric correction was considered as a basis. First, the control points were selected, then the points that had a lot of errors were removed from the relevant table, and finally, by removing 7 ground control points, the TM image was corrected with 35 control points with an error of 0.32. In order to determine the changes in addition to the coordinates of the images, the dimensions of their pixels must be the same, which in this study is the size of all pixels is 28.5 meters.

First, it was observed that the highest producer accuracy, above 98%, was related to residential and rangeland lands (for two periods). This indicates the high spectral resolution for these classes. Secondly, according to the results, it was observed that The lowest accuracy of the manufacturer has been for the garden class. This class has been classified with %48.82producer accuracy for the image of this area (for 2001). It was also observed that the highest user accuracy was related to forest (2001) and garden (2017) land uses, which are %100 classified. The lowest user accuracy has been for the green space floor. This class is categorized with % 92.62user accuracy for the image of this area. This could be due to the complexity or proximity of the high spectral similarity boundaries to other classes and pixels mixed in the training and experimental samples.

\*Corresponding Author.

Email Addresses: [phddarvishi@pnu.ac.ir](mailto:phddarvishi@pnu.ac.ir)

To cite this article:

Darvishi, Y., & Arekhi, S. (2023). **Analysis Of Spatial Changes In The Landscape Of Cties (Case Study: Kermanshah City)**, *Land Ecology*, 1(1), 79-95.



Doi: [10.22034/el.2023.170942](https://doi.org/10.22034/el.2023.170942)



## واکوی تغییرات مکانی سیمای سرزمین شهرها (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

دکتر یوسف درویشی \*<sup>۲</sup> دکتر صالح آرخی<sup>۲</sup>

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان.

### اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

۰۵ آذر ۱۴۰۱

پذیرش نهایی:

۲۰ بهمن ۱۴۰۱

### چکیده

گسترش شهرها علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، موجب تغییرات در الگوی سیمای سرزمین شهرها شده است و این پدیده اثرات متعددی بر روی ساختار، کارکرد و تغییرات سیستم‌های اکولوژیک دارد. بنابراین با توجه به آثار منفی ناشی از استفاده نامناسب از سرزمین و تغییر کاربری اراضی، آگاهی و شناخت روند تغییر پذیری، در ارزیابی آثار محیط زیستی ناشی از توسعه به منظور طرح‌ریزی و مدیریت پلیدار سرزمین ضروری است. این مطالعه با هدف بررسی روند تغییرات سیمای سرزمین، سنجش وضعیت لکه‌ها و تحلیل روند توسعه شهر کرمانشاه انجام شده است. این تحقیق از این نظر دارای نوآوری بوده که کاربرد اصول اکولوژی سیمای سرزمین را در سطح لکه‌ها ارزیابی می‌نماید. به منظور بررسی و طبقه‌بندی تغییرات پوشش اراضی، محاسبه متریک سیمای سرزمین، پیش پردازش و انجام تصحیحات هندسی و آتمسفریک در منطقه مورد مطالعه از نرم افزارهای Envi.5.5 و Fragstats بهره گرفته شد. همچنین جهت تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین و تحلیل تغییرات، به ترتیب از تصاویر ماهواره‌ای TM(۱۳۸۰) و OLI(۱۳۹۸) و متریک‌های مساحت طبقه، تعداد لکه، متوسط اندازه لکه، تراکم حاشیه و متوسط شاخص شکل استفاده شد. تجزیه و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین بیانگر جایگزینی گسترده فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع توسط اراضی مسکونی، کشاورزی و آبی بوده است. نتایج بدست آمده نشان داد، با افزایش مساحت لکه، تعداد لکه و تراکم حاشیه کاهش می‌یابد، یا به عبارتی رابطه عکس با هم دارند. تغییر در خصوصیات مکانی، در کارکرد اکولوژیک منطقه تاثیرگذار است و بایستی در برنامه ریزی و آمایش سرزمین مورد توجه قرار گیرد.

### واژگان کلیدی:

سنجش از دور، سیمای سرزمین، متریک، خصوصیات مکانی، شهر کرمانشاه

## ۱. مقدمه

سیمای سرزمین شهری دارای پیچیدگی‌های فراوانی است که برنامه‌ریزی در روند حل مشکلات آن‌ها نیاز به دانشی جامع دارد. در این راستا، بوم‌شناسی سیمای سرزمین به دلیل تعامل با دیگر علم‌ها، در برنامه‌ریزی کاربردی سیمای سرزمین شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد و به برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای کمک می‌کند که نه تنها در حل مشکل‌های شهری گام بردارند، بلکه روش‌های مناسبی در راستای اعتلای سیمای سرزمین شهرها تبیین کنند. ساخت سیمای سرزمین شهرها دارای ویژگی‌های چهارگانه ناهمگنی، شامل: ساختاری، فرآیندی، زمانی و فضایی، می‌باشد که همین امر تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی سیمای سرزمین شهری را نیازمند بررسی‌های عمیق تر می‌نماید. شبکه‌های بوم شناختی سیمای سرزمین شهری، گذرگاه‌های ماده و انرژی هستند که به شکلی پویا در شار(جریان) مواد، انرژی و اطلاعات دخالت دارند(عباس زاده و برق جلوه، ۱۳۹۷). امروزه به دلیل عدم استفاده منطقی از سرزمین، تبدیل، تغییر پوشش و کاربری زمین در سرزمین‌ها روند رو به رشدی داشته است. بررسی و کمی سازی این تغییرات می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین ضروری باشد، لذا در این مطالعه از سنج‌های سیمای سرزمین به‌عنوان ابزارهایی کمی‌ساز برای بررسی تغییرات و وضعیت سرزمین استفاده شده است. سنج‌های مورد بررسی از نوع توزیع مکانی و ترکیب بندی لکه‌ها می‌باشد(سلیمانی و حجتی، ۱۳۹۷). این سنج‌ها می‌توانند به‌عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین، یا شناخت تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان باشند. سنج‌ها ابزار مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین هستند. توجه به منظرهای طبیعی و فرهنگی سیمای سرزمین توسط محققان، سیاست‌مداران و مدیران مناطق حفاظت شده روز به روز در حال افزایش است. تغییرات در سیمای سرزمین به‌طور کلی ارزش‌های ملی و میراثی و منابع غیرقابل جبران را تحت تاثیر قرار می‌دهد(Deng et al, 2009). در پایش تغییرات شهری توجه به دو مسئله مقدار تغییرات کاربری و خصوصیات مکانی تغییرات مهم می‌باشد. این اطلاعات برای برنامه ریزان شهری بسیار ارزشمند می‌باشد. در دهه‌های اخیر با افزایش توجهات به موضوعات شهری، تحلیل توزیع مکانی و خصوصیات ساختاری کاربری اراضی، مدلسازی تغییرات مکانی- زمانی از مباحث مهم بوده است(Lin et al., 2020). اکولوژی سیمای سرزمین بر اساس متریک‌های مکانی سیمای سرزمین، نقشه سازی و کمی کردن خصوصیات مکانی کاربری‌های مختلف را دارد. این متریک‌ها شناسایی ساختار و فهم شکل شهرها را آسان می‌کنند. محاسبه این متریک‌ها در شناخت فرآیند گسترش شهری در سطح سیمای سرزمین کمک میکند(Stastna and Vaishar., 2020). مطالعات زیادی بر روی تغییرات خصوصیات مکانی کاربری‌ها و همچنین شهرها صورت گرفته است. حسن پور و همکاران(۱۳۹۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران به این نتیجه دست یافته‌اند 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 گشته و حالت تکه‌تکه شده 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 همچنین با توجه به قابلیت‌های تحلیلی متریک‌های سیمای سرزمین در بهبود ساختار اکولوژیک شهرها و ارزیابی وضعیت فضای سبز پیشنهاد می‌شود رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی و مدیریت فضای سبز شهرها مدنظر قرار گیرد. داز و همکاران(۱۳۹۹) در پژوهشی تحت عنوان تحلیل تغییرات فضای سبز شهر گرگان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات زمانی فضای سبز شهر گرگان بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ مقدار زیادی از اراضی سبز به ویژه اراضی کشاورزی و جنگلی کاهش یافته و بر میزان اراضی ساخته شده اضافه شده است. به‌طوری‌که طی این ۲۷ سال اراضی ساخته شده با میزان ۱۵/۸۶ کیلومتر مربع روند افزایشی و در مقابل فضای سبز با مقدار ۶/۵۳ کیلومتر مربع روند کاهشی را داشته‌اند. همچنین بررسی و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین نیز حاکی از کاهش تعداد و اندازه لکه‌های سبز همراه با تکه تکه شدن و از هم گسیختگی آن‌ها می‌باشد. هرولد و همکاران(۲۰۰۲)، از سنجش از دور و متریک‌های مکانی برای مطالعه خصوصیات مکانی شهر سانتا باربارا استفاده کردند. ونگ از متریک‌های اندازه گیری شکل و اندازه برای مطالعه تغییرات سیمای سرزمین شهر دین کانتی ویسکانسین ایالت متحده، در بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ استفاده کرد. نتایج تحقیق Abdullah و Nakagosh (2006) در مالزی، با استفاده از متریک‌های غنای لکه، میانگین اندازه و تعداد لکه بیانگر تجزیه سیمای سرزمین در واکنش توسعه سیمای انسان

