مجله توسعه فضاهای پیراشهری
سال سوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰، پیاپی ۵
شاپای چاپی ۴۱۶۴-۲۶۷۶ شاپای الکترونیکی ۴۱۷۲-۲۶۷۶
20.1001.1.26764164.1400.3.1.1.5
مقاله پژوهشی
www.jpusd.ir

خزش شهر مراغه و تغییرات کاربری اراضی پیراشهر

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۹ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۵/۲۸

صفحات: ۱۸-۱

رسول قربانی؛ استاد گروه آموزشی برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
شهریور روستایی؛ دانشیار گروه آموزشی برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
پوران کرباسی؛ دانشجوی دکتری گروه آموزشی برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز ایران.

چکیده

توسعه شهرها از پدیده‌های مهم اقتصادی و اجتماعی است که تأثیرات زیادی بر عملکردهای سامانه‌های اکولوژیکی به‌جا می‌گذارد. امروزه رشد سریع شهرها و تسلط بیشتر بر محیط‌زیست، سبب شده تا تغییرات محیطی سریع‌تر و گسترده‌تر از قبل به وقوع بپیوندد. ازاین‌رو بررسی و تحلیل الگوی توسعه شهرها با استفاده از فنون سنجش‌ازدور و متریک‌های سیمای سرزمین نقش مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهرها و کاهش تخریب محیط‌زیست دارند. پژوهش حاضر نیز در این راستا به بررسی الگوهای رشد و توسعه شهر مراغه و اراضی پیرامونی آن پرداخته است تا راهکارهای اصلاحی برای بهبود فرآیندهای اکولوژیکی آن ارائه دهد. در همین زمینه، در ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، ۲۰۱۶ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه و در ادامه به‌منظور تحلیل تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI 5.3 و Arc Map و برای تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار FRAGSTATS و برای تعیین پراکندگی شهری از روش هلدرن استفاده‌شده است. نتایج حاصل از مدل هلدرن بیانگر این است که در فاصله سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ فقط ۳۴ درصد از رشد شهر مراغه ناشی از افزایش رشد جمعیت بوده و ۶۶ درصد مربوط به عوامل رشد فیزیکی و خزش شهری بوده است. در این راستا، روند تغییرات متریک‌ها نیز در دوره‌های زمانی مختلف دلالت بر تضعیف یکپارچگی در کاربری-ها،کاهش رشد درونی و افزایش خزش شهر مراغه بوده است؛ بنابراین نتایج تحقیق نشانگر انست که الگوی رشد شهر مراغه در دهه‌های أخیر از الگوی رشدی پراکنده و افقی ناموزون با تخریب زمین‌های باغی و حاصلخیز کشاورزی و جایگزین شدن آن‌ها با بافت محله‌های پراکنده و نامنسجم شهری و روستایی تبعیت نموده است.

واژه‌های کلیدی: خزش شهری، فضاهای پیراشهری، کاربری اراضی، مراغه.

[1]Poorankarbasi@gmail.com

نحوه ارجاع به مقاله:
قربانی، رسول. روستایی، شهریور. کرباسی، پوران. ۱۴۰۰. **خزش شهر مراغه و تغییرات کاربری اراضی پیراشهر.** مجله توسعه فضاهای پیراشهری. ۱(۵): ۱-۱۸.

مقدمه

رشد شهری یکی از فرایندهای توسعه شهری می‌باشد. اگرچه شهرها تنها سه درصد از سطح کره زمین را اشغال کرده‌اند (Sarvestani et al, 2011: 322). ولی با سرعت و مقیاس غیرقابل‌تصوری در اکثر کشورهای جهان در حال رشد و گسترش هستند (Sun et al, 2013: 410). این امر موجب بروز وضعیت هشداردهنده در همه کشورهای جهان مخصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه شده است (Vermeiren, 2012: 200). به‌گونه‌ای که علاوه بر نیروهای بازاری، واکنش دولت در برابر بازار نیز سبب خزش شهرها شده است (Street, 2007:133). خزش شهرها در کشورهای درحال‌توسعه و تأثیرات متعاقب آن در سیمای سرزمین تحت تأثیر فعل‌وانفعالات پیچیده عوامل ساختاری عملکردی مرتبط با رشد جمعیت، سیاست و توسعه اقتصادی هستند که از عوامل مهم تغییردهنده پوشش زمین به شمار می‌آیند (Tang et al, 2008: 2261; Matsushita et al, 2006: 242)؛ این تغییرات، تأثیرات بسیار زیادی بر روی اکوسیستم-ها به‌جا می‌گذارند (Randolph, 2004). بسته به‌شدت فشار و تغییراتی که بر اکوسیستم وارد می‌شود نتیجه‌ی آن تغییر سیمای سرزمین در طول زمان می‌باشد (Gökyer, 2013: 980). تغییرات بی‌رویه محیط اکولوژیکی موجب گردیده که دانشمندان با تلاش در جهت تبیین خدمات مختلفی که از عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی ناشی می‌شود، توجه تصمیم گیران و برنامه‌ریزان کلان را به لزوم حفاظت و توسعه هر چه بیشتر از این مواهب خدادادی جلب نمایند (امیر نژاد و عطائی سلوط، ۱۳۹۰)؛ بنابراین طراحی با رویکرد توسعه اکولوژیک، ابزاری جهت کنترل و هدایت توسعه شهر و فعالیت‌ها و ارتقای کیفیت محیط شهر به شمار می‌رود. دستیابی به هدف طراحی شهرها بر اساس رویکرد اکولوژیک به‌راحتی میسر نیست و باید در طی زمان به‌صورت تدریجی حاصل شود. برای دستیابی به چنین کمیت و کیفیت فضاهای باز و سبز در مناطق شهری می‌توان به مدل فورمن اشاره کرد در این مدل بر تناسب توزیع و ترکیب، پیوستگی و وسعت فضاهای سبز و باز به‌عنوان اجزای ساختاری سیمای سرزمین تأکید می‌شود (Forman, 1995, 133-142). بنابراین آگاهی از فرم فضایی و نحوه‌ی رشد شهر یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان موفقیت برنامه‌ریزان و مدیران شهری بوده و می‌تواند به بهبود محیط‌های شهری کمک شایانی نماید (شیخ‌گودرزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۳۵). آنالیز رشد شهری با در نظر گرفتن دو بعد الگو و فرآیند (به شکل ترکیبی) به درک چگونگی تغییر چشم‌اندازهای شهری، در طی زمان کمک می‌نماید. این درک شامل این موارد می‌باشد ۱) آگاهی از نرخ رشد شهری ۲) آگاهی از پیکربندی فضایی رشد شهری ۳) پی بردن به تفاوت بین رشد شهری مشاهده‌شده و رشد شهری مورد انتظار ۴) شناسایی ناهمخوانی، اختلاف فضایی و زمانی در رشد شهری ۵) اطلاع از میزان گسترش پراکنده است (معصومی، ۱۳۹۰: ۹۳)؛ بنابراین درک پویایی سیستم‌های پیچیده شهری و ارزیابی آثار توسعه شهری بر محیط‌زیست ازجمله مسائل پژوهشگران در زمینه مدیریت و حفاظت از محیط زیستی است. شهر مراغه ازجمله مناطقی است که جمعیت شهر آن طی ۳۰ سال اخیر (۱۳۶۵-۱۳۹۵) ۱/۷ برابر شده است. در مقابل مساحت این شهر رشد سریع‌تری از جمعیت آن داشته است. به‌گونه‌ای که ساختار شهر مراغه تحت تأثیر این ساخت‌وسازها دچار اختلال، آشفتگی و رشد لجام‌گسیخته، بی‌نظمی و از همه مهم‌تر تخریب و از بین رفتن محیط‌زیست گردیده است. بنابراین بروز تغییرات کمی و کیفی، سیمای سرزمین شهر مراغه و ادامه‌دار بودن این روند، باعث شکل‌گیری مسئله تحقیق گردید. لذا پژوهش حاضر باهدف آشکارسازی و ارزیابی تغییرات صورت گرفته در ساختار سیمای سرزمین شهر مراغه و بررسی کارایی متریک‌های سیمای سرزمین در تحلیل تغییرات

تدوین گردیده و به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال است که روند توسعه شهر مراغه در دهه‌های گذشته به چه صورت بود و چه تأثیری بر سیمای سرزمین و پیوستگی آن داشته است؟

