جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال شانزدهم، شماره 56، بهار 1397

تحلیل الگوی رشد فضایی –زمانی شهرمراغه با استفاده از روش‌های متریک فضایی

علی شماعی[1]، حسن آهار[2]و سید اسحاق جلالیان[3]
تاریخ وصول: 1396/08/19، تاریخ تایید: 1397/02/30

چکیده

متریک‌های فضایی الگوهایی برای شناسایی و سنجش رشد فضایی- زمانی در برنامه ریزی شهری هستند. در این پژوهش معیارهای سنجش الگوی فضایی شامل وسعت لکه‌های شهری، محیط لکه‌ها یا قطعات، مجاورت و نزدیکی آنها، فاصله لکه‌ها با بزرگترین لکه یا لکه اصلی شهری، تعداد لکه‌ها، فضاهای خالی موجود در داخل لکه‌ها واندازه قطعه اصلی شهر بررسی شده است. روش پژوهشاکتشافی– تحلیلی است. داده و اطلاعات ازتصاویر ماهواره‌ای حاصل شده و از نرم افزارهای ENVI، ArcGIS و افزونه Patch Analyst برای تجزیه و تحلیل استفاده شده است. یافته‌ها و نتایج پژوهش نشان دادند که شاخص پیچیدگی قطعات نسبت به دوره‌های قبل روند افزایشی دارد، بطوری که شاخص AMWS از 1. 56 به 1. 84 و شاخص AWMPFD از 1. 25 به 1. 35 رسیده است. شاخص مرکزیت نیز در سال 1365 عدد به دست آمده 2. 14 بوده و در سال 1395 به 1. 12 کاهش یافته است و با به وجود آمدن قطعات جدید در اطراف شهر موجب کاهش مرکزیت شده است. از نظر شاخص فشردگی هم میزان آن کاهش یافته و تعداد قطعات ساخته شده شهری افزایش و پیچیدگی افزایش یافته است. از نظر تراکم شهری هم میزان تراکم در سال 1365، 333. 9 نفر در هکتار بوده که در دوره آخر به 55. 8 کاهش یافته است. بنابر این می توان نتیجه گرفت که الگوی رشد شهری بصورت افقی ناموزون با تخریب زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی و منابع طبیعی و جایگزین شدن آنها با بافت محله‌های پراکنده و نا منسجم شهری بوده است.

کلیدواژگان: الگوی رشد فضایی شهر، متریک‌های فضایی، رشد فضایی–زمانی شهر، شهر مراغه.

1- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی تهران ـ نویسند مسئول، shamai@khu.ac.ir.
2- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی تهران، ahar.hasan@gmail.com.
3- استادیار، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی 4697-19395، تهران، ایران.

مقدمه

شکل شهر یکی از شاخص‌های موثر در پایداری شهر است. هر فرم شهری به عنوان الگویی از توسعه فضایی شهر در دوره خاصی از تاریخ شهر است. چگونگی رشد شهری و گسترش افقی یا عمودی شهر (پراکنده یا فشرده) می‌تواند بر ساختار و کارکرد شهر موثر باشد. رشد شهر از نوع پراکنده رویی منجر به پیدایش ساخت و سازهای بدون برنامه و افزایش هزینه‌ها و مصرف منابع و موجب مسائل اجتماعی – اقتصادی و محیط زیستی از جمله، تخریب زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی در شهرها می‌شود (لطفی و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۹۳). شکل شهر تبلور حیات مدنی، فرهنگی، اقتصادی، تکنولوژیکی و مدیریتی شهر و فعالیت‌های جوامع شهری در فضا و زمان بوده، که در ترکیبی از ذهنیت و عینیت با ماهیتی ترکیبی حاصل تعامل آنها است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۴). برای تحقق مفهوم توسعه پایدار، پژوهشگران به موضوعات جدیدی مانند شکل شهر نگاه تازه‌ای دارند. براین اساس در چند دهه اخیر مدل‌های مختلفی برای سنجش و ارزیابی شکل فضایی شهرها ارائه شده است، که می‌توان به مدل‌های گری، موران، جینی، آنتروپی شانون، هلدرن و روش‌های مانند شیب تراکم، تراکم جمعیتی شهر در دوره‌های مختلف، تراکم ساختمانی و اخیرا متریک‌های فضایی اشاره کرد. نکته‌ای که باید در مورد استفاده از این روش‌ها و مدل‌ها مورد توجه قرار گیرد این است که در دو یا چند دوره زمانی نتایج مدل‌ها را باهم مقایسه کرد تا به صورت فضایی – زمانی تشخیص داد که فرم کالبدی شهر به سمت الگوی پراکنده و پراکنش افقی شهر در حال حرکت به سمت الگوی فشرده و متراکم است. روش‌های کمی به عنوان روشی برای طبقه بندی سیستماتیک و تحلیل مباحث توسعه فضایی – زمانی شهری ضروری است (زنگنه شهرکی، ۱۳۹۴: ۲). از موثرترین روش‌ها برای سنجش رشد و گسترش شهری، روش‌های متریک فضایی است. متریک‌های فضایی یکی از کارآمدترین روش‌ها برای درک ساختار، کارکرد و پویش سیمای سرزمین هستند و نقش محوری در یافتن راه حل‌ها و هدایت آینده شهر به سمت پایداری دارند (Jelinicki & Jianguo,1996,203).