ساخت بوده است. از متریکهای شکل<sup>۱</sup>، تنوع<sup>۲</sup>، لبه<sup>۳</sup> و مساحت<sup>۴</sup> در پایش تغییرات سرزمین توسط Herzog و Lausch (2002)، در آلمان نشان داد که کارایی هر یک از متریکها به مدلهای مورد استفاده و اطلاعات موجود وابسته است. بررسی روند تبدیل جنگل به مناطق شهری در Rondonia برزیل توسط Barros Ferraz و همکاران (2005)، با استفاده از متریکهای سیمای سرزمین بیانگر نابودی کل زمینهای جنگلی منطقه در صورت ادامه تغییرات تا سال 2020 بوده است. در تحقیقی که دنگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ در زمینه رشد شهرنشینی و الگوی تغییرات کاربری انجام داده‌اند. به این نتیجه دست یافتند که شهرنشینی سریع منجر به تغییرات بزرگ در سیمای سرزمین شده است به طوری که زمین شهری افزایش یافته تا سال ۲۰۰۳ کاهش قابل توجهی داشته که نشان دهنده (PD) و تراکم لکه (NP) است. آن‌ها همچنین دریافتند تعداد لکه‌ها الگوی توسعه فضایی متراکم شهری است. بیشتر توسعه‌های جدید شهری در مناطق بین مناطق پراکنده شهری گسترش یافته و متمرکز شده‌اند. مناطق پراکنده به هسته‌های شهری متصل شدند. که با افزایش مستمر بزرگترین شاخص لکه و میانگین اندازه لکه در طی دوره تایید شد. طالبی امیری و همکاران (۱۳۸۸)، به تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز نکا با استفاده از متریکهای اکولوژی سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. اطلاعات راجع به تغییر انواع کاربری‌ها بر اثر گسترش شهری به عنوان اطلاعات کیفی و چگونگی تغییرات شکل و اندازه به عنوان توصیف‌گرهای کمی سیمای سرزمین می باشد (Weng, 2007) در مطالعه حاضر، تکنیکهای سنجش از دور به منظور آنالیز تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸ بوسیله تفسیر تصاویر TM و OLI و ارزیابی تغییر ساختار چشم انداز (سیمای سرزمین) با استفاده از FRAGSTATS (مگریگال و مارک، ۱۹۹۴) که یک بسته نرم افزاری تجزیه و تحلیل الگوی مکانی میباشد، بکار برده شد.

بر این اساس اصول اکولوژی سیمای سرزمین در شهر کرمانشاه می‌تواند به عنوان رهیافتی همه جانبه نگر در ارزیابی و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین استفاده شود. این رهیافت نه فقط مباحث اکولوژیک و زیستی را در ارزیابی و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین مطرح می‌کند بلکه به مباحث اقتصادی و جامعه شناسی نیز می‌پردازد و می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین‌هایی که از نظر زیست‌محیطی پایدارتر و از لحاظ زیبایی شناختی و فرهنگی مناسب ترند، کمک کند. اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند انواع سیمای سرزمین را ارزیابی کند و راهبرد مدیریتی مناسب‌تری ارائه دهد از این علم می‌توان به منظور حفاظت از کاربری‌های پایدار و کاهش ناپایداری در شهر استفاده نمود تا از تخریب و ساده شدن و تکه تکه شدن این الگوهای پیچیده جلوگیری شود. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی روند تغییرات ساختاری سرزمین شهری با کاربرد اصول و مفاهیم اکولوژیکی سرزمین و هدف فرعی پژوهش کمی سازی تغییرات ساختار سیمای شهری با استفاده از متریکهای سیمای سرزمین پایش روند پویایی الگوی مکانی شهر کرمانشاه با کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی تعیین میزان تکه تکه شدگی و از هم پاشیدگی سیمای شهری کرمانشاه می‌باشد. در همین راستا این فرضیه مطرح می‌گردد که متریکهای سیمای سرزمین با توسعه شهرنشینی تغییر می‌کند.

## ۱-۱. بررسی شکاف پیشینه پژوهش

با توجه به مطالعه پیشینه پژوهش و تئوری نظری مطرح شده طی سالیان سال در خصوص موضوع مورد مطالعه می‌توان این گونه بیان نمود که پژوهش‌های مطالعه شده در این رابطه دارای شکاف علمی در خصوص مطالعه الگوهای مکانی- زمانی تغییرات سیمای سرزمین و توسعه شهری است که با در نظر گرفتن چتر توسعه پایدار صورت نگرفته است به همین منظور این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است بر همین اساس با توجه به تئوری نظری موجود و تغییرات سیمای سرزمین و درک جامعه از رویکرد آینده‌نگری با نظر اجماع علمی چند متغیر اصلی به صورت کلی استخراج شده است، که ۱. کاربری اراضی ۲. متریکهای سیمای سرزمین (سیمای سرزمین در علوم محیط زیست، منطقه‌ای است با کیلومترها پهنا که مجموعه‌ای از اکوسیستم‌ها از قبیل جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، رود، دریاچه، اراضی انسان‌ساز و ... را در بر می‌گیرد. یک سیمای سرزمین ممکن است شامل تمامی و یا برخی از این اکوسیستم‌ها باشد) می‌باشد. که این متغیرها در دیدگاه‌های علمی افراد صاحب نظر مطابق با رویکرد پیشینه پژوهش بهره گرفته شده است.

- 1 Shape Metrics
- 2 Diversity Metrics
- 3 Edge Metrics
- 4 Area Metrics

## ۲-۱. ضرورت انجام کار

شهرها همچون موجودات زنده رشد می‌کنند و مدام دچار تغییر می‌شوند. لذا برای آگاهی از این تغییرات در طول سال‌های متوالی نیازمند به پایش این تغییرات در طول زمان هستیم. با توجه به اینکه تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا تنها در دهه‌های اخیر قابل دسترس است. لذا می‌بایست از تصاویر موجود که دارای قدرت تفکیک مکانی متوسط هستند، استفاده نمود. شهر کرمانشاه شاهد تغییرات بسیاری در چند دهه اخیر بوده است، بنابراین تکنیک‌های مورد استفاده جهت استخراج تغییرات در محدوده شهر کرمانشاه نیز خود چالش دیگری است که می‌بایست با توجه به قابلیت تصاویر، این تکنیک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و مناسب‌ترین تکنیک انتخاب گردد. همچنین مهاجرت و افزایش جمعیت و رشد فزاینده شهرها و منابع مسکونی و توسعه صنعتی، اراضی کشاورزی زیادی را به کام خود فرو می‌برد و پیامد آن تغییرات کاربری اراضی باعث بروز مشکلات فراوانی مانند دفع آبهای سطحی، افزایش خطر سیل، آلودگی آب و هوا در شهرهای بزرگ، رشد بی‌رویه شهرها و گسترش حومه نشینی، تخریب فضای سبز، متروکه شدن کشتزارها و در نهایت منجر به فقر و تخریب محیط زیست و مشکل در تامین نیاز نسل‌های آینده می‌گردد. بنابراین امروزه لزوم مدیریت تغییرات کاربری اراضی در جهت استفاده بهینه از اراضی موجود با حفظ منابع طبیعی و آثار تاریخی جهت مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی، بیش از پیش احساس می‌شود. با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین می‌توان ساختار فضایی سیمای سرزمین را کمی نمود. ایجاد ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین و درک بهتر فرایندهای اکولوژیک منجر به ارزیابی سیمای سرزمین، برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار خواهد شد.