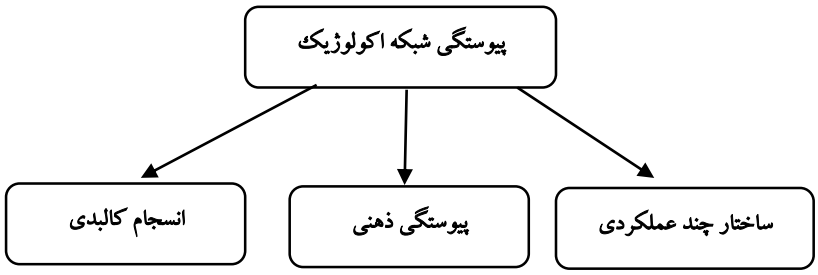
در این راستا دباروس فراز[1] و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین به بررسی روند تبدیل جنگل به مناطق شهری در روندونیا[2] برزیل پرداختند. که بیانگر نابودی کل زمین‌های جنگلی منطقه در صورت ادامه تغییرات تا سال ۲۰۲۰ بوده است. نتایج تحقیق توسط عبدالله[3] و ناکاگوش[4] در مالزی (۲۰۰۶)، با استفاده از متریک‌های غنای لکه، میانگین اندازه و تعداد لکه بیانگر تجزیه سیمای سرزمین در واکنش به توسعه سیماهای انسان‌ساخت بوده است. تغییرات الگوی سیمای سرزمین در واکنش به توسعه شهری، با استفاده از متریک‌های میانگین اندازه لکه، تراکم لکه، شاخص یکنواختی شانون، درصد سیمای سرزمین توسط ونگ[5] (۲۰۰۷) در ایالات‌متحده بررسی شد. ونگ و همکاران (۲۰۱۱)، به ارزیابی فضای سبز هنگ‌کنگ با استفاده از شاخص تکه‌تکه شدن و روش هشت متریک و PCA به تجزیه‌وتحلیل تکه‌تکه شدن فضای سبز پرداختند نتایج حاصل نشان می‌دهد با برنامه‌ریزی آینده فضای سبز شهری می‌توان پایداری را در شهرهای کوچک افزایش داد. لی و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی فضای سبز و شبکه جاده‌ها با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین پرداخته است. فضای سبز برای دو دوره برنامه‌ریزی‌شده که متریک‌های موردبررسی نشان می‌دهد تکه‌تکه شده است. ماگیدی[6] و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، خصوصیات مکانی - زمانی پراکندگی شهری در شهر تشوان را از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ بررسی کردند. تجزیه‌وتحلیل تغییرات نشان داد که در طی ۳۱ سال مناطق ساخته‌شده در این شهر ۱۰۹٪ افزایش‌یافته است.سوندا[7] و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم طبقه‌بندی بدون نظارت در منطقه شهری جواهر لعل نهرو[8] هند به این نتیجه رسیدند که از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴، منطقه شهری ۶/۵۸درصد کاهش‌یافته و از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۰ پوشش گیاهی و سطح پوشش سبز به میزان ۴/۸۱ درصد کاهش‌یافته و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ پوشش گیاهی به میزان ۰/۲۵درصد افزایش‌یافته است. ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)، از تصاویرماهواره‌ای لندست برای استخراج متریک‌های لبه منطقه، شکل، توزیع فضایی و تنوع سطح مناطق شهرستان چونگ کینگ استفاده کرده است. علاوه بر این، ۱۹ شاخص چشم‌انداز برای مقیاس‌بندی تکه‌تکه بودن سطح سرزمین و سطح کلاس استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد دلایل اصلی تغییر الگوی چشم‌انداز در منطقه بازگشت زمین‌های کشاورزی به پروژه جنگل، ساخت ذخایر طبیعی و توسعه شهرنشینی است. گیلانی و همکاران (۲۰۲۰)، توسعه شهر اسلام‌آباد پاکستان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طی سال-های ۲۰۱۶-۱۹۷۶موردبررسی قراردادند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد طی این دوره به دلیل رشد شهری پوشش جنگلی در حدود ۴۰ درصد کاهش‌یافته است. کوشواها[9] و همکارن (۲۰۲۱)، با استفاده از متریک‌های فضایی نشان می‌دهد که مناطق شهری دهلی هند تا حد زیادی تحت تأثیر محرک‌های اقتصادی، بیوفیزیکی، ژئوپلیتیکی و

1 - De Barros Ferraz
2 - Rondonia
3 - Abdullah
4 - Nakagosh
5 - Weng
6 - Magidi
7 -Sonde
8 -Jawaharlal Nehru
9 -Kushwaha

عملکردهای شهری قرارگرفته‌اند همچنین با استفاده از مدل زنجیره مارکوف به این نتیجه رسیدند که در صورت ادامه روند کنونی تا سال ۲۰۱۸ شهر در منطقه پیرامونی با شدت زیادی گسترش خواهد داشت. سفیانیان و همکاران (۱۳۸۹)، به‌منظور آنالیز تغییرات شکل و اندازه کاربری‌های اراضی شهر اصفهان از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که تغییر در خصوصیات مکانی در کارکرد اکولوژیک منطقه تأثیرگذار است و باید در برنامه‌ریزی سرزمین موردتوجه قرار گیرد. یوسفی و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان تناسب فضایی مکانی فضای سبز شهری در پارک‌های بیرجند با تأکید بر ترکیب مؤلفه‌های کمی و کیفی و با توجه به اصول اکولوژیک، با بهره‌گیری از قابلیت ارزیابی چندمعیاره و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به ارائه یک روش تحلیل تناسب فضایی مکانی فضای سبز شهری جهت برنامه‌ریزی کارآمد و بهینه پرداخته است. طاهری و همکاران (۱۳۹۴)، جهت بررسی توزیع فضای سبز شهر کرج از تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین استفاده کردند. نتایج این بررسی منعکس‌کننده این بود که نحوه‌ی ترکیب و توزیع فضایی فضای سبز به دلیل سیاست‌های غلط برنامه‌ریزان در مکان‌یابی و احداث پوشش فضای سبز، در شرایط مطلوبی نمی‌باشد. با توجه به پیشینه پژوهش هدف این مطالعه بررسی تغییر ساختار سیمای و کارایی متریک‌های سیمای سرزمین در تحلیل روندی تغییرات کاربری اراضی است.

سیمای سرزمین در برخی متون معادل چشم‌انداز یا منظر ترجمه‌شده است. درحالی‌که در علوم بنیادی محیط‌زیست (بوم‌شناسی) و دانش‌های کاربردی آن (برنامه‌ریزی محیط‌زیست و طراحی محیط‌زیست) این واژه به معنای سیمای سرزمین است (مخدوم و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۰۴). ماهیت سیمای سرزمین را عناصر ساختاری آن، یعنی سه عنصر اصلی بستر ، لکه و کریدور تعریف می‌کنند. لکه یکی از عناصر ساختاری سیمای سرزمین است. لکه‌ها، قطعاتی غیرخطی بود که ازنظر پوشش اراضی با محیط پیرامونی خود متفاوت‌اند (Forman & Godron, 1986: 98). آرایش مکانی موزاییک و شبکه‌ها، الگوی سیمای سرزمین را تشکیل می‌دهد (Burel & Baudry, 2003: 619). پیوستگی و اتصال نیز دو ویژگی مهم سیمای سرزمین می‌باشند که به‌خوبی ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین را شرح می‌دهند. در یک سرزمین، اتصال درجه ارتباط فیزیکی بین لکه‌ها را نشان می‌دهد و یک ویژگی ساختاری به شمار می‌آید. درحالی‌که پیوستگی، یک پارامتر عملکردی است و فقط به ساختار سرزمین وابسته نیست. ممکن است بین دو لکه ارتباط فیزیکی وجود نداشته باشد ولی از طریق عامل دیگری این ارتباط برقرار شود. به‌طورکلی پیوستگی نشان‌دهنده این است که سیمای سرزمین تا چه میزان موجب تسهیل یا مانع در برابر جریان انرژی، مواد معدنی، مواد مغذی، موجودات زنده و انسان‌ها در پهنه سرزمین می‌شود (مختاری و سیاح‌نیا، ۱۳۹۶: ۱۵). پیوستگی شبکه‌های اکولوژیک، اشاره به نظم سیستمی درونی و بیرونی و پیوند همه‌جانبه و چندبعدی با سایر لایه‌های شهر دارد. انسجام کالبدی، پیوستگی و امتداد طبیعتِ خارج شهر به درون آن، به‌وسیله راهکارهایی همچون کمربندهای سبز، گسترش لکه‌های سبز بزرگ یا بهره‌گیری از دالان‌هایی طبیعی چون رود دره‌ها و امتداد آن‌ها سبب پیوستگی فضاهای درون و بیرون شهرها می‌شود. از طرفی بااتصال لکه‌های سبز کوچک‌تر درون بافت شهرها به‌وسیله کریدورهای طبیعی و مصنوعی و همچنین جلوگیری از انقطاع دالان‌ها با گسترش و امتداد آن‌ها به سمت لکه‌های سبز می‌تواند شبکه سبز منسجمی را پدید آورد (Chicago Metropolitan Agency, 2016: 2). از جنبه کارکردی، زیرساخت‌های سبز از کارآمدترین روش‌های ممکن برای حل مشکلات اقلیمی و زیست‌محیطی ناشی از پوشش گیاهی محدود در شهرهای فشرده با تراکم بالای ساخت است (Yuhong et al, 2011). همچنین فضاهای باز و سبز نقشی حیاتی در شکل‌گیری تعاملات و

برخوردهای سازندهٔ اجتماعی ساکنین شهر ایفا می‌کنند (Tzoulas, et al, 2007: 169). علاوه بر این شبکه سبز این قابلیت را دارد تا با ایجاد کالبدی یکپارچه، از طریق انتظام در درون ترکیب خود و در ارتباط با سایر ترکیب‌ها، سبب فهم و ادراک یکپارچه از پدیده شبکه سبز شود. عناصر مفصلی شبکه سبز، چه طبیعی و چه مصنوعی، به‌مثابه نقاط عطفی هستند که شهر را خوانا کرده و مبنایی بر سازمان‌دهی سایر نقاط شاخص شهر واقع می‌شود (Al Hashemi et al, 2015). لذا انسجام درونی شبکه اکولوژیک نه‌تنها شبکه‌ای منسجم از نقاط عطف سبز را شکل می‌دهد بلکه با سازمان‌دهی سایر نقاط عطف و تعریف حریم‌های واصلِ کالبدی و ذهنی، زمینه را برای کنترل کیفیت مناظر شهری فراهم می‌آورد.