این پژوهش توسعه فضایی – زمانی شهر مراغه را بر اساس متریک فضایی طی ۳ دهه اخیر مورد بررسی قرار داده است. تا از این گذر امکان هدایت و توسعه متعادل و متوازن شکل شهر در جهات مناسب برای برنامه ریزی های آینده فراهم می گردد. علی رغم اینکه تحولات جمعیت شهر مراغه مقاطع سرشماری موجود، حاکی از نوسان تغییر رشد شهری بوده، به طوری که جمعیت شهر مراغه طی۳۰ سال اخیر(۱۳۶۵–۱۳۹۵) ۱/۷ برابر شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) در مقابل مساحت این شهر رشد سریعتری از جمعیت آن داشته به طوری که مساحت آن در همین دوره ۵/۵ برابر گردیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵). این پژوهش با هدف سنجش رشد و گسترش شهر با استفاده از الگوی متریک‌های فضایی و نتایج شاخص‌های مختلف برای دستیابی به الگوی متعادل و متوازن شهر مراغه انجام گرفته است. این پژوهش در پاسخ به این سوال تلاش می‌کند: با توجه به معیارهای متریک فضایی الگوی شکل توسعه فضایی – زمانی شهر مراغه طی ۳۰ سال اخیر چگونه بوده است؟

مبانی نظری پژوهش

پایش جهات توسعه شهری و پیش بینی آن، اطلاعات پایه‌ای هستند که مدیران ، سیاستمداران، برنامه ریزان شهری برای طراحی، برنامه ریزی بلند مدت به آن نیاز دارند. متاسفانه نقشه برداری زمینی گران بوده و نیاز به زمان زیادی دارند و بیشتر شهرهای در حال توسعه فاقد این نقشه‌ها هستند. بدین منظور در بیشتر پژوهش ها، پایش رشد شهری از GIS و سنحش از دور استفاده می‌شود (Sudhira et al, 2004 , 33). امروزه تصاویر ماهواره‌ایی سنجش از دور به علت مزایای زیادی از قبیل هزینه و زمان بسیار کمتر، تکرار تصویربرداری، داشتن دید وسیع، قدرت تفکیک مکانی مناسب به طور گسترده در مباحث شهری استفاده می‌شوند (Donnay et al, 2003 , 211). GIS و سیستم‌های مدیریت پایگاه داده با قابلیت‌های نمایش، ذخیره سازی و آنالیز داده‌های رقومی به پایش، مدل سازی و پیش بینی اسپرال شهری کمک کرده‌اند

(Longley & Batty, 2000). مطالعات متعددی به منظور کمی کردن، اندازه گیری الگوها و تجزیه و تحلیل روند رشد شهری انجام شده‌اند. استفاده از ماتریس انتقال (Li & Yeh, 2004; Sunar: 1510, 1998; Madhavan et al, 2001 802 ,)، آمارهای فضایی (Torrens et al, 2000)، روش سلول‌های خودکار (White et al, 1999) و روش آنتروپی (Sun et al, 2007 , 231; Yeh & Xia, 2001, 88) و متریک‌های فضایی و سرزمین (Herold et al, 2005, 375) از جمله روش‌های متداول بررسی میزان تغییرات و رشد شهری بوده‌اند. متریک‌های فضایی خصوصیت شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری (لکه‌ها یا قطعات) را در بستر سیمای سرزمین قابل تعریف و مقایسه کمی می‌کند (Li, D. H. , 2001,525). معیارهای فضایی بکار برده شده در اینجا، نمایه‌های کمی هستند که ویژگی‌های فیزیکی موزائیک چشم‌انداز را نمایش می‌دهند. هفت معیار فضایی، پنج بعد شکل شهر، یعنی، فشردگی، تمرکز، پیچیدگی، تخلخل و تراکم را نشان می‌دهند. در حقیقت در روش متریک‌های فضایی، باید لکه‌ها و قطعات یک شهر یا یک مجموعه شهری از روی تصاویر ماهواره‌ای جدا از سایر کاربری‌ها جدا کرده و به توجه به نوع متریک و معیارهای در نظر گرفته، اندازه کمی و عددی متریک‌ها را برای سالهای مختلف محاسبه کرد و بر اساس اعداد به دست آمده استنباط نمود که در هر کدام از متریک‌های فضایی شهر مورد نظر چه تغییراتی داشته است (Huang Jingnan , 2007,4).

مهم‌ترین معیارها برای بررسی انواع مختلف متریک‌های فضایی عبارتند از :

وسعت یا مساحت لکه‌ها

محیط لکه‌ها یا قطعات

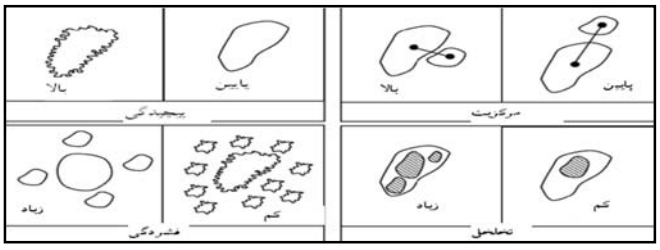
مجاورت و نزدیکی تمام قطعات با یکدیگر

فاصله لکه‌ها با بزرگترین لکه یا لکه اصلی

تعداد لکه‌ها و قطعات

فضاهای خالی موجود در داخل لکه‌ها

اندازه لکه یا قطعه اصلی شهر



شکل ۱: شماتیک معیارهای فضایی، ماخذ: (زنگنه شهرکی، ۱۳۹۰)