## ۳-۱. رویکرد نظری

### ۳-۱-۱. اکولوژی سیمای سرزمین

علم مطالعه و بهبود روابط بین فرایندهای زیست‌محیطی در محیط‌زیست و اکوسیستم خاص است؛ که در انواع مقیاس‌های سیمای سرزمین، الگوهای مکانی توسعه و سطوح تحقیق و سیاست‌سازمانی انجام می‌گردد اکولوژی سیمای سرزمین به‌عنوان یک علم میان‌رشته‌ای در سازمان محیط‌زیست است، اکولوژی سیمای سرزمین ادغام روش‌های بیوفیزیکی و تحلیلی با دیدگاه انسانی و جامع در سراسر علوم طبیعی و علوم اجتماعی است. سیمای سرزمین مکانی ناهمگون جغرافیایی است که با تعامل لکه‌های متنوع یا اکوسیستم‌های مختلف، اعم از سیستم‌های خشکی زی و آبی‌های نسبتاً طبیعی مانند جنگل‌ها، مراتع و دریاچه‌ها به محیط‌های انسان تحت سلطه از جمله تنظیمات کشاورزی و شهری است (Emaresi et al, 2011).

### ۳-۲-۱. الگوی سیمای سرزمین

نحوه توزیع فضایی اجزا در سیمای سرزمین با اندازه‌ها و شکل‌های مختلف الگوی سیمای سرزمین نامیده می‌شود. ویژگی اصلی ترکیب و توزیع فضایی عناصر دو مشخصه این الگو می‌باشد. تعداد و تناوب نسبی (تکرار) اجزا در بستر سیمای سرزمین، ترکیب و نحوه قرارگیری آن‌ها در سیمای سرزمین توزیع فضایی نامیده می‌شود. تحلیل الگوی سیمای سرزمین، از طریق مطالعه اجزا و توزیع فضایی آنها در یک سیمای سرزمین از طریق شاخص‌ها و متریک‌ها امکان پذیر است. هدف این تحلیل‌ها رسیدن به نظم معنی دار بین بی‌نظمی ظاهری موزاییک‌های سرزمین و درک مکانیزم‌های موثر و کنترل کننده بر الگوهای سیمای سرزمین خواهد بود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴).

### ۳-۳-۱. متریک‌های سیمای سرزمین

توانایی برای تشریح کمی ساختار سیمای سرزمین، پیش شرط مطالعه عملکرد و تغییر ساختار در سیمای سرزمین است و متریک‌های مختلفی برای نیل به هدف، در اکولوژی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. مبنای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین، نقشه‌های کاربری اراضی، در سطح کلاس بوسیله نرم افزار FRAGSTATS می‌باشد. (مگریگال<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

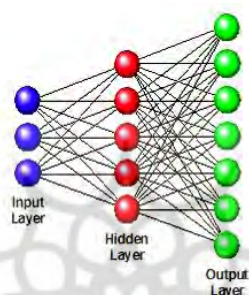
### ۳-۴-۱. انواع متریک

دو بعد اصلی ساختار یعنی ترکیب و توزیع فضایی به وسیله متریک‌ها اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه متریک‌ها به دو گروه اصلی، متریک‌های ترکیب و توزیع فضایی تقسیم می‌شوند. در ترکیب، تعداد، نوع و موجودی عناصر ساختاری بدون در نظر گرفتن پراکنش فضایی اندازه‌گیری می‌شوند. به عنوان نمونه تعداد و نوع پوشش اراضی و نسبت هر نوع پوشش از جمله متریک‌های ترکیب هستند. در واقع ترکیب سیمای سرزمین به گوناگونی و فراوانی نوع لکه‌ها و تنوع کلی انواع لکه‌ها بدون توجه به ویژگی یا آرایش فضایی

آن‌ها مربوط است. اگر چه متریک‌های ترکیب از لحاظ فضایی معنادار نیستند ولی آن‌ها همیشه اثرات فضایی مهمی را مشخص می‌کنند. بعد دیگر توزیع است که ویژگی‌های فضایی، آرایش، موقعیت یا جهت عناصر ساختاری سرزمین را نشان می‌دهند. فاصله از یک درختزار تا درختزار دیگر، شکل و پیچیدگی لکه‌های فضای سبز و گردآمدگی عناصر ساختاری مانند سطوح نفوذناپذیر از جمله ویژگی‌های مرتبط با توزیع فضایی هستند. متریک‌های توزیع مشخصه‌های مانند شکل لکه و فشردگی آن، فاصله بین لکه‌های مشابه (نزدیک ترین فاصله همسایگی)، گردآمدگی لکه‌ها و نوع لکه و درجه کنتراست در طول مرز لکه را اندازه گیری می‌کنند (کاوایی، ۱۳۹۴؛ نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴).

### ۳-۵-۱. الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه

انواعی از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه بندی کاربری اراضی وجود دارد (Wijaya, 2005). که از میان آنها شبکه عصبی پرسپترون چند لایه‌ای معمول‌ترین مدل برای طبقه بندی تصویر در سنجش از دور است. شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه‌ای (MLP)، اولین بار توسط روزن بلات در سال ۱۹۸۵ طراحی شدند (Yuan, 2002). هر شبکه عصبی از یک سری نرون و لایه تشکیل شده است (Feek et al., 2001) (شکل ۱).



شکل ۱. نمایی از شبکه مبتنی بر توابع پایه پرسپترون چند لایه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

### ۳-۶-۱. تعداد لایه‌ها و نرون‌های نهفته

نرون عنصر اصلی شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد و کوچ‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. نرون یک تابع محرک (تبدیل) ریاضی را برای پردازش اطلاعات بردار ورودی به کار می‌برد و یک بردار خروجی به عنوان نتیجه تولید می‌کند. (منهاج، ۱۳۷۹).

### ۳-۷-۱. سرعت یادگیری

یکی از پارامترهای موثر بر شبکه عصبی سرعت یادگیری<sup>۶</sup> می‌باشد. هنگامی که ارزش سرعت آموزش بسیار کوچک انتخاب شود، باعث افزایش زمان اجرای شبکه می‌گردد و انتخاب ارزش‌های بسیار بالا برای آن نتایج ضعیفی به دست می‌دهد. بنابراین پیشنهاد شده است که ارزش سرعت یادگیری بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ انتخاب شود (Yuan et al., 2005).

### ۳-۸-۱. تصحیح رادیومتریک

تصحیح رادیومتریک زمانی انجام می‌گیرد که از تصاویر چند زمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود (Du et al., 2002). در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره رنگ دارای تابش صفر در همه طول موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آنها صفر یا نزدیک به یک می‌باشد (مثل آب). (Chavez and Mackinnon, 1994).

۳-۹-۱. برآورد دقت<sup>۷</sup>

برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمولترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کل<sup>۸</sup>، دقت تولیدکننده<sup>۹</sup>، دقت کاربر<sup>۱۰</sup> و ضریب کاپا<sup>۱۱</sup> هستند (Lu et al., 2004). از نظرتئوری احتمالات، دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. چرا که در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کل از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر بدست می‌آید (علوی‌پناه، ۱۳۸۴):

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii}$$

در این رابطه

OA = دقت کل

N = تعداد پیکسل‌های آزمایشی

$\sum P_{ii}$  = جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا

به دلیل ایرادات وارده بر دقت کل، غالباً در کارهای اجرائی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود (بنیاد و حاجی قادری، ۱۳۸۶).

$$Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \times 100$$

که در رابطه بالا

$p_o$  = درستی مشاهده شده

$p_c$  = توافق مورد انتظار

دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند (بنیاد و حاجی قادری، ۱۳۸۶).

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100$$

و

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100$$

که در روابط فوق

PA = درصد دقت کلاس a برای تولیدکننده

ta = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a

ga = تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی

UA = درصد دقت کلاس a برای کاربر

7. Accuracy assessment
8. Overall accuracy
9. Producer's Accuracy
10. User's Accuracy
11. Kappa Coefficient

$n_1 =$  تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی

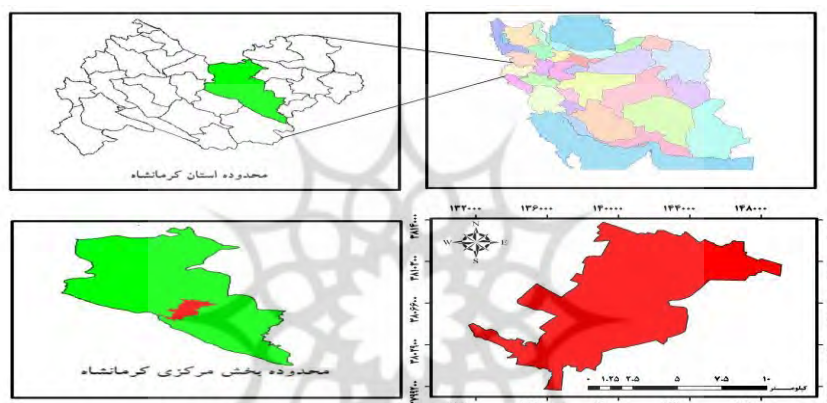
### ۳-۱-۱. طبقه بندی تصاویر

طبقه بندی نخستین کاری است که به وسیله مفسر انجام می‌شود و این روند بر اساس ظاهر و نمود جسم یا پدیده انجام می‌شود. بدین طریق، مفسر یک رده یا گروهی از اطلاعات را مشخص می‌کند. در این مرحله مفسر ابتدا وجود یا عدم وجود یک جسم یا پدیده را مشخص می‌نماید. این فرآیند، کشف و بازیابی<sup>۱۲</sup> نام دارد. پس از آن، شناسایی<sup>۱۳</sup> است که از راه آن، جسم یا پدیده به یک رده یا گروه خاصی اختصاص می‌یابد (علوی پناه، ۱۳۸۸).