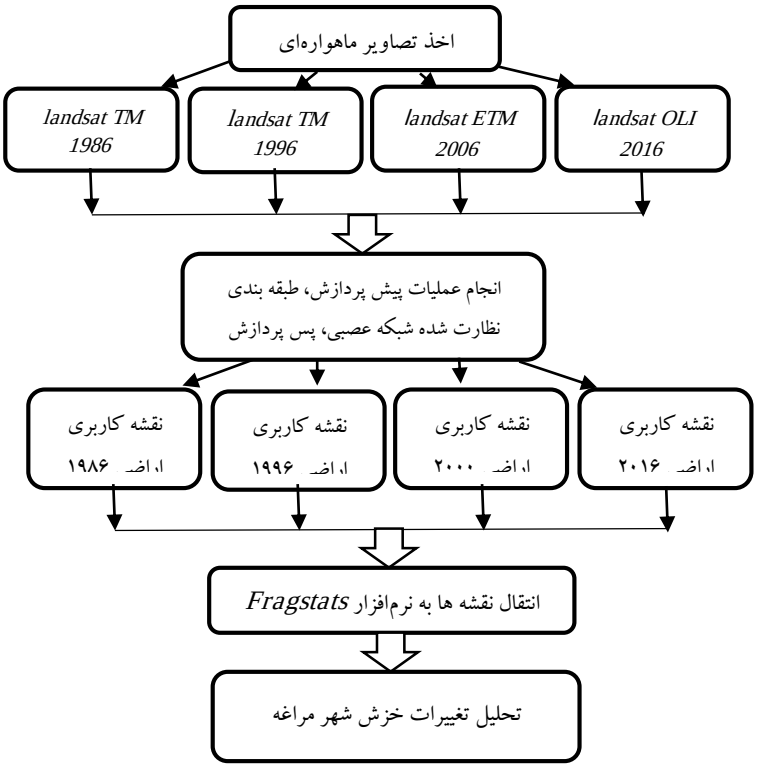
شکل ۱. مؤلفه‌های پیوستگی

متریک‌های سیمای سرزمین ابزار بسیار مناسبی برای بیان الگوی موزاییکی کاربری‌های شهری و تغییرات آن در ارتباط با فرایندهای شهرنشینی است و از آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با رشد شهر، توزیع کاربری‌ها و برنامه‌ریزی توسعه فضای سبز شهری می‌توان بهره برد (Botequilha & Ahren, 2002: 65). این متریک‌ها برای نزدیک کردن زبان برنامه-ریزان شهری و اکولوژیست‌ها اهمیت دارند. متریک‌ها ویژگی شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را تعریف شدنی کرده و به‌صورت کمی مقایسه می‌کنند (Herzog & Lausch, 2001: 37-38). متریک-های سیمای سرزمین در سه سطح لکه، طبقه و سیمای سرزمین محاسبه می‌شوند. در سطح طبقات، مجموعه‌های مربوط به طبقه‌ای خاص محاسبه می‌شود. درصورتی‌که متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین در کل محدوده محاسبه‌شده و برآیند ویژگی‌های لکه‌ها و طبقات‌اند (زبردست و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳).

روش‌شناسی

روش پژوهش حاضر ازلحاظ هدف در زمره تحقیقات کاربردی و ازلحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی است. این پژوهش به بررسی و تحلیل رشد و توسعه شهری مراغه باهدف پایداری شبکه‌های اکولوژیک شهر مراغه می‌پردازد. به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش در ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ میلادی، تهیه گردید به دلیل دسترسی به اطلاعات آماری مناطق پیرامون از چهار دوره زیر استفاده گردید. پس از انجام تصحیحات و عملیات پیش‌پردازش تصاویر، نقشه‌های کاربری اراضی بر مبنای روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی توسط نرم‌افزار Envi در پنج کلاس (اراضی ساخته‌شده، اراضی بایر، اراضی زراعی، آب و اراضی فضای سبز و باغات) طبقه‌بندی شد. به‌منظور بررسی صحت نقشه‌های به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، روش نمونه‌برداری تصادفی (نمونه‌های تعلیمی) به‌عنوان نقاط واقعیت زمینی (نقاط کنترلی) استفاده شد. در ادامه با نقاط کنترلی که از طریق تصاویر

گوگل ارث، نقشه‌های کاربری اراضی و تفسیر بصری جمع‌آوری‌شده‌اند، دقت طبقه‌بندی با استفاده از ماتریس خطا و پارامترهای آماری (صحت کلی و ضریب کاپا) محاسبه شد. سپس نقشه‌های تولیدشده برای اندازه‌گیری متریک‌های سیمای سرزمین برای تجزیه‌وتحلیل وارد نرم‌افزار Fragstats گردید.



جدول ۱. ویژگی تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در پژوهش

ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی	تاریخ تصویربرداری	ردیف	گذر
Landsat5	TM	۳۰	۱۹۸۶/۰۸/۴	۳۴	۱۶۸
Landsat5	TM	۳۰	۱۹۹۶/۰۸/۱۲	۳۴	۱۶۸
Landsat7	ETM	۳۰	۲۰۰۶/۰۸/۲۴	۳۴	۱۶۸
Landsat8	OLI	۳۰	۲۰۰۶/۰۸/۱۹	۳۴	۱۶۸

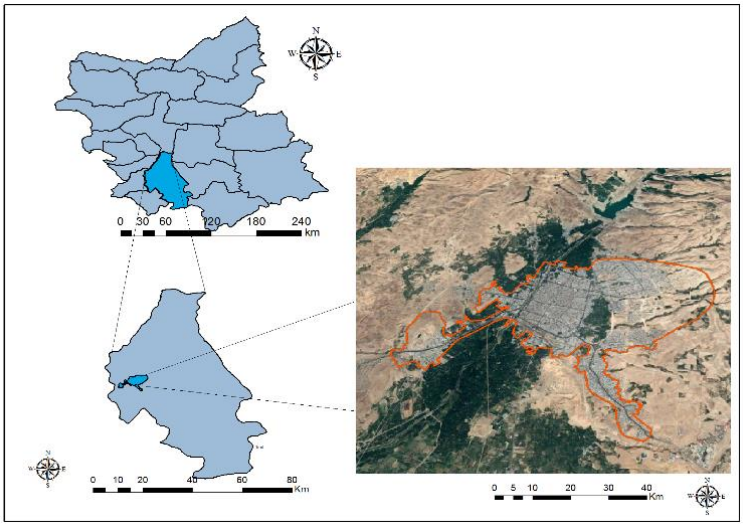
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

جدول ۲. متریک‌های مورداستفاده در تحقیق

متریک	نام متریک	دامنه تغییرات متریک	توضیحات
CA	Class Area	$CA = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}(\frac{1}{10000})$	نسبت مساحت طبقه در سیمای سرزمین
NP	Number Of Patches	$1 \leq NP \leq N_{max}$	تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین و یا کل تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص
LPI	Largest Patch Index	$LPI = \frac{MAX(a_{ij})}{A}(100)$	شاخص بزرگ‌ترین لکه
PLAND	Percent Of Landscape	$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}(100)$	درصد مساحت و پوشش
ED	Edge Density	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10000)$	محیط هر کلاس تقسیم‌بر سطح آن
LSI	Landscape Shape Index	$LSI = \frac{e_i}{min_{e_i}}$	شکل لکه در هر کاربری
MNN	Euclidian Mean Nearest Neighbor Distance	$MNN = \frac{\sum_{j=1}^{m} h_{ij}}{m}$	متوسط نزدیک‌ترین فاصله همسایگی
MPS	Patch Size Mean	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{n_i}(\frac{1}{10000})$	میانگین اندازه لکه
IJI	Interspersion Juxtaposition Index	$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^{m}[(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}})\ln(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}})]}{\ln(m-1)}(100)$	میزان پراکندگی و مجاورت
MESH	Effective Mesh Size	$MESH = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2}{A}(\frac{1}{10000})$	ارتباط و پیوستگی سیمای سرزمین
SHEI	Shannons Evenness Index	$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 \ln P_i)}{\ln m}$	یکنواختی شانون
CONTAG	Contagion		پیچیدگی
SHDI	Shannon S Diversity Index	$SHDI = -\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 \ln P_i)$	تنوع شانون
SIEI	Simpsons Evenness Index	$SIEI = \frac{1-\sum_{i=1}^{m} P_i^2}{1-(\frac{1}{m})}$	یکنواختی سمپسون