معیارهای فضایی

مهمترین معیارهای فضایی که در این پژوهش برای بررسی واندازه‌گیری میزان پراکنش و گسترش فضایی شهر مراغه مورد مطالعه قرار گرفته است عبارتند از:

پیچیدگی

این شاخص بی نظمی شکل قطعات رااندازه گیری می‌کند. دو معیار پیچیدگی بکار برده شده عبارتند از : تشخیص میانگین مساحت وزن داده شده[۱] و بعد میانگین مساحت وزن قطعه[۲] که این معیارها، بی نظمی شکل قطعات را نمایش

۱- AWMSI:Area weighted mean shape index.

۲- AWMPFD : area weighted mean patch fractal simension.

می‌دهند. زمانی که مقدار آن زیاد باشد، یعنی اشکال نامنظم تر هستند (رابطه ۱). معیارهای بعدی به طور عمده نا همواری(دندانه داربودن) محدوده شهر را توضیح می‌دهند (Huang Jingnan , 2007: 196).

رابطه (۱):
$$\frac{\sum_{1}^{n} P_i \sqrt{s_i}}{N} * \frac{S_i}{\sum^{n} s_i}$$

که در آن S_i مساحت منطقه I، pi محیط منطقه I و N تعداد کل مناطق می‌باشد.

روش دوم برای محاسبه پیچیدگی قطعات و لکه‌های شهری شاخص بعد فراکتال میانگین مساحت وزن قطعه[۱] است (رابطه ۲).

رابطه (۲):
$$\frac{\sum^{n} 2 \ln 0.25\ p_i / \ln s_i}{N} * \frac{si}{\sum_{1}^{N} si}$$

مرکزیت

در مطالعه گلاستر و دیگران (۲۰۰۱)، مرکزیت درجه‌ای است که توسعه شهر نزدیک به بخش تجاری مرکزی(CBD) است. به طور مشابه شاخص مرکزیت در این پژوهش میانگین فاصله بخش‌های جدا افتاده را از بخش مرکزی شهر، که به عنوان مرکزبزرگترین قطعه تعریف شده است، اندازه می‌گیرد. برای کمینه ساختن تورش مقیاس شهر، میانگین فاصله به شعاع یک دایره با مساحت کل شهر تقسیم شده است. بنابراین مرکزیت در این پژوهش شکل کلی شهر رااندازه گیری می‌کند که آیا کشیده است یا دایره‌ای. زمانی که شاخص مرکزیت بالا باشد بدین معنی است که شکل شهر کشیده است و بر عکس. مرکزیت را می‌توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد (رابطه ۳):

رابطه (۳):
$$\frac{\sum_{i=1}^{N-1} D_i / N - 1}{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D_i / N - 1}{\sqrt{s/\pi}}$$

در این فرمول Di فاصله مرکز قطعه i تا مرکز بزرگترین قطعه، N تعداد قطعات R شعاع دایره‌ای به وسعت قطعه si و s مجموع مساحت کل قطعات می‌باشد. در حقیقت در این فرمول قصد دارد میانگین فاصله قطعات با همدیگر و فاصله انها با قطعه اصلی را بسنجد (Huang Jingnan , 2007, 192).

میانگین‌اندازه لکه (MPS)

این متریک، میانگین مساحت لکه‌های یک **کاربری** خاص را محاسبه می‌کند. متریک میانگین‌اندازه لکه‌ها تابعی از تعداد لکه‌های یک کلاس کاربری خاص واندازه هر لکه می‌باشد و می‌تواند در طول زمان افزایش یا کاهش یابد. ارزش‌های نزولی متریک میانگین‌اندازه لکه بیانگیر این است که لکه‌های جدید در مقایسه با لکه‌های موجود با سرعت بیشتری در حال رشد هستند. فرمول مربوط به این محاسبه در رابطه ۴ آمده است.

رابطه (۴):
$$MPS = \frac{\sum aij}{ni}(1/10000)$$

در این رابطه aij مساحت لکه i دذر کلاس کاربری j و ni برابر تعداد لکه‌های کلاس کاربری i است.

تراکم لکه‌ها (PD)

این متریک برابر مجموع تعداد لکه‌های یک کلاس کاربری خاص، تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین است. واحد سنجش این متریک تعدا به ازای ۱۰۰ هکتار است. فرمول کربوط به این محاسبه در رابطه ۵ آمده است.

---

۱ - AWMPFD

رابطه (۵):
$$PD = \frac{ni}{A}(10000)(100)$$

در این رابطه ni برابر تعداد لکه‌های کلاس کاربری i و A مجمع مساخت سیمای سرزمین به مترمربع است.

تراکم لبه (ED)

تراکم لبه معادل طول کل لبه لکه‌های یک کلاس کاربری خاص تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین به متر مربع است که نهایتا برای تبدیل به هکتار بر عدد ۱۰۰۰۰ تقسیم می‌شود. به عبارت ساده تر، متریک تراکم لبه برای لکه‌های شهری برابر طول مرزهای شهری تقسیم بر کل مساحت محدوده مورد مطالعه است. فرمول مربوط به محاسبه این متریک در رابطه ۶ آمده است.