### ۲. مواد و روش‌ها

#### ۲-۱. محدوده مورد مطالعه

شهر کرمانشاه که در مسیر جاده ابریشم قرار گرفته است در حال حاضر از اهمیت بسیار زیادی برای ارتباط با ایران به کشور عراق برخوردار است. محدوده مورد مطالعه محدوده طرح جامع شهر کرمانشاه است که دارای مساحتی برابر ۹۶۲۵/۵۵ هکتار می‌باشد و بین  $34^{\circ}15'55''$  الی  $34^{\circ}24'14''$  درجه عرض شمالی و  $46^{\circ}59'55''$  الی  $47^{\circ}10'56''$  درجه طول شرقی قرار دارد. شکل ۱ موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد (سرشماری نفوس و مسکن کشور، ۱۳۹۵).



شکل ۲. موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسنندگان، ۱۴۰۱)

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM مربوط به اردیبهشت ماه ۱۳۸۰ و سنجنده OLI مربوط به خرداد ماه ۱۳۹۸ استفاده شده است. همچنین از اطلاعات بازدیدهای میدانی و تصاویر Google Earth و نقشه‌ها جامع ۱:۲۰۰۰ شهر کرمانشاه استفاده شده است روش کار در تحقیق حاضر شامل مراحل زیر است:

#### ۲-۲. تصحیح هندسی

در این مطالعه، به منظور تصحیح هندسی، از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده از سازمان جغرافیایی ارتش استفاده گردید. در این مرحله اقدام به اعمال تصحیح‌های هندسی بر روی تصاویر شد و تصویر سنجنده OLI سال ۱۳۹۸ با استفاده از روش تصویر-وکتور، زمین مرجع شد. برای این کار از ۲۴ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب و در تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها و ... استفاده گردید، تا مدل ریاضی که برای پیدا کردن ضرایب مجهول در معادله مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای کمتری داشته باشد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده، از تابع درجه اول استفاده گردید و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیکترین همسایه استفاده و در نهایت سنجنده OLI با خطای RMS معادل ۰/۳۵ زمین مرجع گردید. تصحیح هندسی تصویر TM سال ۱۳۸۰ به روش تصویر به تصویر انجام گردید. بدین منظور تصویر ۱۳۹۸ بعد از تصحیح هندسی به عنوان مبناء در نظر گرفته شد. ابتدا نقاط کنترل انتخاب شدند، سپس نقاطی که دارای خطای زیادی بودند از جدول مربوطه حذف شدند و در نهایت با حذف ۷ نقطه کنترل زمینی، تصویر TM با ۳۵ نقطه کنترل با خطای معادل ۰/۳۲ تصحیح شد. به منظور تعیین تغییرات علاوه بر هم مختصات بودن تصاویر، باید ابعاد پیکسل‌های آنها نیز یکسان که در این تحقیق اندازه



همه پیکسل‌ها ۲۸/۵ متر است. در این مطالعه جهت تعیین نقاط واقعیت زمینی از برداشت زمینی، نرم‌افزار Google Earth، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ استفاده شده است.

در این مطالعه، از روش نمونه برداری تصادفی جهت طبقه بندی داده‌ها استفاده گردید. نمونه‌ها با توجه به بازدیدهای محلی از منطقه مورد مطالعه با استفاده از GPS تعدادی پلی گون به روش انتخابی از هر گروه از پوشش اراضی ثبت گردید. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد ضمن اینکه معرف خوبی برای طبقات مورد نظر باشد، از پراکنش خوبی نیز برخوردار باشد. با توجه به بازدید میدانی و بررسی عکس‌های هوایی مربوط به منطقه، مشاهده گردید که در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸، هفت طبقه کاربری اراضی مسکونی، کشاورزی، آب، فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع وجود داشته است. در تحقیق حاضر برای طبقه بندی از طبقه بندی نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه در استخراج تهیه نقشه ی کاربری اراضی در شهر کرمانشاه استفاده شده است. به منظور حذف پیکسل‌های منفرد و پراکنده در سطح تصویر طبقه‌بندی شده و همچنین بدست آوردن تصویر مطلوب و با وضوح بیشتر، از فیلتر پایین‌گذر نما در اندازه ۵×۵ پیکسل استفاده شد.

### ۲-۳. تعداد نرون‌های خروجی

تعداد نرون‌های خروجی برابر با تعداد طبقات تعلیمی (تعداد کاربری‌ها)، که در این مطالعه ۷ طبقه بود.

### ۲-۴. تعداد نرون‌های ورودی

در روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، تعداد ۶ نرون ورودی شامل ۶ باند طیفی در نظر گرفته شد. در این مطالعه با معرفی مقادیر مختلف سرعت یادگیری به شبکه، در نهایت میزان ۰/۰۱ به دلیل اجرای طبقه‌بندی با صحت بالاتر انتخاب گردید.

### ۲-۵. گشتاور ۱۴

این پارامتر منجر به کاهش نوسانات میشود، همچنین به فرایند همپوشانی داده‌های آموزشی و آزمایشی سرعت می‌بخشد. براساس مطالعات قبلی انجام شده توسط محققان، شبکه‌هایی با مقادیر ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۹ برای گشتاور مورد آزمون قرار گرفت و مقدار ۰/۵ برای شبکه انتخاب گردید.

### ۲-۶. میزان خطای قابل قبول

میزان خطای قابل قبول برای اجرای شبکه، از ۰/۰۱ تا ۰/۰۰۰۱ در نظر گرفته شد. انتخاب خطای بسیار کوچک امکان هم‌پوشانی نتایج را کاهش می‌دهد، بنابراین باید میزان خطا را در سطح قابل قبولی برای شبکه تعریف نمود. بعد از انتخاب پارامترهای مختلف و اجرای شبکه، نتایجی که از آموزش شبکه ایجاد می‌شود با نتایج دلخواه مقایسه می‌شوند. اگر نتایج دارای صحت مناسب و خطای قابل قبولی نباشد، دوباره شبکه به عقب بر می‌گردد و مجدداً نتایج جدیدی را محاسبه می‌کند که با نتایج دلخواه مقایسه می‌گردند. این کار آن قدر ادامه می‌یابد تا صحت اجرای شبکه بالا رود. در این مطالعه، ابتدا تکرارهای مختلف (از ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰) برای اجرای شبکه در نظر گرفته شد. با اجرای شبکه، بعد از ۱۰۰۰۰ تکرار صحت آن از ۸۶/۲۷٪ تا ۹۱/۷۶٪ متغیر بود که صحت قابل قبولی می‌باشد. بنابراین شبکه در این مرحله متوقف گردید. پارامترهای استفاده شده به منظور ایجاد شبکه بهینه برای طبقه‌بندی منطقه مطالعاتی در جدول ۱ آورده شده است. سپس با استفاده از این پارامترها که توانستند شبکه بهینه را ایجاد کنند، طبقه‌بندی بر روی تصاویر منطقه مطالعاتی اعمال و نقشه کاربری اراضی با ۷ طبقه تهیه شد.