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

شهر مراغه با مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی در جنوب غرب استان آذربایجان شرقی واقع‌شده است. شهر مراغه از شمال به شهرستان تبریز؛ از شرق به شهرستان‌های بستان‌آباد، هشترود و چاراویماق؛ از غرب به شهرستان‌های اسکو، عجب‌شیر، بناب و ملکان؛ و از جنوب به استان آذربایجان غربی محدود می‌گردد. جمعیت شهر مراغه در سال ۱۳۹۵ در حدود ۱۷۵۶۰۰ نفر بوده است و مساحت شهر در حدود ۳۰۴۱/۷ هکتار می‌باشد. عدم تعادل بین رشد مساحت و جمعیت درهر دوره از رشد در این شهر باعث شده است که الگوی توسعه فضایی شهر مراغه از نوع الگوی گسترده و پراکنده باشد. به‌گونه‌ای که شهر از قسمت مرکزی به قسمت‌های خارج کمربندی، به‌ویژه بخش‌های شمال شرقی (شهرک ولیعصر) و غرب رودخانه صوفی چای، گسترش یافت. همچنین بافت روستایی واقع در جنوب شرقی و جنوب غربی شهر، یعنی روستاهای میکائیل آباد و پهرآباد که در مسیر راه‌های ارتباطی بین‌شهری هشترود و بناب واقع‌شده‌اند نیز به سمت شهر توسعه‌یافته و اراضی حدفاصل آن‌ها به زیرساخت و ساز غیرقانونی رفت. این رشد شهری، به‌صورت افقی باعث از بین رفتن مناظر طبیعی و باغات و جایگزین کردن آن‌ها با محله‌های مسکونی و ایجاد مناطق و...شده است.



شکل ۱. محدوده موردمطالعه منبع: طرح جامع شهر مراغه، ۱۳۹۰

یافته‌های پژوهش

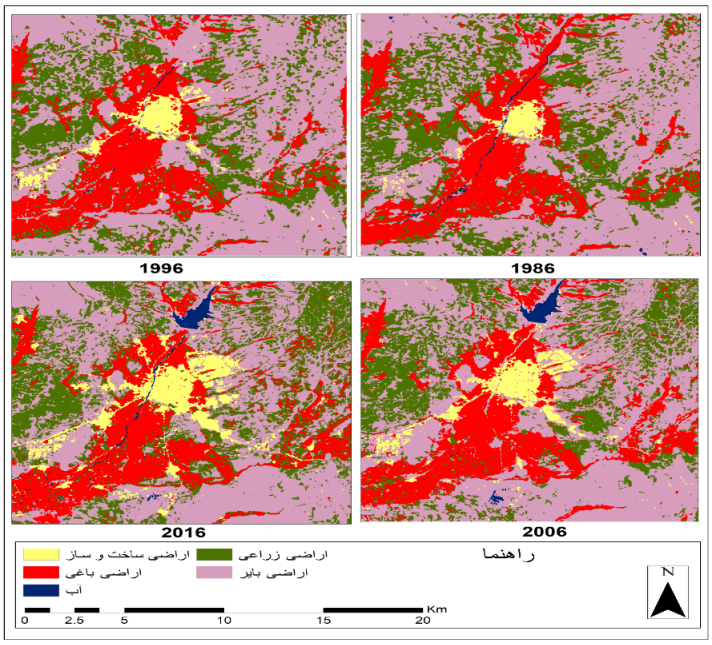
یافته‌ها در این پژوهش ابتدا در منطقه موردمطالعه پیش‌پردازش‌های لازم تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری روی تصاویر انجام گردید. سپس با بررسی میدانی و برداشت نمونه‌های تعلیمی، با توجه به پراکنش کاربری‌ها از لحاظ پوشش و کاربری اراضی در محدوده شهر مراغه، پنج کلاس کاربری به این شرح انتخاب شد: اراضی بایر، اراضی ساخت‌وساز، اراضی زراعی، اراضی باغی و فضای سبز وآب. سپس با استفاده از روش نظارت‌شده شبکه عصبی و عمل فیلتر حداکثر ۳*۳ بر روی تصاویر نهایی پردازش گردید درنهایت نقشه‌های کاربری پوشش زمین استخراج گردید. به‌منظور بررسی دقت طبقه-بندی، ابتدا ماتریس خطاها را تشکیل داده، سپس از دو شاخص دقت کل (overall accuracy) و ضریب کاپا (kappa coefficient) استفاده‌شده است. ماتریس خطاها، در جدول زیر نشان داده‌شده است.

جدول ۳. ضریب کاپا و دقت کل تصاویر

تصاویر	ضریب کاپا	دقت کل
۱۹۸۶	۰/۹۱۱۴	۰/۹۲۱۷
۱۹۹۶	۰/۹۰۲۲	۰/۹۱۶۳
۲۰۰۶	۰/۹۲۳۵	۰/۹۴۶۳
۲۰۱۶	۰/۹۴۵۳	۰/۹۵۲۹

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

با بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام‌شده بر روی نقشه‌های تغییرات کاربری در GIS جداول مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر اساس تصاویر طبقه‌بندی‌شده سال‌های متوالی منطقه به دست آمد. تغییرات اراضی منطقه نشان می‌دهد که در طی دوره ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ کلاس اراضی بایر با مساحت ۱۷۰۹۶ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۱۴۶۴۶ هکتار در سال ۲۰۱۶ کاهش پیداکرده است. اراضی ساخته و ساز که در سال ۱۹۸۶ حدود ۵۲۶ هکتار بوده، در پایان دوره به ۲۳۹۵ هکتار افزایش پیداکرده و اراضی باغی و فضای سبز با مساحت ۶۴۸۴ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۶۱۴۰ هکتار در سال ۲۰۱۶ کاهش پیداکرده است. اراضی زراعی با مساحت ۸۴۷۲ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۹۱۱۸ هکتار در سال ۲۰۱۶ افزایش‌یافته است. همچنین پیداکرده است. اراضی آب هم با مساحت ۱۱۵ هکتار در سال ۱۹۸۶ در سال ۲۰۱۶ به دلیل احداث سد به ۳۹۴ هکتار افزایش پیداکرده است (جدول ۴).



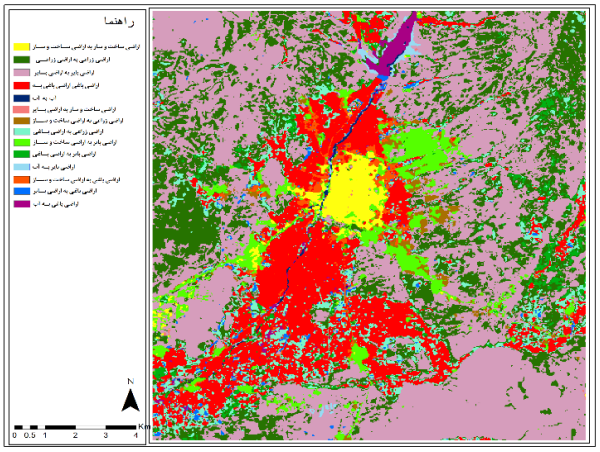
شکل ۲. تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، ۲۰۱۶

جدول ۴. تغییرات کاربری اراضی مراغه در سال‌های ۱۹۸۶–۲۰۱۶ (به هکتار)

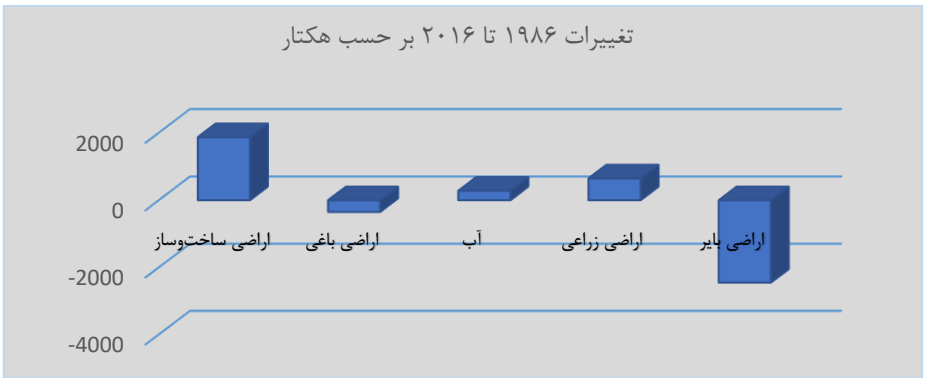
کاربری	(۱۹۸۶)	(۱۹۹۶)	(۲۰۰۶)	(۲۰۱۶)
اراضی ساخت‌وساز	۵۲۶/۸۶	۹۶۵/۸۸	۱۵۰۵/۰۴۸	۲۳۹۵/۸۴۵
اراضی باغی و فضای سبز	۶۴۸۴/۸۶	۶۴۲۷/۹۷	۶۳۶۰/۳۱	۶۱۴۰/۱۱۵
آب	۱۱۵/۰۲	۳۶/۸۱	۳۲۱/۰۵۲۵	۳۹۴/۴۵۵
اراضی زراعی	۸۴۷۲/۱۵	۸۱۴۰/۷۸	۸۴۶۷/۴۰۳	۹۱۱۸/۴۸۵
اراضی بایر	۱۷۰۹۶/۷۶	۱۷۱۲۴/۲۱	۱۶۰۴۱/۸۴	۱۴۶۴۶/۷۵

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

شکل (۲)، میزان تغییرات هر از کاربری‌ها را در بازه ۲۰۱۶–۱۹۸۶ نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها با استفاده از تابع پیوند (Union) لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی‌شده مربوط به کاربری‌های سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ بر روی همدیگر همپوشانی شده‌اند. با توجه به نمودار شماره ۱، اراضی ساخته‌شده بین بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۶ حدود ۱۸۶۸ هکتار افزایش، اراضی باغی و فضای سبز حدود ۳۴۴ هکتار کاهش، اراضی بایر حدود ۲۴۵۰ هکتار کاهش، اراضی زراعی حدود ۶۴۶ هکتار افزایش و درنهایت اراضی آب ۲۷۹ هکتار افزایش داشته است. اراضی ساخت‌وساز شده بر روی اراضی باغی و فضای سبز اطراف شهر گسترش‌یافته است.