رابطه (۶):
$$ED = \frac{E}{A}(10000)$$

در این رابطه E مجموع طول لکه‌های یک کلاس کاربری خاص در سیمای سرزمین به مترمربع و A مساحت کل محدوده مورد مطالعه به مترمربع است.

شاخص فشردگی

شاخص فشردگی(Ci) نه تنها شکل قطعات مجزا بلکه حتی چند پارچگی کل چشم‌انداز شهری رااندازه گیری می‌کند. هر چه شکل قطعه منظم تر و تعداد قطعات کمتر باشد، مقدار شاخص فشردگی بیشتر است. همانطور که بیان گردید بزرگترین قطعه اغلب به جای کل محدوده شهر به حساب می‌آید به ویژه برای شهرهای کشورهای در حال توسعه، همچنین شاخص فشردگی بزرگترین قطعه[۱] که عمدتاً شکل کلی یک شهر را نشان می‌دهد محاسبه شده است.

برای محاسبه میزان فشردگی یک شهر و لکه‌های مختلف آن دو فرمول ارائه شده است:

فرمول اول که معروف به شاخص فشردگی(CI) است به صورت ذیل است (رابطه ۷).

رابطه (۷):
$$\frac{\sum_i P_i / P_i}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi\sqrt{S_i / \pi} / p_i}{N^2}$$

در این فرمول، Pi محیط لکه I و Pi محیط دایره‌ای به وسعت si و N تعداد لکه‌ها یا قطعات si مساحت قطعه I می‌باشد (Huang Jingnan , 2007, 192).

روش شاخص فشردگی بزرگترین قطعه:

روش دوم برای‌اندازه گیری میزان فشردگی یک شهر، روش شاخص فشردگی بزرگترین قطعه می‌باشد که در این روش، تنها میزان فشردگی بزرگترین لکه که همان لکه اصلی شهر می‌باشد بر اساس فرمول ذیل محاسبه می‌گردد (رابطه ۸).

رابطه (۸):
$$\frac{2\pi\sqrt{s / \pi}}{P}$$

در این فرمول، P محیط بزرگترین لکه شهر مورد نظر و s مساحت بزرگترین لکه شهر می‌باشد.

۱ - CLIP

پیشینه پژوهش

جدول ۱: مروری بر ادبیات تحقیق

عنوان	نویسنده	سال انتشار	نتیجه تحقیق
A global comparative analysis of urban form: applying spatial metrics and remote sensing	Huang, J. , Lu, X. X. , and Sellers, J. .M	2007	در این مقاله با استفاده از روش‌های متریک‌های فضایی به نحوه رشد شهری در شهرهای و نقش آن در کیفیت زندگی شهروندان پرداخته است.
Metrics landscape of urban land use patterns	Aqvilra	2011	نتایج مطالعه نشان می‌دهد بکارگیری متریک‌های فضایی برای کمی سازی و تفسیر خصوصیات و تعیین الگوی بهینه فضایی رشد شهری در منطقه کلان شهری گرانادا بسیار کارامد بوده است.
Multiscale analysis of landscape heterogeneity: scale variance and .pattern metrics	Wu,J. Jeliniski,E,J	2011	مفاله حاضر به کمی سازی الگوهای فضایی – زمانی شهرنشینی در دو منطقه کلانشهری فونیکس و لاس وگاس در آمریکا پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که چشم‌انداز و منظر شهری به طور قابل توجهی تحت تاثیر الگوی فضایی – زمانی رشد شهر است.
ارزیابی و پیش بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهوارهای چند زمانه	محسن احدنژادروشتی	۱۳۸۹	در این مقاله با استفاده از روش مارکوف و سلول‌های خودکار به روند رشد شهر تبریز پرداخته است. نتایج این پژوهش، مشخص ساخت که گسترش شهر تبریز در چه ابعاد و مقیاسی تغییر کاربریهای کشاورزی، مرتعی، آبی، پیرامون خود ر ا تخریب کرده است.
مدلسازی پویش کاربری اراضی با استفاده ازروش عامل گرا	جوکار ارسنجانی	۱۳۹۱	نتایج این پژوهش نشان دهنده تغییر شتابان شکل شهر در تهران بوده و روش‌های شبیه سازی عامل گرا برای مدلسازی رشد مناسب شهر ضروری است.
تبیین الگوهای رشد شهری در منطقه کلانشهر تهران	حسین منصوریان	۱۳۹۳	نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که متریک‌های فضایی – زمانی رشد شهری در منطقه کلانشهری تهران شامل دو مرحله اصلی پخشایش و همگرایی است. رشد شهری در منطقه با شکل گیری هسته‌های رشد شروع شده و به مرور با رشد این هسته ها، در پیرامون هسته‌های جدیدی شکل گرفته است.