#### جدول ۱. بهترین مقادیر پارامترها برای ایجاد شبکه بهینه در منطقه مطالعاتی

مقادیر بهینه	پارامترهای مورد استفاده در شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون
۶	تعداد نرون‌های ورودی
۶	تعداد نرون‌های مخفی
۷	تعداد گره‌های خروجی
۰/۰۱	سرعت یادگیری

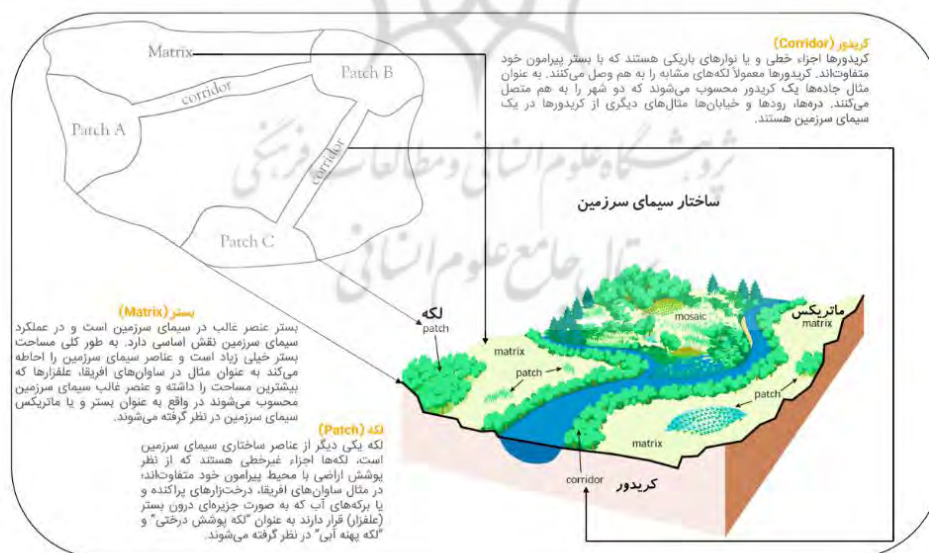
نرخ گشتاور	۰/۵
تعداد تکرار	۱۰۰۰۰
میزان صحت قابل قبول	۸۸/۲۸
میزان خطای قابل قبول	۰/۰۰۰۱

در این تحقیق از ۵ متریک سیمای سرزمین<sup>۱۵</sup>، به علت توانایی آنها در تفسیر ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری در سیمای سرزمین استفاده شده است. لیست متریک‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ آمده است. در جدول فوق، نتایج بررسی و مقایسه متریک‌های سیمای سرزمین در طی ۱۸ سال و دو دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ ارائه شده است.

جدول ۲. متریک های مورد استفاده در تحقیق

نام متریک	توضیحات
Class area	نسبت مساحت طبقه را در سیمای سرزمین
patch size Mean	میانگین اندازه لکه یک طبقه از لکه ها، واحد آن هکتار
Number of patches	تعداد لکه ها در واحد سطح
Edge density	محیط هر کلاس تقسیم بر سطح آن
Mean shape index	مجموع محیط لکه (متر) تقسیم ریشه مربع مساحت لکه برای هر لکه از نوع لکه مربوطه، تقسیم بر تعداد تکه از همان نوع لکه

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 چشم انداز اقدام شود. سه عنصر اصلی بستر، لکه و کریدور عناصر ساختاری سیمای سرزمین هستند، به این معنی که هر سیمای سرزمین از این سه عنصر اصلی تشکیل شده است. در واقع نحوه چیدمان و یا قرارگیری این عناصر ساختاری در کنار هم، در هر سیمای سرزمین منجر به ایجاد سیمای سرزمین‌های متفاوت و یا به بیان دیگر ایجاد الگوهای متفاوت در سیمای سرزمین ها خواهد شد. با شناسایی عناصر ساختاری سیمای سرزمین، ارتباط میان آن‌ها و تغییر این ارتباطات طی زمان، می‌توان در خصوص مدیریت و هدایت روند تغییرات سیمای سرزمین بهتر تصمیم گرفت به این معنی که تفاوت در ساختار سیمای سرزمین منجر به تفاوت در عملکردهای آن خواهد شد.

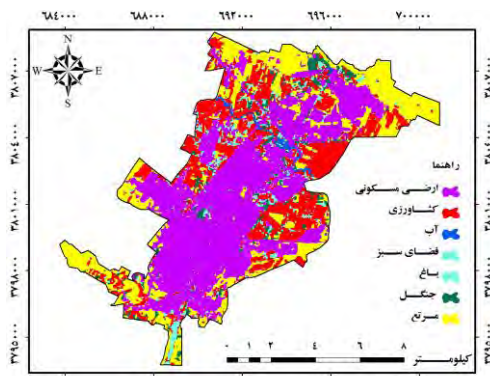


شکل ۳. ساختار فضایی سیمای سرزمین در این پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

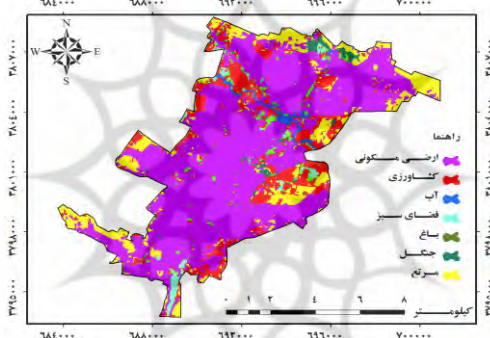
### ۳. نتایج

#### ۳-۱. طبقه بندی تصاویر و ارزیابی دقت

تصاویر چندزمانه استفاده شده در تحقیق پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک برای تهیه نقشه کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفته است. در ضمن، تعداد کاربری‌ها با توجه به تصاویر و نقشه‌های کاربری موجود و شرایط منطقه مورد مطالعه و بازدید میدانی برای تهیه نقشه کاربری اراضی به هفت کلاس تقسیم شده است که عبارتند از: اراضی مسکونی، کشاورزی، جنگل، مرتع، باغ، فضای سبز و آب (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۰ (منبع: نویسندهگان، ۱۴۰۱)



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۸ (منبع: نویسندهگان، ۱۴۰۱)

همانطور که مشاهده گردید تغییر کاربری شهر کرمانشاه به سمت کاربری انسان ساخت مصنوع و نیمه طبیعی در حال هدایت است این امر ممکن است به دلیل تحولات جمعیتی باشد و موجبات کاهش پیچیدگی اکوسیستم و کاهش تنوع سرزمین را فراهم آورد، در نتیجه ممکن است اکوسیستم را از حالت خودسامان خارج نماید. از آنالیز نتایج جدول ۳ می توان چنین نتیجه گرفت که: "اولاً"، مشاهده شد که بالاترین دقت تولید کننده، بالای ۹۸٪، مربوط به اراضی مسکونی و مرتع بوده است (برای دو دوره). این نشان دهنده قابلیت تفکیک طیفی بالا برای این کلاس ها است. دوماً، طبق نتایج مشاهده شد که پایین ترین دقت تولید کننده در مورد کلاس باغ بوده است. این کلاس با دقت تولید کننده ۸۲/۴۸٪ برای تصویر این منطقه طبقه بندی شده است (برای سال ۱۳۸۰). در ضمن مشاهده شد که بالاترین دقت استفاده کننده مربوط به کاربری های جنگل (سال ۱۳۸۰) و باغ (سال ۱۳۹۸) که ۱۰۰٪ طبقه بندی شده اند بوده است. پایین ترین دقت استفاده کننده در مورد طبقه فضای سبز بوده است. این کلاس با دقت استفاده کننده ۶۲/۹۲٪ برای تصویر این منطقه طبقه بندی شده است. دلیل این امر می تواند پیچیدگی یا نزدیکی مرزهای حاصل از مشابهت طیفی بالا با سایر کلاس ها و پیکسل های آمیخته در نمونه های تعلیمی و آزمایشی باشد.

#### ۳-۲. مقایسه طبقه بندی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی دو تاریخ، مساحت هفت کلاس کاربری اراضی به دست آمد. جهت مقایسه بهتر، تغییرات رخ داده در این دو دوره، در جدول ۴ و شکل ۵ ارائه شده است که نشان می دهد طی دوره زمانی (۱۳۸۰-۱۳۹۸) وسعت اراضی متعلق به فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع به ترتیب به میزان ۱۶۸۸، ۱۵۴، ۴۴۰ و ۱۸۱ هکتار، کاهش یافته و درحالی که اراضی مسکونی و آب با روند افزایشی به ترتیب برابر با ۲۱۶۷ و ۱۸۴ هکتار روبرو بوده اند. به بیان دیگر می توان گفت که در این دوره ۱۸ ساله درصد

## واکاوی تغییرات مکانی سیمای سرزمین... (درویشی و آرخي)

اراضی مسکونی از ۳۸/۶ در سال ۱۳۸۰ به ۶۱/۱ در صد در سال ۱۳۹۸ رسیده است. یعنی حدود ۱/۶ برابر افزایش یافته است، از طرف دیگر میزان درصد فضای سبز از ۲۰/۶ درصد در سال ۱۳۸۰ به ۳/۱ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است، یعنی بیش از ۶/۵ برابر کاهش یافته است. سایر کاربری‌ها هم به نسبت کمتر کاهش یافته‌اند که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن این کاربریها توسط اراضی مسکونی هستیم. از طرف دیگر اینکه، طی این دوره زمانی، میزان اراضی مسکونی روند صعودی داشته است که نشان دهنده افزایش جمعیت و همچنین افزایش فشار انسانی در عرصه مورد مطالعه است.