شکل۳. تغییرات کلاس‌های کاربری اراضی به کلاس دیگر از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶



شکل ۴. تغییرات کلاس‌های کاربری اراضی به هکتار

یکی از روش‌های اساسی برای مشخص کردن رشد اسپرال شهری، استفاده از روش هلدرن است. با استفاده از این روش می‌توان مشخص ساخت که چه مقدار از رشد شهری ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد اسپرال شهری بوده است (حکمت نیا و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۲). در سال ۱۳۶۵ جمعیت شهر مراغه ۱۰۰۶۷۹ نفر با تعداد ۲۰۹۵۲ خانوار بوده است بنابراین بعد خانوار در سال ۱۳۶۵ معادل ۴/۸ نفر بوده است. در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر مراغه در حدود ۱۷۵۶۰۰ نفر و تعداد ۵۴۹۵۸ خانوار می‌باشد. بعد خانوار در سال ۱۳۹۵ معادل ۳/۱۸ نفر بوده است. همچنین جمعیت روستاهای حریم شهر مراغه در سال ۱۳۶۵ حدود ۱۶۳۶۶ نفر و ۲۷۸۹ خانوار و در سال ۱۳۹۵ جمعیت روستاها ۱۹۹۲۹ نفر و ۶۱۰۷ خانوار بوده است.

رابطه ۱)

$$Ln\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right)+Ln\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}}\right)=Ln\left(\frac{\text{مساحت شهر در پایان دوره}}{\text{مساحت شهر در آغاز دوره}}\right)$$

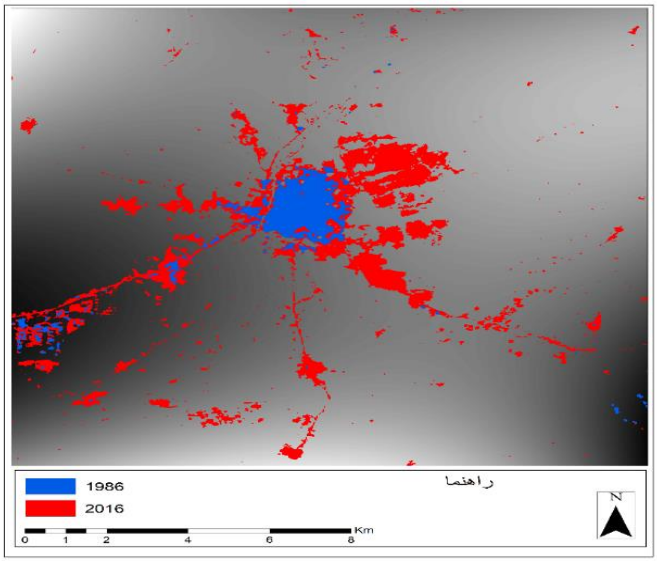
بر اساس جدول ۵ نتیجه حاصل از مدل هلدرن نشان می‌دهد که در فاصله مهروموم‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ رشد شهر مراغه ۳۴ درصد مربوط به رشد جمعیت بوده و رشد فیزیکی منطقه ۶۶ درصد بوده است. بنا بر نتیجه می‌توان گفت که رشد افقی و اسپرال منطقه ۵/۲۹ برابر رشد جمعیت بوده است که در طول زمان باعث تخریب اراضی باغی و فضای سبز منطقه مراغه شده است.

جدول ۵. محاسبه شاخص هلدرن برای تعیین میزان رشد پراکنده در منطقه مراغه

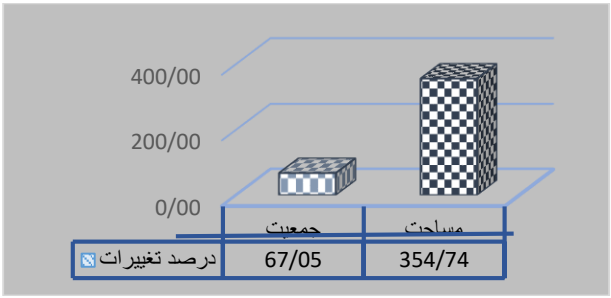
سال	جمعیت منطقه	مساحت ساخته شده	شاخص هلدرن
۱۹۸۶	۱۱۷۰۴۵	۵۲۶/۸۶	۰/۳۳۸۸۱۲+۰/۶۶۱۱۸۸=۱
۲۰۱۶	۱۹۵۵۲۹	۲۳۹۵/۸۴۵	

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

با همپوشانی کلاس اراضی ساخته‌شده طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۸۶ بر روی مدل رقومی ارتفاع (شکل ۵) به همراه نمودار ستونی درصد تغییرات جمعیت و مساحت (شکل ۶)، روند گسترش منطقه مراغه به‌صورت بصری استخراج گردید. بر اساس تصویر مشاهده می‌شود رشد ۵/۲۹ برابری مساحت منطقه مراغه نسبت به جمعیت منطقه موردمطالعه باعث شدت پراکنش شهری و رشد نامنظم روستاهای مجموعه در بستر اراضی زراعی و باغی شده است. این مسئله به‌خصوص در روستاهای منطقه موردمطالعه علویان، نوا، طالب‌خان، حاجی‌کرد، ورجوی و روستای تازه کند سفلی باعث رشد گسسته و خیزش روستاها در جهت پیوستگی با بافت شهر مراغه شده است. با خزش شهر مراغه و تسخیر بسترهای فضایی سکونتگاه‌های روستایی پیرامونی، مسائل شهری در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و فضایی کالبدی با ساختارهای روستایی ممزوج شده که نمود عرصه‌ای آن تغییر کاربری زمین‌های عرفی مناطق روستایی است. همچنین گسترش فضایی یا کالبدی شهر مراغه، باعث دست‌اندازی به زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی پیرامون شده است.



شکل ۵. تغییرات سطح کاربری اراضی ساخته‌شده برای نمایش شدت پراکنش شهری



شکل ۶. درصد تغییرات مساحت ساخته‌شده و جمعیت در مراغه

پس از طبقه‌بندی کاربری اراضی در شهر مراغه؛ کلیه تصاویر به محیط نرم‌افزار FRAGSTS وارد و متریک‌های سیمای سرزمین برای طبقه کاربری‌ها محاسبه گردید. برای آنالیز و درک متریک‌های سیمای سرزمین به آنالیز تنها یک شاخص اتکا نگردید بلکه به تجزیه‌وتحلیل دسته‌ای از متریک‌ها برای درک بهتر و توصیف دینامیک اکوسیستم‌ها و ساختار چشم‌انداز اقدام شد و مرتبط‌ترین متریک‌های چشم‌انداز، برای کل منطقه‌ی موردمطالعه و برای رده‌های که بیشترین تغییرات را داشتند بررسی و نتایج مقایسه متریک‌های سیمای سرزمین از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ بیان گردید. متریک CA نشان می‌دهد که مساحت اراضی ساخت‌وساز از ۵۲۶ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۲۳۹۵ هکتار در سال ۲۰۱۶ رسیده است و در میان کاهش چشمگیر اراضی باغی و فضای سبز از ۶۴۸۴ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۶۱۴۰ هکتار در سال ۲۰۱۶ مشاهده می‌شود. همچنین بر اساس متریک NP که تعداد لکه‌های یک کلاس معین را معین می‌کند و برای اندازه‌گیری میزان گسستگی کلاس‌ها متریک کار می‌رود. بررسی وضعیت تعداد لکه‌ها نشان می‌دهد بر تعداد لکه‌های کاربری اراضی افزوده‌شده است به عبارتی هر چه تعداد لکه‌ها بیشتر باشد، پیوستگی طبقه موردنظر کمتر خواهد بود. در بررسی انجام‌شده تعداد لکه شهری افزایش‌یافته درنتیجه پیوستگی آن‌ها کاهش‌یافته است.