روش پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر تحلیلی – توصیفی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای انجام تحقیق از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی، جمع آوری و پردازش شده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست دوره‌های متوالی از طریق نرم افزار ENVI نسبت به پردازش آن‌ها اقدام شد. سپس با تبدیل نقشه‌های رستری پردازش شده به حالت برداری اطلاعات مورد نیاز از نقشه‌ها استخراج گردید. به منظور استخراج متریک‌ها، از نرم افزار Patch Analyst استفاده شده است. این نرم افزار نوعی ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی است که در نر م افزار

ArcGIS10. 3 افزوده می‌شود و مز یت آن نسبت به سایر نرم افزارهای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین (مانند Fragstats) این است که اولا به علت امکان استفاده از فایل‌های برداری، دقت بالاتری داشته و ثانیا به طور مستقیم به نقشه ارتباط دارد و می‌توان شاخص‌های کمی استخراج شده را به نقشه مورد نظر مرتبط ساخت و نیاز به نرم افزار واسطه ای ندارد. با استفاده از این نرم افزار می‌توان تحلیل ساختار فضایی سیمای سرزمین را به نحو موثرتری انجام داد(زبردست و همکاران ، ۱۳۹۰: ۵).

داده‌های پژوهش

در این پژوهش، به منظور شناسایی و ایجاد نقشه‌های کاربری اراضی شهر مراغه، تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۷۸، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ از سایت زمین شناسی آمریکا (USGS) اخذ شدند (جدول۲). گفتنی است تصاویر بدون ابر بوده و در ماه‌های تیر و مرداد پوشش گیاهی منطقه مورد نظر به رشد حداکثری خود می‌رسد. در ادامه با استفاده از نرم افزار ENVI، محدوده ی شهر مراغه از تصاویر ماهواره ایی مورد نظر جدا گردید. از آنجائیکه تصاویر اخذ شده در سال‌های متفاوتی اخذ شده‌اند در نتیجه تصحیحات رادیومتریکی و هندسی مورد نیاز است. تصحیحات رادیومتریکی با تکنیک کاهش پیکسل تاریک از مقدار DN و تصحیحات هندسی نیز توسط روش تصویر به تصویر (Jensen & Lulla, 1987, 115) با مبنا قرار دادن تصویر سال ۱۳۹۴ سنجنده OLI برای تصاویر سال‌های دیگر اعمال گردید و در سیستم مختصات UTM (WGS-84) ژئورفرنس شدند.

جدول ۲:مشخصات تصاویر ماهواره ایی

سال	ماهواره	سنجنده	روز / ماه	تفکیک مکانی	ردیف / گذر
۱۳۶۵	LANDSAT_5	TM	۳/۱۴	۳۰	۱۶۸/۳۴
۱۳۷۰	LANDSAT_5	TM	۲/۲۶	۳۰	۱۶۸/۳۴
۱۳۸۵	LANDSAT_5	TM	۴/۰۵	۳۰	۱۶۸/۳۴
۱۳۹۴	LANDSAT_8	OLI_TIRS	۴/۱۹	۳۰	۱۶۸/۳۴

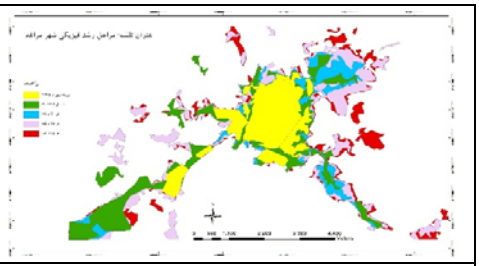
معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر مراغه یکی از قدیمی‌ترین شهرهای ایران است. این شهر در زمان استیلای مغول‌ها، هلاکو خان مراغه را به عنوان پایتخت کشور ایران انتخاب کرد. این شهر دومین شهر بزرگ استان آذربایجان شرقی و مرکز اداری شهرستان مراغه است. این شهر در کنار رودخانه صوفی‌چای در دامنه جنوبی کوه سهند و در ۱۳۵ کیلومتری جنوب غربی استان و در ارتفاع ۱۳۹۰ متر از سطح دریا واقع شده‌است. مراغه که به باغ شهر ایران و پایتخت نجوم ایران شهرت دارد جزو ده شهر تاریخی ایران است. سالانه گردشگران خارجی و ایرانی زیادی از مراغه دیدن می‌کنند. مراغه با فضای سبز و باغهای متعدد در داخل شهر همچنین رودخانه زیبای صوفی چای که از مرکز شهر می‌گذرد یکی از مهمترین مراکز توریستی و گردشگری در استان آذربایجان شرقی بحساب می‌آید، خیابان‌های مشجر و درختان سر به فلک کشیده زیبایی خاصی به خیابانهای مراغه بخشیده‌است(مروارید، ۱۳۷۲، ۱۳۶). مراغه همچنین دومین کهن شهر آذربایجان بعد از ارومیه است. این شهر از دوران قبل از اسلام‌آباد بوده‌است اما قرن‌های ۱۲ تا ۱۴ میلادی دوران رشد و شکوفایی آن است؛ زمانی که پایتخت سلسله‌های متعدد محلی از جمله احمدیلیان و اتابکان آذربایجان بوده‌است. و در نهایت مرکز حکومت ایلخانی قرار داده شد. مراغه به لحاظ بافت غنی تاریخی و فرهنگی، با بیش از ۳۰۰ اثر ثبت شده ملی، جزء ۱۰ شهر برتر کشور محسوب می‌شود. رصد خانه مراغه که در دوران خواجه نصیر بنا شده از جمله آثار تاریخی برجسته مراغه و ایران است که بیش از ۴۰۰۰۰۰ جلد کتاب در آن موجود بوده است و بزرگترین دانشمندان اسلامی سراسر جهان اسلام در آن گرد