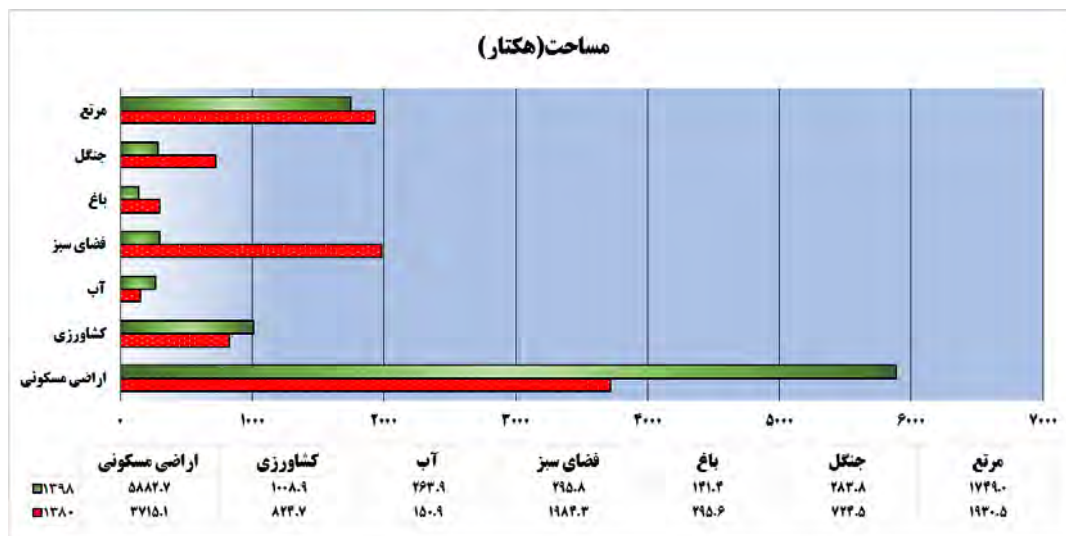
**جدول ۳. دقت طبقه بندی (%) تصویر سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸**

طبقه پوشش	OLI-۱۳۹۸		TM-۱۳۸۰	
	دقت استفاده کننده	دقت تولید کننده	دقت استفاده کننده	دقت تولید کننده
اراضی مسکونی	۹۹/۱۳	۱۰۰	۹۶/۰۷	۹۸/۰۴
کشاورزی	۸۷/۷۱	۹۲	۷۰/۵۸	۹۸/۸۸
آب	۹۵/۶۰	۵۲/۰۸	۷۹/۳۶	۹۶/۱۹
فضای سبز	۶۲/۹۲	۹۰/۱۶	۷۹/۱۵	۹۲/۱۳
باغ	۱۰۰	۹۹/۷۶	۹۴/۰۱	۸۲/۴۸
جنگل	۹۳/۲۳	۱۰۰	۱۰۰	۹۰/۷۶
مرتع	۹۹/۶۲	۱۰۰	۹۹/۳۱	۹۹/۵۴
دقت کل %	۹۶/۴۴		۹۴	
ضریب کاپا	۹۲/۱۷		۸۷/۵۰	

(منبع: منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

**جدول ۴. مساحت طبقه های مختلف کاربری‌ها و روند تغییرات آنها در سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸**

طبقه زمین	۱۳۸۰	درصد (%)	۱۳۹۸	درصد (%)	اختلاف (%)
	(هکتار)		(هکتار)		۱۳۹۸-۱۳۸۰
اراضی مسکونی	۳۷۱۵/۱	۳۸/۶	۵۸۸۲/۷	۶۱/۱	+۲۲/۵
کشاورزی	۸۲۴/۷	۸/۶	۱۰۰۸/۹	۱۰/۵	+۱/۹
آب	۱۵۰/۹	۱/۶	۲۶۳/۹	۲/۸	+۱/۲
فضای سبز	۱۹۸۳/۳	۲۰/۶	۲۹۵/۸	۳/۱	-۱۷/۵
باغ	۳۹۵/۶	۳/۱	۱۴۱/۴	۱/۵	-۱/۶
جنگل	۷۲۴/۵	۷/۵	۲۸۳/۸	۲/۹	-۴/۶
مرتع	۱۹۳۰/۵	۲۰/۱	۱۷۴۹	۱۸/۲	-۱/۹
مجموع	۹۶۲۵/۵	۱۰۰	۹۶۲۵/۵	۱۰۰	۰



شکل ۶. مساحت کلاس های پوشش اراضی در سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸ (منبع: منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۵. متریک های طبقه کاربری اراضی سرزمین انتخاب شده در سالهای مورد مطالعه

سال	متریک ها	مساحت طبقه (CA)	تعداد لکه ها (Nump)	متوسط اندازه لکه (MPS)	تراکم لکه ها (ED)	متوسط شاخص شکل (MSI)
۱۳۸۰	اراضی مسکونی	۳۷۱۵.۱۰	۴۶۸.۰۰	۹.۲۳	۳۷.۳۶	۱.۳۹
	کشاورزی	۸۲۴.۷۰	۳۸۸.۰۰	۱۹.۳۰	۶۲.۳۱	۱.۴۷
	آب	۱۵۰.۹۰	۹۲.۰۰	۱.۱۰	۶۲.۳۰	۱.۷۴
	فضای سبز	۱۹۸۴.۳۰	۴۳۴.۰۰	۰.۷۵	۱۶.۹۳	۱.۲۸
	باغ	۲۹۵.۶۰	۱۶۰.۰۰	۱.۲۲	۸.۳۲	۱.۳۱
	جنگل	۷۲۴.۵۰	۲۷۷.۰۰	۱.۲۴	۱۳.۳۶	۱.۲۲
	مرتع	۱۹۳۰.۵۰	۳۰۱.۰۰	۷.۳۳	۳۷.۳۳	۱.۴۰
۱۳۹۸	اراضی مسکونی	۵۸۸۲.۷۰	۲۳۰.۰۰	۲۷.۸۹	۴۱.۶۰	۱.۳۰
	کشاورزی	۱۰۰۸.۹۰	۳۲۲.۰۰	۶.۵۰	۳۹.۲۴	۱.۴۲
	آب	۲۳۶.۹۰	۳۸.۰۰	۳.۲۵	۸۷.۲۰	۱.۳۲
	فضای سبز	۲۹۵.۸۰	۴۹۶.۰۰	۰.۴۷	۱۳.۸۹	۱.۳۱
	باغ	۱۴۱.۴۰	۱۹۸.۰۰	۰.۹۵	۶.۳۷	۱.۳۲
	جنگل	۲۸۳.۸۰	۳۰۳.۰۰	۰.۵۵	۷.۲۰	۱.۳۲
	مرتع	۱۷۴۹	۳۶۱.۰۰	۳.۵۲	۳۰.۴۳	۱.۵۳

ساختار سیمای سرزمین حاکی از نحوه قرارگیری و توزیع اجزای سیمای سرزمین یعنی لکه‌ها در منطقه می‌باشد. متریک‌های سیمای سرزمین از جمله ابزارهایی هستند که ویژگی‌های ساختاری آن را به صورت عددی بیان می‌کنند. لذا بر همین اساس متریک‌های سیمای سرزمین و نقشه‌های کاربری اراضی در سطح مناطق شهر کرمانشاه به صورت جداگانه تهیه و بررسی گردیدند تا بدین وسیله وضعیت فضای سبز این شهر مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین وسیله مناطق شهر بر مبنای مساحت و درصد فضای سبز موجود، تعداد لکه‌ها، بزرگترین لکه، تراکم حاشیه و شکل سیمای سرزمین مقایسه گردید. یافته‌ها نشان می‌دهند که بیشترین مساحت کاربری فضای سبز به ترتیب در بخش جنوبی و شمالی شهر می‌باشد و این مناطق از وضعیت بهتری در این زمینه برخوردار می‌باشند. بیشترین تعداد لکه‌ها نیز در بخش مرکزی شهر می‌باشند که حاکی از پراکنش خوب فضای سبز در سطح منطقه است.