جدول ۶. متریک‌های CA, NP از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

کاربری	CA (1986)	CA (1996)	CA (2006)	CA (2016)	NP (1986)	NP (1996)	NP (2006)	NP (2016)
اراضی ساخت‌وساز	۵۲۶/۸۶	۹۶۵/۸۸	۱۵۰۵/۰۴۸	۲۳۹۵/۸۴۵	۱۰۵	۱۷۳	۵۸۴	۸۱۵
اراضی باغی و فضای سبز	۶۴۸۴/۸۶	۶۴۲۷/۹۷	۶۳۶۰/۳۱	۶۱۴۰/۱۱۵	۴۷۸	۴۷۸	۷۱۲	۱۱۵۷
آب	۱۱۵/۰۲	۳۶/۸۱	۳۲۱/۰۵۲۵	۳۹۴/۴۵۵	۷۹	۵۲	۲۲	۶۹۸
اراضی زراعی	۸۴۷۲/۱۵	۸۱۴۰/۷۸	۸۴۶۷/۴۰۳	۹۱۱۸/۴۸۵	۱۶۴۰	۱۷۰۶	۲۹۵۳	۳۵۶۲
اراضی بایر	۱۷۰۹۶/۷۶	۱۷۱۲۴/۲۱	۱۶۰۴۱/۸۴	۱۴۶۴۶/۷۵	۶۹۶	۶۸۲	۱۸۲۸	۲۰۳۶

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

متریک PLAND واحد پایه برای نشان دادن ترکیب سیمای سرزمین است و نشان می‌دهد که چگونه یک سیمای سرزمین از یک نوع لکه ترکیب‌شده است. درصد مساحت اراضی ساخت‌وساز از ۱/۶۱ درصد به ۷/۳۳ درصد رسیده است. همچنین مساحت اراضی باغی و فضای سبز از ۱۹/۸۳۴ درصد به ۱۸/۷۸ درصد در سال ۲۰۱۶ کاهش‌یافته است. با بررسی این متریک می‌توان گفت کاربری‌های انسان‌ساخت افزایش و کاربری‌های طبیعی کاهش‌یافته است. متریک LPI نشان‌دهنده‌ی درصدی از کل مساحت منطقه است که توسط بزرگ‌ترین لکه اشغال‌شده است. همان‌طور که جدول شماره ۳ نشان می‌دهد غالبیت لکه در سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۶ مربوط به اراضی بایر می‌باشد همچنین روند تغییرات این متریک در دوره‌های زمانی موردنظر به این صورت است که غالبیت لکه‌های کلاس اراضی ساخت‌وساز افزایش و بزرگی لکه‌های کلاس اراضی باغی و فضای سبز و زراعی کاهش‌یافته است. کاهش شاخص بزرگ‌ترین اندازه لکه نشان‌دهنده تخریب در یکپارچگی پوشش اراضی است که برای کلاس‌های اراضی باغی و فضای سبز و زراعی مشاهده می‌گردد.

جدول ۷. متریک‌های PLAND, LPI از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

کاربری	PLAND (1986)	PLAND (1996)	PLAND (2006)	PLAND (2016)	LPI (1986)	LPI (1996)	LPI (2006)	LPI (2016)
اراضی ساخت‌وساز	۱/۶۱۱۴	۲/۹۵۴۲	۴/۶۰۳۲	۷/۳۲۷۷	۱/۱۴۴	۱/۷۱۷۷	۲/۸۸۸۲	۴/۴۰۱۸
اراضی باغی و فضای سبز	۱۹/۸۳۴	۱۹/۹۶۵۹	۲۱/۸۹۹۹	۱۸/۷۷۹۶	۱۰/۶۰۵۲	۱۱/۰۳۱۶	۱۱/۰۵۱۵	۸/۷۰۳۵
آب	۰/۳۵۱۸	۰/۱۱۲۶	۰/۹۸۱۹	۱/۴۲۰۵	۰/۰۵۷۵	۰/۰۳۹۶	۰/۷۰۹۸	۰/۶۹۷
اراضی زراعی	۲۵/۹۱۲۲	۲۴/۵۹۲۸	۲۳/۱۴۵	۲۷/۸۸۹	۶/۳۳	۳/۰۱۹۱	۵/۶۷۸۶	۴/۶۵۲۵

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

متریک LSI وقتی مقدار آن برابر با یک است نشان‌دهنده‌ی این است که سیمای سرزمین شامل یک لکه با حداکثر فشردگی است. درحالی‌که با افزایش پیچیدگی شکل لکه‌ها مقدار آن افزایش و کلاس مربوطه پراکنده‌تر می‌شود. میزان تغییرات این متریک نشان می‌دهد شکل سیمای سرزمین برای تمامی کاربری‌ها روند افزایشی داشته یعنی لکه‌ها پیچیده‌تر شده‌اند این روند بخصوص برای کاربری ساخت‌وساز به میزان ۲۷ درصد پراکندگی را نشان می‌دهد. نتایج تغییرات متریک تراکم حاشیه ED نشان می‌دهد که تراکم حاشیه لکه ساخت‌وساز به میزان ۱۴ درصد افزایش‌یافته است که نشانگر افزایش نفوذ کاربری ساخت‌وساز است.

جدول ۸. متریک‌های LSI, ED از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

کاربری	LSI (1986)	LSI (1996)	LSI (2006)	LSI (2016)	ED (1986)	ED (1996)	ED (2006)	ED (2016)
اراضی ساخت‌وساز	۹/۱۷۵۳	۱۳/۱۳۴۶	۲۲/۵۹۰۷	۲۷/۰۴۱۲	۲/۵۹۳	۵/۰۱۳۵	۱۰/۷۳۷۲	۱۶/۱۸۹۳
اراضی باغی و فضای سبز	۲۴/۵۹۰۳	۲۵/۷۵۱۴	۲۸/۶۱۳۸	۴۰/۷۵۱۲	۲۳/۹۲۲۴	۲۵/۱۲۹۹	۲۹/۴۰۹۹	۳۸/۸۵۹۸
آب	۱۲/۶۵۲۸	۹/۳۶۵۹	۱۳/۹۶۲۳	۲۷/۸۷۸۵	۱/۶۶۷۲	۰/۷۰۴۷	۱/۹۵۴۴	۶/۲۵۸۲
اراضی زراعی	۵۰/۲۶۳۸	۵۰/۳۹۱۳	۶۲/۶۴۱۴	۷۹/۳۲۲۶	۵۶/۰۴۵۱	۵۴/۶۳۹۴	۶۶/۴۳۵۴	۹۲/۳۳۹۸
اراضی بایر	۳۲/۷۹۹۳	۳۳/۳۲۰۷	۵۱/۷۳۲۷	۵۱/۹۳۹۸	۵۱/۱۷۷۵	۵۲/۱۶۹۳	۷۹/۸۲۱۲	۷۶/۲۳۶۷

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

متریک MPS تغییرات میانگین سطح لکه بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که میانگین سطح لکه در اراضی باغی و فضای سبز بیشترین کاهش را داشته یعنی تکه‌تکه‌تر شده است و بعدازآن اراضی بایر قرار دارد و به عبارتی در تمامی طبقات به میزان قابل‌توجهی با کاهش میانگین سطح لکه، با افزایش تکه‌تکه شدگی مواجه هستیم. متریک MNN نیز میانگین فاصله اقلیدسی از متریک‌های موردمحاسبه برای جدا افتادگی و مجاورت عناصر سیمای سرزمین است. همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌گردد، مقادیر این متریک در کلاس اراضی باغی و فضای سبز افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده‌ی افزایش فاصله و پراکنده شدن لکه‌های این کلاس و کاهش ارتباط اکولوژی آن‌ها و تکه‌تکه شدگی و ازهم‌گسیختگی در کلاس اراضی باغی و فضای سبز دارد. حال‌آنکه مقدار این متریک در کلاس ساخت‌وساز کاهش‌یافته که نشان از افزایش یکپارچگی دارد.

جدول ۹. متریک‌های MPS, MNN از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

کاربری	MPS (1986)	MPS (1996)	MPS (2006)	MPS (2016)	MNN (1986)	MNN (1996)	MNN (2006)	MNN (2016)
اراضی ساخت‌وساز	۵/۰۱۷۷	۵/۵۸۳۱	۲/۵۷۷۱	۲/۹۳۹۷	۳۷۹/۵۵۱	۲۹۱/۸۹۶۱	۱۳۰/۱۸۶۳	۱۴۰/۸۲۹۵
اراضی باغی و فضای سبز	۱۳/۵۶۶۷	۱۳/۶۵۶۸	۱۰/۰۵۶۶	۵/۳۰۶۹	۱۶۳/۴۳۱۹	۱۷۱/۱۳۳۹	۱۹۶/۰۹۵۸	۲۱۷/۸۹۰۱
آب	۱/۴۵۵۹	۰/۷۰۷۹	۱۴/۵۹۳۳	۰/۶۶۵۴	۳۶۳/۲۹۸۵	۵۰۹/۷۲۳	۸۰۴/۱۵۲۸	۹۱۵/۲۰۳۲
اراضی زراعی	۵/۱۶۵۹	۴/۷۱۳۲	۲/۵۶۲۶	۲/۵۵۹۹	۱۱۳/۳۲۷۱	۱۱۲/۳۸۱۲	۱۸۹/۱۹۷۳	۲۱۷/۱۷۱۶
اراضی بایر	۱۴/۵۶۴۳	۲۵/۱۰۸۸	۸/۸۳۰۳	۷/۱۵۹۵	۱۱۳/۸۹۶۶	۱۱۵/۲۹۳۹	۱۶۵/۵۲۰۲	۱۷۲/۶۲۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