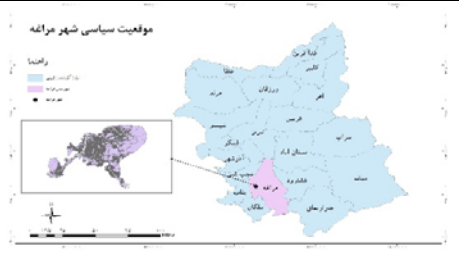
هم آمده بودند(مهندسین مشاور نقش محیط، ۱۳۸۵، ۱۴). جمعیت شهر طبق سرشماری سال ۱۳۹۰، معادل ۱۶۲۲۷۵هزار نفر می‌باشد و بعد از تبریز دومین شهر بزرگ استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود. (www. amar. org. ir). هم اکنون شهرمراغه دارای ۲۶ محله و ۷ ناحیه می‌باشد.(مهندسین مشاور نقش محیط، ۱۳۸۵ : ۳۰). (شکل۳ و۲).

هسته اولیه شهر مراغه، در شرق رودخانه صوفی چای شکل گرفته و گسترش یافته است. از زمان شکل گیری تا سال ۱۳۲۰ شهر در داخل قلعه و حصار رشد کرده و واحدهای مسکونی، کهندز و بازار و باغات داخل حصار بودند. تقریبا تمام آثار تاریخی به جا مانده از دوران قبلی در داخل حصار تاریخی واقع شده‌اند. محلات قاضی، ریحان، قم پایین، ملا محمود، شیخ تاج، شجاع لدوله، امین الشرع، هفت دربند و میرحمید از محلات قدیمی شهر به شمار می‌آیند که در داخل حصار تاریخی واقع شده‌اند. از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۵ با افزایش مهاجرت جمعیت روستایی به شهر و رشد جمعیت شهر مراغه، تقاضا برای مسکن را افزایش داد و شهر به قسمت‌های خارج کمربندی به ویژه بخش‌های شمال شرقی (شهرک ولیعصر)، غرب رودخانه صوفی چای گسترش یافت (لطفی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۱-۲۳۲).

از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ جهت گیری رشد شهر عمدتا به سمت شرق متمایل شد و شهرک ولیعصر، شهرک سهند و اطراف خیابان امیرکبیر در این دوره شکل گرفتند. توسعه شهری عمدتا در شرق و شمالشرق شامل اراضی واقع بین شهرک ولیعصر و خیابان دانشگاه، همچنین در شرق شهرک ولیعصر به صورت کوی‌ها و تعاونی هایی همچنین شهرک امام حسین، نیروی انتظامی، فرهنگیان و کوی شهریار انجام گرفت. در دهه اخیر به دلیل فرسوده بودن بافت مرکزی شهر شهروندان زیادی از مرکز شهر به سمت شهرک‌های ایجاد شده مهاجرت کردند و خانه‌های خالی از سکنه زیادی در بافت مرکزی وجود دارد.



شکل۲: :مراحل رشد فیزیکی شهر مراغه



شکل۳: موقعیت سیاسی شهر مراغه

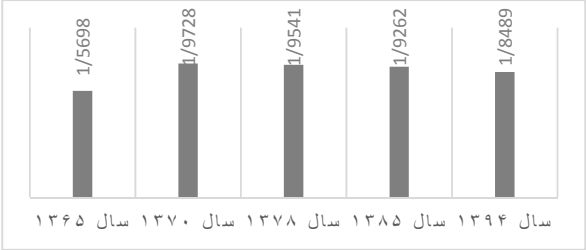
یافته‌های پژوهش

نتایج متریک‌های ا‌لضایی

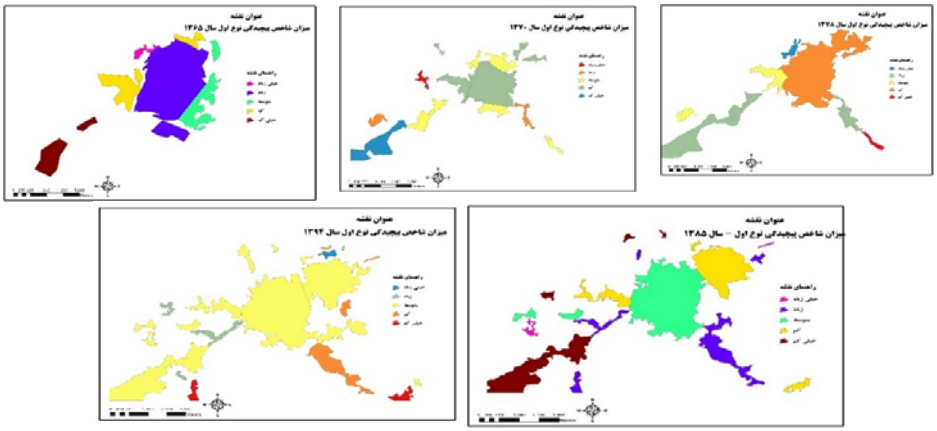
شاخص پیچیدگی

نتایج شاخص پیچیدگی نوع اول با استفاده از تحلیل گر Patch Analiyst به دست آمده است. بر این اساس برای هر یک از لکه‌ها میزان شاخص AWMS مشخص گردیده که در نهایت میزان کل شاخص نیز به دست آمده است.