کاربری اراضی مسکونی، کلاس عمده چشم انداز در منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. مطالعه گویای افزایش میزان اراضی مسکونی از لحاظ درصد اشغال شده بوسیله چشم انداز، کاهش تعداد لکه‌ها و تراکم حاشیه طی دوره از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. این نشانگر کاهش گسستگی در کلاس اراضی مسکونی می‌باشد. برای نواحی کشاورزی، تعداد لکه‌ها عمدتاً به دلیل افزایش تقاضا برای تولید مواد غذایی و اسکان کاهش یافته است. براساس مطالب اشاره شده در بالا، مهمترین تغییرات مشاهده شده در منطقه مربوط به تعداد لکه‌ها و تراکم حاشیه است، که با کاهش مساحت کاربری‌ها در هر دوره میزان آنها افزایش یافته است، و درخصوص فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع منطقه به دلیل کاهش سطح پوشش این زمین‌ها در هر دو دوره، شاخص تعداد لکه با توجه به کاهش میانگین اندازه لکه به صورت افزایش یافته است. زیرا سیمای سرزمین با میانگین اندازه لکه کوچکتر، تخریب شده تر تلقی می‌شود. افزایش تعداد لکه‌ها نیز نشانه تجزیه و کاهش پیوستگی است. در ضمن، در هر چهار کاربری فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع تعداد لکه‌ها افزایش یافته است که نشان دهنده کاهش سطح اراضی فضای سبز، باغ، جنگل و مرتع و بروز تخریب در منطقه می‌باشد (جدول ۵).

### ۳-۳. پاسخ فرضیه

متریک‌های سیمای سرزمین با توسعه شهرنشینی تغییر می‌کند.

در ارتباط با کاربری شهری مساحت و درصد مساحت افزایش، تعداد لکه و تراکم لکه افزایش، شکل سیمای سرزمین افزایش یعنی کاربری پراکنده تر شده است، کل حاشیه و تراکم حاشیه افزایش، بزرگی لکه افزایش، میانگین فاصله اقلیدسی کاربری شهری کاهش، متریک پراکندگی کاهش، میانگین سطح لکه به میزان خیلی جزئی کاهش، چولیدگی لکه افزایش یافته است. در ارتباط با کاربری مرتع مساحت و درصد مساحت مرتع کاهش، تعداد لکه و تراکم لکه کاهش، شکل سیمای سرزمین کاهش یعنی فشرده تر و منظم تر شده است، کل حاشیه و تراکم حاشیه کاهش، بزرگی لکه کاهش، میانگین فاصله اقلیدسی افزایش، متریک پراکندگی افزایش، میانگین سطح لکه کاهش، چولیدگی لکه کاهش یافته است. در ارتباط با کاربری کشاورزی، مساحت و درصد مساحت کاربری کشاورزی افزایش، تعداد لکه و تراکم لکه کاهش، شکل سیمای سرزمین کاهش یعنی فشرده تر و منظم تر شده است کل حاشیه و تراکم حاشیه کاهش، بزرگی لکه افزایش، میانگین فاصله اقلیدسی افزایش، متریک پراکندگی افزایش، چولیدگی لکه به میزان کم افزایش یافته است. در ارتباط با کاربری آب می‌توان گفت درصد مساحت کاربری آب در حال کاهش، تعداد لکه و تراکم لکه کاهش، متریک شکل سیمای سرزمین آب افزایش یعنی بی نظم تر شده است، کل حاشیه و تراکم حاشیه کاهش، بزرگی لکه کاهش، متریک پراکندگی کاهش، میانگین سطح لکه افزایش یافته است.

### ۴. نتیجه گیری

متریک‌ها شاخص‌هایی هستند که خصوصیت شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را قابل تعریف و مقایسه کمی با عدد و رقم می‌کند. نتایج نشان داد، مقادیر متریک‌ها برای هر یک از کلاس‌ها در این بازه زمانی تغییر کرده است. یعنی اثرات توسعه و گسترش شهری بر روی شکل و اندازه سایر کاربری‌ها هم تاثیر گذار است. به طوری که با افزایش مساحت لکه، تعداد لکه و تراکم حاشیه کاهش می‌یابد، به عبارتی رابطه عکس با هم دارند. این تغییر تعداد لکه و تراکم حاشیه بر روی فرآیندهای اکولوژیک در شهرها تاثیر گذار است.

بررسی تغییرات وضعیت متریک درصد مساحت نشان می‌دهد؛ وسعت کاربری شهری در حال افزایش و کاربری کشاورزی جنگل و باغات کاهش داشته است. با بررسی این متریک می‌توان گفت کاربری‌های انسان ساخت افزایش و کاربری‌های طبیعی کاهش یافته است. افزایش کاربری شهری را می‌توان به دلایل افزایش جمعیت شهری و افزایش فشار انسانی و صرفه اقتصادی بیشتر فعالیت‌های عمرانی نسبت به نگه داری و حفاظت از فضاهای طبیعی همچون باغات، مرتع و... دانست. به عبارت بهتر از تعداد لکه‌های طبیعی کاسته شده و بر تعداد لکه‌های مصنوعی افزوده شده است. با توجه به مفهوم تعداد لکه هر چه تعداد لکه‌ها بیشتر باشد، پیوستگی طبقه مورد نظر کمتر خواهد بود. در بررسی انجام شده تعداد لکه شهری افزایش یافته در نتیجه پیوستگی آنها کاهش یافته است.

غالبیت لکه در هر دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸ با لکه شهری بوده یعنی بزرگترین لکه - همان طور که از جدول شماره ۵ مربوط به کاربری شهری می‌باشد و در مقام بعدی کشاورزی، جنگل و مرتع قرار دارد این در حالی است که مساحت کاربری کشاورزی در هر دو سال بیشتر است. روند تغییرات این

متریک در دوره زمانی مورد نظر به این صورت است که غالبیت لکه‌های کلاس شهری و کشاورزی افزایش و بزرگی لکه‌های کلاس جنگل و آب کاهش یافته است. کاهش شاخص بزرگترین اندازه لکه نشان دهنده تخریب در یکپارچگی پوشش اراضی است که برای کلاس‌های جنگل و مرتع مشاهده می‌گردد.

در تحقیق حاضر نیز برای تحلیل کمی تغییرات زمانی کاربری‌های شهر کرمانشاه در طی دو تاریخ ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸ و توزیع مکانی کاربری‌ها در طی این دوره ۱۸ ساله از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده شده است. نتایج حاصل از تغییرات زمانی تحقیق نشان می‌دهد که در این دوره ۱۸ ساله درصد اراضی مسکونی از ۳۸/۶ در سال ۱۳۸۰ به ۶۱/۱ در صد در سال ۱۳۹۸ رسیده است. یعنی حدود ۱/۶ برابر افزایش یافته است، از طرف دیگر میزان درصد فضای سبز از ۲۰/۶ درصد در سال ۱۳۸۰ به ۳/۱ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است، یعنی بیش از ۶/۵ برابر کاهش یافته است. سایر کاربری‌ها هم به نسبت کمتر کاهش یافته‌اند. همچنین نتایج حاصل از تغییرات مکانی کاربری اراضی مسکونی نشان دهنده افزایش میزان اراضی مسکونی از لحاظ درصد اشغال شده بوسیله چشم انداز، کاهش تعداد لکه‌ها و تراکم حاشیه طی دوره از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ می‌باشد.

نتایج بدست آمده از کاربرد متریک‌های مورد استفاده در این تحقیق نیز بیانگر کارایی متریک‌های مساحت طبقه، تعداد لکه، متوسط اندازه لکه، تراکم حاشیه و متوسط شاخص شکل در بررسی و تحلیل تغییرات است. با مقایسه و بررسی یافته‌ها می‌توان جمع بندی نمود که، اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند به عنوان یک رهیافت همه جانبه گر در طراحی سیمای سرزمین به کار گرفته شود. چنین رهیافتی می‌تواند به طراحی سیماهایی که از نظر زیست محیطی پایدارتر و از لحاظ زیبایی شناختی و فرهنگی مناسب ترند، کمک کند. این مطالعه گامی در جهت شناخت الگوی شهر کرمانشاه ارائه می‌دهد. توسعه این مطالعه برای فهم مکانیسم‌های شکل‌گیری الگوی سیمای سرزمین شهری چارچوب جامع تری از توجیهات سیاسی، اقتصادی-اجتماعی، اکولوژیکی و جغرافیایی را نیاز دارد.