متریک IJI شاخص پراکندگی و مجاورت میزان پراکندگی نسبی هر نوع کاربری را نشان می‌دهد. این شاخص علاوه برداشتن کارایی در خصوص انقطاع سرزمین می‌تواند در نواحی که توسعه شهری در تغییرات کاربری و پوشش اراضی وجود دارد به‌عنوان شاخصی از خزش شهری مطرح باشد. بررسی این شاخص نشان می‌دهد بالاترین مقدار این متریک در سال ۱۹۸۶ مربوط به اراضی ساخت‌وساز است یعنی اراضی ساخت‌وساز پراکندگی بیشتری دارد و در سال ۲۰۱۶ مربوط به کاربری کشاورزی است. روند تغییرات متریک MESH (ارتباط و پیوستگی لکه‌ها) در طی این دوره‌ها نشان‌دهنده نمایانگر افزایش ازهم‌گسیختگی و کاهش پیوستگی در اراضی باغی و فضای سبز و زراعی است. نبود ارتباط و پیوستگی مناسب و پایداری بین کاربری‌های طبیعی به علت ایجاد ساخت‌وسازهای جدید و بی‌رویه در سطح شهر و نبود گذرگاه ما و سبز راه‌هایی است، که مانع اتصال هرچه بیشتر این فضاهای سبز می‌شود. این ساخت‌وسازهای جدید بدون در نظر گرفتن و تجربه کافی به عواقب پیامدهای زیست‌محیطی آن در بلندمدت سبب ازهم‌گسیختگی و تخریب یکپارچه اراضی طبیعی شده که اثرات جبران‌ناپذیری بر وضعیت پایداری اکولوژیک شهر خواهد داشت.

جدول ۱۰. متریک‌های IJI, MESH از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

کاربری	IJI (1986)	IJI (1996)	IJI (2006)	IJI (2016)	MESH (1986)	MESH (1996)	MESH (2006)	MESH (2016)
اراضی ساخت‌وساز	۵۴/۲۹۰۳	۵۹/۹۹۰۶	۴۳/۸۹۳۴	۸۰/۰۱۳۷	۴/۳۰۸۹	۱۰/۱	۲۷/۷۹۶۷	۶۳/۹۸۶۳
اراضی باغی و فضای سبز	۴۱/۶۲۳۱	۶۳/۴۱۲	۶۵/۶۹۴۶	۶۶/۰۹۴۵	۴۲۰/۹۱۳۸	۴۲۳/۹۶۵۹	۳۱۸/۷۵۵۱	۲۶۸/۰۲۲
آب	۲۴/۵۵۹۱	۳۱/۵۰۷۲	۴۲/۲۵۵۶	۴۵/۳۵۳	۰/۰۲۲۳	۰/۰۰۶	۱/۷۵۷۴	۱/۷۱۱۷
اراضی زراعی	۴۳/۷۱۶۴	۴۴/۲۵۰۶	۶۴/۱۶۷۷	۹۱/۹۶۷۸	۱۷۶/۶۰۱۵	۱۷۸/۲۹۶۹	۱۵۷/۳۶۸۱	۱۲۸/۳۲۸۷
اراضی بایر	۴۵/۸۴۴۱	۵۰/۷۷۷۹	۶۳/۶۳۵۳	۶۸/۴۵۲۳	۱۸۹۵/۷۹۹	۱۷۵۹/۷۹۳	۱۶۵۳/۸	۱۴۳۳/۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

دامنه تغییرات شاخص SHEI بین ۰٫۶۸۱۱ تا ۰٫۷۹۶۷ می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش تنوع توزیع لکه‌ها در سیمای سرزمین است و دامنه تغییرات شاخص SIEI بین ۰٫۷۷۴۸ تا ۰٫۸۵۳۳ است که نشان‌دهنده افزایش تنوع سیمپسون لکه‌ها در سیمای سرزمین است. متریک CONTAG (یکپارچگی لکه‌ها) از ۵۳/۸۵۳۸ درصد به ۴۹/۰۳۹۲ درصد، کاهش‌یافته است که نشان‌دهنده کاهش میزان پیوستگی و افزایش تکه‌تکه شدگی آن در کل سیمای سرزمین است. متریک SHDI (تنوع شانون) نشان‌دهنده تنوع نسبی لکه‌ها در سطح سیمای سرزمین می‌باشد. این متریک در مقابل پیوستگی سیمای سرزمین قرار دارد. در پژوهش حاضر تنوع سیمای سرزمین از ۱/۰۹۶۲ به ۱/۲۸۲۳ رسیده است که روند کاهشی به میزان ۰/۱۸۶۱ را نشان می‌دهد. اگر نتایج حاصل از متریک‌های تنوع شانون بیشتر از یک باشد، پراکنش کپه‌ای و اگر برابر یک باشد، تصادفی و درصورتی‌که کمتر از یک باشد به‌صورت یکنواخت توزیع یافته‌اند، این شاخص در شهر مراغه بیشتر از یک می‌باشد که نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای می‌باشد.

جدول ۱۱. متریک‌های SHDI, SHEI, SIEI, CONTAG از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶

سال	SHDI	SHEI	SIEI	CONTAG
۱۹۸۶	۱/۰۹۶۲	۰/۶۸۱۱	۰/۷۷۴۸	۵۳/۸۵۳۸
۱۹۹۶	۱/۱۱۷۱	۰/۶۹۴۱	۰/۷۸۰۶	۵۲/۹۲۱۸
۲۰۰۶	۱/۲۰۶۹	۰/۷۴۹۹	۰/۸۱۵۶	۵۱/۰۴۱۸
۲۰۱۶	۱/۲۸۲۳	۰/۷۹۶۷	۰/۸۵۳۳	۴۹/۰۳۹۲

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

نتیجه‌گیری

شهرها به جهت ازدیاد جمعیت و همچنین تأثیرات متقابل فضایی و روابط عملکردی، همواره دگرگونی‌ها و تغییرات عمده‌ای را بر نواحی پیرامونی خود تحمیل می‌کنند. تخریب زمین‌های باغی و زراعی، گسترش حاشیه‌نشینی و بالأخص تغییرات کاربری اراضی حومه و نیز روستاهای حوزه نفوذ، ازجمله آن‌ها است که در این میان، شهر مراغه، از این قاعده مستثنی نبوده و در طول دهه‌های اخیر دستخوش تغییرات چشمگیری گشته است. نتایج حاصل از مدل هلدرن نشان می‌دهد که ۳۴ درصد از رشد شهر مراغه در فاصله زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ مربوط به رشد جمعیتی و ۶۶ درصد از رشد شهر درنتیجه عوامل دیگری همچون (بورس‌بازی زمین، واگذاری زمین در خارج از محدوده شهری از طریق تعاونی‌های زمین و مسکن و غیره) بوده است که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری در راستای پراکنش فضایی شهر شده است. مطالعات حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نیز نشان می‌دهد کاربری اراضی ساخته‌شده، در طول بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶، بیشترین تغییرات مساحت را داشته و به میزان ۱۸۶۸ هکتار افزایش‌یافته است درصورتی‌که اراضی باغی و فضای سبز در حدود ۳۴۴ هکتار کاهش‌یافته است. که این عوامل نشان‌دهنده رشد شهر مراغه و توسعه ساخت‌وسازها بر روی اراضی باغی و فضای سبزو زراعی می‌باشد. کاربری اراضی ساخت‌وساز نیروی محرکه تغییر است به‌طوری‌که بررسی متریک‌های سیمای سرزمین، نشان‌دهنده کاهش اندازه لکه‌ها، کاهش اندازه بزرگ‌ترین لکه، افزایش تعداد لکه‌ها، کاهش تنوع سیمای سرزمین، افزایش فاصله لکه‌ها، افزایش پیچیدگی و درمجموع کاهش ترکیب و توزیع فضایی متریک‌ها بیانگر کاهش میزان پیوستگی و افزایش تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین است.نتایج حاکی از این است که سیمای سرزمین شهر مراغه به‌مرور ریزدانه، پیچیده و ازنظر هندسی نامنظم‌تر شده و با کاهش پیوستگی ازهم‌گسیخته تر گردیده است. یافته‌های مذکور با نتایج با تحقیقات سفیانیان و همکاران (۱۳۸۹)، طاهری و همکاران (۱۳۹۴)، سان و همکاران (۲۰۱۳) و شی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. درمجموع نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که پیروی از الگوی توسعه درون‌زا (به‌واسطه وجود اراضی درون بافتی)، ایجاد فضاهای اتصالی- انفصالیِ سبز مانند حفاظت، احیا و توسعه به‌منظور انسجام کالبدی در ترکیب با عملکردهای متنوع شهری، حفاظت از باغات و اراضی پیرامون شهر، ترمیم گسستگی‌های اکولوژیک و ممانعت از پراکنده‌رویی شهری موجب بهبود پیوستگی ضمن ارتقا ساختار اکولوژیک شهر مراغه می‌توان پیوستگی، خوانایی، هویت مداری و یکپارچگی معنایی را در ذهن ساکنان آن ایجاد نمود و به شکل‌گیری شبکه‌های اکولوژیک شهری و درنتیجه به توسعه شهری پایدار یاری رساند.