نتایج حاصل از تحلیل این متریک در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۶۵ ارزش متریک در پایین ترین حد خود بوده است. سپس در دوره‌های بعدی یعنی سال ۷۰ و ۸۰ به موازات رشد شتابان و پراکنده شهری، ارزش متریک افزایش یافته و نهایتا در دوره ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ با به هم پیوستن لکه‌های شهری منفرد و شکل گرفتن لکه‌های بزرگتر ارزش متریک کاهش یافته است. میزان AWMS در دوره‌های مختلف در شکل ۴ و میزان پیچیدگی لکه‌ها در دوره‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.



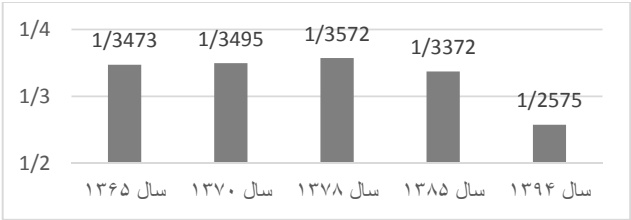
شکل ۴: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص پیچیدگی (AWMS) ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴



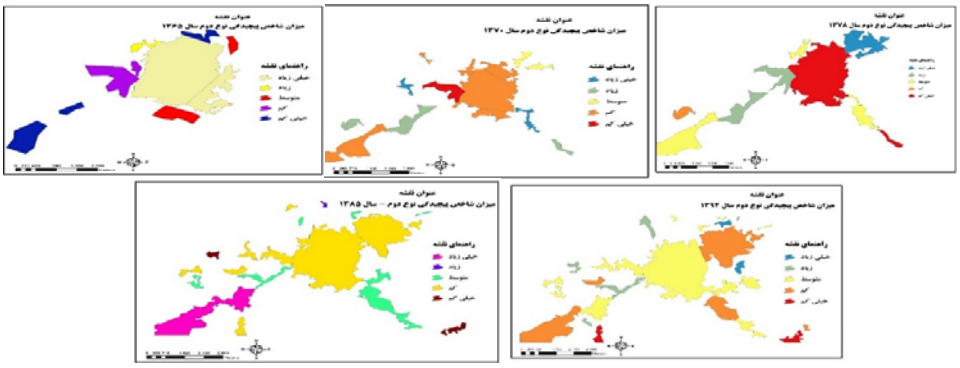
شکل ۵: نتایج به دست آمده از شاخص پیچیدگی (AWMS). ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

روش دوم برای محاسبه پیچیدگی قطعات و لکه‌های شهری شاخص بعد فراکتال میانگین مساحت وزن قطعه(AWMPFD) است. نتایج به دست آمده از محاسبه این شاخص که در جدول و نمودار زیر نشان داده شده است. محاسبات به دست آمده نتایج شاخص AWMS را تائید می‌کند و تقریبا نتیجه‌ای مشابه شاخص قبلی به دست آمده است. میزان AWMPFD در دوره‌های مختلف در نمودار ۶ و میزان پیچیدگی لکه‌ها در دوره‌های مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است.

در تحلیل نتایج این شاخص مشخص شد که شکل لبه‌های قطعات شهری در ابتدا منظم تر بوده و با گذشت زمان و بر اساس توسعه شهری بدون برنامه در بخش‌های حاشیه‌ای شهر و ایجاد محلاتی مانند میکائیل آباد، عشرت آباد، پهرآباد که به صورت رشد بدون برنامه و اغلب از روستاهای اطراف به مراغه مهاجرت کردند، موجب افزایش بی نظمی قطعات شده‌اند. البته می‌توان گفت در سال ۱۳۹۵ با توجه به یکپارچه شدن قطعات و کاهش ساخت و ساز بدون برنامه در محلات اسکان غیررسمی میزان شاخص پیچیدگی کاهش یافته و این مسئله نشان دهنده نظم نسبی در لبه‌های قطعات توسعه شهری می‌باشد.



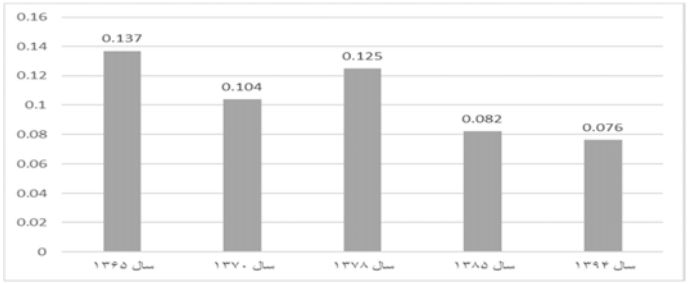
شکل ۶: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص پیچیدگی (AWMPFD)