وضعیت ساختار سیمای سرزمین منطقه‌ی مورد مطالعه در شرایط فعلی، به دلیل تخریب و تبدیلات گذشته به صورت اختلالی و بیانگر روند توسعه تخریب است. بنابراین با توجه به اینکه یکی از پیامدهای تخریب و تبدیل زمین‌ها در طی زمان افزایش اراضی بایر و تخریب فضاهای سبز است، بنابراین، تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین در این تحقیق بیانگر آثار فعالیت‌های انسانی بر تغییر سیمای سرزمین است و نتایج به دست آمده از آن اطلاعاتی را در راستای سیاست‌های مرتبط با کاربری سرزمین فراهم می‌کند، برای نمونه، طرح‌ریزی توسعه و سیاست‌های حفظ فضاهای سبز شهری. از سوی دیگر به دلیل پتانسیل نتایج به دست آمده از بررسی روند تغییرات سیمای سرزمین در تفسیر و پیشبینی وضعیت پوشش/کاربری اراضی، از نتایج به دست آمده می‌توان در ارزیابی سرزمین، مطالعات محیط زیست و برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه در حوزه‌های شهری به منظور بهره برداری مناسب و منطقی از منابع و کاهش تخریب منابع استفاده نمود.

#### پیشنهادات:

- تعیین متریک‌های سیمای سرزمین در غالب سناریوهای مختلف
- تعیین متریک‌های سیمای سرزمین در غالب پهنه‌ها و زیر پهنه‌های شهری
- تعیین کمربند سبز یا حریم جنگل برای جلوگیری از رشد بی رویه شهر
- تعیین علل و عوامل رشد شهری و جلوگیری از افزایش بی رویه آن

## ۵. فهرست منابع

۱. بنیاد ا و حاجی قادری طه. ۱۳۸۶. تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، مجله علوم آب و خاک، ۱۱، ۴۲، ۶۳۸-۶۲۷.
۲. حسن پور، پ، سیاح نیا، ر و اسماعیل زاده، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران، فصلنامه علوم محیطی، ۱۸، ۱، ۲۰۲-۱۸۷.
۳. طالبی امیری، شیما، آذری دهکردی، فرود، صادقی، سیدحمیدرضا، صوف باف، سیدرضا. ۱۳۸۸. تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز نکا با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین، فصلنامه علوم محیطی، ۳، ۶، ۱۳۳-۱۴۴.
۴. داز، بی بی سارا، غفاری گیلانده، عطا، عزیز، علی. ۱۳۹۹. تحلیل تغییرات فضای سبز شهر گرگان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲، ۵، ۱۶۷-۱۸۱.
۵. عباس زاده، سارا، برق جلوه، شهیندخت. ۱۳۹۷. برنامه ریزی ساختاری شبکه‌های بوم شناختی سامانه کالبدی (مورد مطالعاتی: سیمای سرزمین تهران)، فصلنامه علوم محیطی، ۱۶، ۳، ۱۸۱-۲۰۲.
۶. علوی پناه، سیدکاظم، احسانی، امیرهوشنگ، امید، پرویز. ۱۳۸۲. بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پیلایای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه و چندطیفی. مجله بیابان، ۹، ۱۴۳-۱۵۴.
۷. علوی پناه، سیدکاظم. ۱۳۸۸. اصول سنجش از دور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۸۰.
۸. جلیل، فرزاد مهر، حسین، ارزانی، علی اصغر، درویش صفت، محمد، جعفری. ۱۳۸۴. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه نیمه استپی حنا سمیرم)، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷، ۲، ۳۳۹-۳۵۰.
۹. کاویانی، آزاده، فرهودی، رحمت الله، رجبی، آریتا. ۱۳۹۴. تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم شناسی سیمای سرزمین. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۳(۴)، ۴۲۹-۴۰۷.
۱۰. مرکز آمار ایران، سرشماری نفوس و مسکن کشور. ۱۳۹۵. استان کرمانشاه. ۲۹۵.
۱۱. منهای، محمدباقر. ۱۳۷۹. مبانی شبکه های عصبی مصنوعی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۷۱۵.
۱۲. مرادی، عباس، تیموری، حسن، دژکام، صادق. ۱۳۹۴. پایش تغییرات فیزیکی سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۹، ۱، ۱۴۶-۱۲۶.
۱۳. نوحه گر، دکتر احمد، جباریان امیری، دکتر بهمن، افراخته، روشنگر. ۱۳۹۴. تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۵(۱۵)، ۲۱۴-۱۹۷.
14. Abdullah, S.A., Nakagoshi, N., 2006. Changes in Landscape Spatial Pattern in Highly Developing State of Seangor, Peninsular Malaysia. Journal of Landscape and Urban Planning, 77(3):263- 275.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.03.003>
15. Chavez, P.S.JR., Mackinnon, D.J., 1994. Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensed images, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60: PP. 571-583.  
<https://www.researchgate.net/>
16. Deng, J.S., Wang, K., Hong, Y. and Qi, J.G., 2009. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. Landscape and urban planning, 92(3), pp.187-198.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.001>



17. De Barros Ferraz, S. F., Vettorazzi, C.A., Theobald, D.M., Ballester, M.V.R., 2005. Landscape Dynamics of Amazonian Deforestation Between 1984 and 2002 in Central Rondonia, Brazil: Assessment and Future Scenarios, *Journal of Forest Ecology and Management*, 204(1):69-85.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.073>
18. Du, Y., Teillet, P.M., Cihlar, J., 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection, *Remote Sensing of Environment*, 82:PP. 123–134.  
[https://doi.org/10.1016/S00344257\(02\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S00344257(02)00029-9)
19. Emaresi G, Pellet J, Dubey S, Hirzel AH, Fumagal i L. 2011. Landscape genetics of the Alpine newt (*Mesotriton alpestris*) inferred from a strip-based approach. *Conservation Genetics* 12:41-50.  
<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1007%2Fs10592-009-9985-y>
20. Fang, S., George, Z., Gertner, G. Z., Sun, Z., Anderson, A.A., 2005. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 73, pp. 294–306.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.006>
21. Feek, D., Van Der, M., Steven, M., 2001. *Imaging Spectrometry*, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS: 111-113.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-306-47578-8>
22. Herold, M., Goldstein, N.C., Clarke, K.C., 2003. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86, pp. 286–302.  
[https://doi.org/10.1016/S00344257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S00344257(03)00075-0)
23. Lausch, A., Herzog, F., 2002. Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability, *Journal of Ecological Indicators*, 2(1-2):3-15.  
[https://doi.org/10.1016/S1470160X\(02\)00053-5](https://doi.org/10.1016/S1470160X(02)00053-5)
24. Lin, L., Li, M., Chen, H., Lai, X., Zhu, H., & Wang, H. 2020. Integrating landscape planning and stream quality management in mountainous watersheds: A targeted ecological planning approach for the characteristic landscapes. *Ecological Indicators*, 117, 106557.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106557>
25. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques, *INT. J. Remote Sensing*, 20 June, 2004, VOL 25 NO 12: 2365–2407.  
[DOI: 10.1080/0143116031000139863](https://doi.org/10.1080/0143116031000139863)
26. McGarigal, K., Cushman, S.A., 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](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html)  
<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
27. Richards, J.A., 1993. *An Introduction to Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag New York, Inc., Second Edition, 225 pp.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30062-2>
28. Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V., Jagadish, K.S., 2004. Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 5, pp. 29–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2003.08.002>
29. Šťastná, M., & Vaishar, A. 2020. Values of rural landscape: The case study Chlum u Třeboně (Bohemia). *Land Use Policy*, 97, 104699.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104699>
30. Weng, Y., 2007. Spatial changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and urban planning*, Vol. 81, pp. 341-353.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.009>
31. Wijaya, A., 2005. Application of multi-stage classification to detect illegal logging with the use of multi-source data. Master Thesis, ITC, The Netherlands.  
<https://www.semanticscholar.org/>
32. Yuan, H., 2002. Development and evaluation of advanced classification systems using remotely sensed data for accurate land-use/land-cover mapping, PhD Thesis, Department of Forestry, North Carolina State University.  
<http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/3829>
33. Yuan, F., Bauer, M.E., Heinert, N.J., Holden, G.R., 2005. Multi-level land cover mapping of the twin cities (Minnesota) Metropolitan area with multiseasonal land sat TM/ETM+ Data. *Geocarto International*, 20 (2): 5-13.  
[DOI: 10.1080/10106040508542340](https://doi.org/10.1080/10106040508542340)