برنامه‌ریزان و شهرسازان در راستای کاهش اثرات منفی الگوی پراکنش شهری، بر الگوهای بدیل ازجمله شهر فشرده، نوشهرسازی و رشد هوشمند تأکید نموده‌اند که عمده‌ترین ویژگی‌های آن‌ها عبارت‌اند از:

- تأکید بر شهرسازی نئوسنتی، با محوریت گسترش هر چه بیشتر کاربری‌های اختلاطی به‌جای کاربری‌ها و عملکردهای مجزا از هم، فضاهای دوستدار محیط‌زیست و عابرین پیاده، حمل‌ونقل عمومی، تمرکز فعالیت‌ها و عملکردهای شهری نه افتراق آن‌ها؛ ساخت مساکن و ساختمان‌های با تراکم بالا؛ محدود کردن شهرنشینی به سمت حومه‌ها؛ جلوگیری از ائتلاف زمین و سامانمند ساختن مطلوب عملکردهای شهری؛ و
- تأکید بر توسعهٔ میان افزا، یعنی ساخت‌وساز در زمین‌های خالی یا بکر مناطق شهری و حومه‌ای، چنان‌که ساخت مسکن، تسهیلات عمومی و تجاری در چارچوب مناطق توسعه‌یافته را در بر می‌گیرد. بازاستفاده از ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و فضاهای موجود؛ رونق بخشیدن به واحدهای همسایگی نامطلوب از طریق ایجاد فضاهای اجتماعی و ارتباطی؛ توسعهٔ بین بافتی، بهسازی ساختمان‌های تاریخی، حفاظت از عناصر نشانه‌ای و یا میدان‌های عمومی، ازجمله عناصر موردتوجه توسعهٔ میان افزا است.

منابع

- امیرنژاد، حمید، عطائی سلوط، کمال. ۱۳۹۰. **ارزش‌گذاری منابع زیست‌محیطی.** ساری: انتشارات آوای مسیح.
- حکمت‌نیا، حسن، موسوی، میرنجف. ۱۳۸۵. **کاربرد مدل در جغرافیا با تاکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای.** یزد: انتشارات علم نوین.
- زبردست، لعبت، یاوری، احمدرضا، صالحی، اسماعیل، مخدوم، مجید. ۱۳۹۰. **بررسی تغییرات ساختاری ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصله سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین.** مجله محیط‌زیست. صص ۱۱-۲۰.
- سفیانیان، علیرضا، مختاری، زهرا، خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین، ضیایی، حمیدرضا. ۱۳۹۲. **تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری(مطالعه‌ی موردی: شهر اصفهان).** مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی. شماره ۱. صص ۸۷-۱۰۴.
- شیخ گودرزی، مهدی، علیزاده شعبانی، افشین، ماهینی، عبدالرسول سلمان، فقهی، جهانگیر. ۱۳۹۰. **بررسی روند تغییرات پوشش/کاربری سرزمین حوزه آبخیز کرگانرود، با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین.** مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۴. صص ۴۳۱-۴۴۱.
- طاهری سرتشنیزی، فریدون، فقهی، جهانگیر، دانه‌کار، افشین، بابازاده خامنه، صدیقه. ۱۳۹۰. **کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در تحلیل گرادیان فضاهای سبز شهری (مطالعه موردی: منطقه ۳ شهرداری کرج).** مجله علوم ومهندسی محیط‌زیست. شماره ۲. صص ۲۳-۳۳.
- مختاری، زهرا، سیاح‌نیا، رومینا. ۱۳۹۶. **مبانی مطالعه و کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین.** تهران: انتشارات آوای قلم.
- مخدوم فرخنده، مجید، جعفرزاده، هورفر، مخدوم، عبدالرضا، درویش‌صفت، علی‌اصغر. ۱۳۹۱. **ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS** . تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- معصومی، محمدتقی. ۱۳۹۰. **آنالیز زمانی مکانی گسترش فیزیکی و رشد اسپرال شهری با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش‌ازدور و مدل‌های آماری،** مطالعه موردی: شهر اردبیل. مجله جغرافیا. شماره ۸۲ صص ۸۹-۱۰۶.
- یوسفی، الهام، صالحی، اسماعیل، قسامی، فاطمه، جهانی شکیب، فاطمه. ۱۳۹۳. **تحلیل وضعیت اکولوژیکی فضای سبز شهر بیرجند بر اساس متریک های سیمای سرزمین (با تاکید بر وضعیت پارک های محله‌ای و منطقه‌ای).** مجله فضای جغرافیایی. شماره ۴۶. صص ۹۵-۱۱۱.

- 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. Vol. 77. No. 3. PP. 263- 275.
- Al Hashemi, A. 2015. **Landscaping approach to urban infrastructure**, **Tehran water network development strategies as urban landscaping infrastructure**. PhD thesis in Architecture. Tehran, University of Tehran.
- Botequilha, A., Ahren, J. 2002. **Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Land-Scape Plannin.** Landscape and Urban Planning. Vol. 59. No. 2. PP. 65-93.
- Burel, F. 2003. **Landscape Ecology**. Boca Raton: CRC Press.
- Chicago Metropolitan Agency. 2016. **integrating green infrastructure: On to 2050 strategy paper**. Available from: http://www.cmap.illinois.gov. Accessed 2 November 2016.
- Ferraz, D.B.. Vettorazzi, C.A. Theobald, D.M., Balleste, 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. Vol. 204. No. 1. PP. 69-85.
- Forman, R. T. T. Gordon, M. 1986**. Landscape Ecology–John Wiley, New York, 619.**
- **Forman, R.T.T. 1995. some general principles of landscape and regional ecology**. Landscape Ecology. Vol. 10. No. 3. PP. 133-142.
- Gökyer E. 2013. **Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics**. INTECH Open Access Publisher.
- Hammad Gilani, H. Ahmad, S. Ahmed Qazi, W. Abubakar, S.M. Khalid, M. 2020. **Monitoring of Urban Landscape Ecology Dynamics of Islamabad Capital Territory (ICT), Pakistan, Over Four Decades (1976–2016)**. Land. Vol. 9. No. 4. PP. 1-23
- Herzog, F. & Lausch, A. 2001. **Supplementing land-use statistics with landscape metrics: Some methodological consideration**. Environmental Monitoring and Assessment. 72(1). 37- 45.
- Herzog, F. and Lausch, A. 2001. **Supplementing Land-Use Statistics with Landscape Metrics: Some Methodological Considerations**. Environmental Monitoring and Assessment, No. 72, 37-50
- Kushwaha, K. singh, M.M. singh, S.K. Patel, A. 2021. **Urban growth modeling using earth observation datasets, Cellular Automata-Markov Chain model and urban metrics to measure urban footprints**. Remote Sensing Applications: Society and Environment. Vol. 22.303-315.
- Liu T, Yang X, 2015. **Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery. GIS and landscape metrics**. Applied Geography. No. 56. PP. 42-54.
- Magidi, J. Ahmed, F. 2019. **Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015)**. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. Vol. 22. No. 3. PP. 335-346.
- PoojaSonde, P. Balamwar, S. Ochawara, RS. 2020. **Urban sprawl detection and analysis using unsupervised classification of high resolution image data of Jawaharlal Nehru Port Trust area in India.** Remote Sensing Applications: Society and Environment. Vol. 17.
- Randolph, J. 2004. **Environmental Land Use Planning and Management**. Washington: Island Press DC.
- Sarvestani, M. S. Ibrahim, A. L. Kanaroglou, P. 2011. **Three decades of urban growth in the city of Shiraz, Iran: A remote sensing and geographic information systems application**. Cities. Vol. 28. No. 4. PP. 320-329.
- Street, P. 2007. **Land market forces and governments role in sprawl. College of urban planning and public Affairs**. university of Illinois at Chicago. No. 7. PP.123-135.
- Sun, C. Wu, Z. Lv, Z. Yao, N. and Wei, J. 2013**. Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data**. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information. No. 21. PP. 409-417.

- Tang, J. Wang, L. Yao, Z. 2008. **Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: A comparison of two petroleum-oriented cities**. Landscape and Urban Planning. Vol. 78. No. 4. PP. 269-278.
- Tzoulas K. Korpela K. Venn S. Yli-Pelkonen V. Ka´zmierczak A. Niemela J. James P. 2007. **Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review**. Landscape and Urban Planning. Vol. 81. No. 3. PP. 167–178.
- Vermeiren, K. Van Rompaey An. Loopmans M. Serwajja, E. Mukwaya P. 2012. **urban growth of Kampala, Uganda: Pattern analysis and scenario development**. Journal of Landscape and Urban Planning. No. 106. PP. 199-206.
- Weng, Y.C. 2007. **Spatiotemporal Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization**. Journal of Landscape and Urban Planning. Vol. 81. No. 4. PP. 341-353.
- Yuhong, T. Jimb, C.Y. Yan, T. Shid. Tao, S. 2011**. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong**. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 10. No. 2. PP. 79–86.
- Zhang, Q. Chen. Ch. Wang, j. Yang, D. Zhang, Y. Wang, Z. Gao, M. 2020. **The spatial granularity effect, changing landscape patterns, and suitable landscape metrics in the Three Gorges Reservoir Area, 1995–2015**. Ecological Indicators. Vol. 114. PP. 1-15