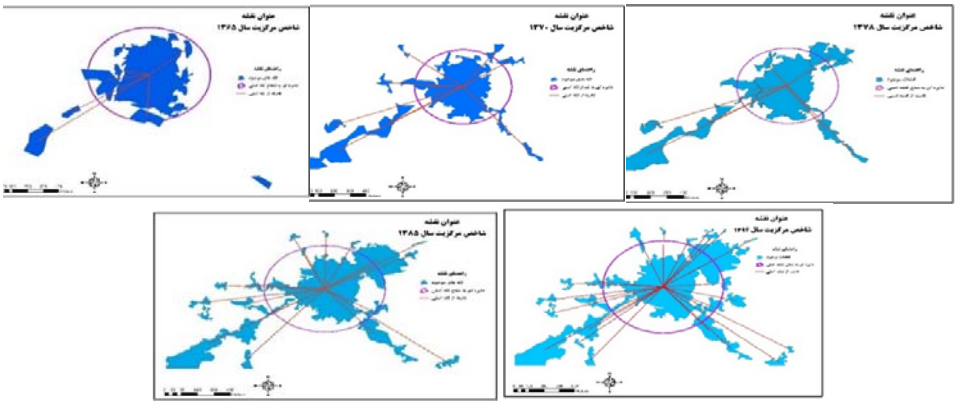
شکل ۷: نتایج به دست آمده از شاخص پیچیدگی (AWMPFD). ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

شاخص مرکزیت

محاسبات انجام یافته نشان می‌دهد که شاخص مرکزیت از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ به صورت تدریجی کاهش می‌یابد و به دلیل به وجود آمدن شهرک‌ها و گسترش حومه شهری در مراغه شکل شهر کشیده تر می‌شود. تصاویر ماهواره‌ای نشان دهنده این امر می‌باشند که به مرور زمان شهر از هر طرف گسترش یافته است. شهر مراغه به دلیل وجود باغات و موانع طبیعی به صورت متمرکز گسترش نیافته است و به صورت لکه‌ای در جهات مختلف توسعه پیدا کرده است که این امر خود باعث کشیده تر شدن شهر شده است.



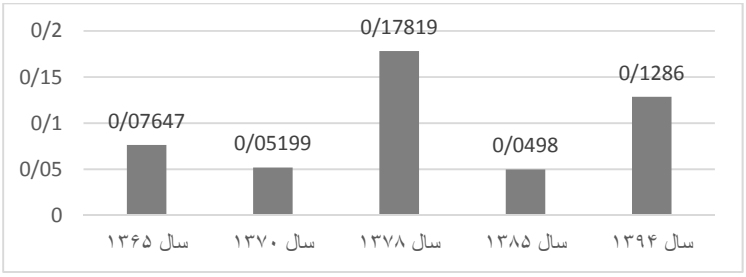
شکل ۸: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص مرکزیت. ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴



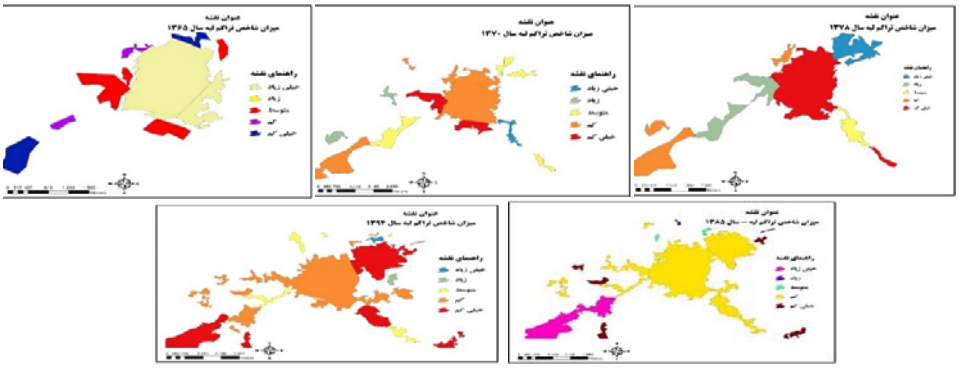
شکل ۹: ویژگی‌های تصویری شاخص مرکزیت

شاخص تراکم لبه لکه‌های شهری (ED)

شاخص تراکم لبه شاخصی برای منظم و یا نامنظم بودن لکه‌های شهری در محدوده مورد مطالعه است. زمانی که رشد شهر در چند لکه متمرکز باشد، تراکم لبه‌ها پایین بوده و زمانی که لکه‌های جدیدی شکل بگیرند، تراکم لبه‌ها بالا می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود در دوران اولیه رشد شهری تراکم لبه پایین بوده، در مرحله شتابان رشد شهری تراکم لبه افزایش یابد. نتایج به دست آمده برای متریک تراکم لبه‌های شهری در مراغه نشان می‌دهد که تراکم لبه‌های شهری در دوره‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۰ پایین می‌باشد و در دوره ۱۳۷۸ با اختلاف چشمگیری افزایش یابد. دوباره در دوره ۱۳۸۵ روند کاهشی و سپس در سال ۱۳۹۴ روند افزایشی پیدا می‌کند. در تحلیل این مساله می‌توان، در ارتباط با رشد فیزیکی شهر مراغه در دهه ۷۰ که چند شهرک مسکونی در دست احداث بودند و محلات اسکان غیررسمی نیز به بیشترین حد توسعه خود رسیدند. احداث شهرک‌های جدیدالحداث که بصورت برنامه ریزی شده و دارای طرح کالبدی – فضایی بودند باعث گردید گروهی از ساکنان بافت قدیم شهر را به به خود جذب نماید و همچنین مهاجرین روستاهای اطراف نیز اکثرا در بافت حاشیه‌ای اسکان یافتند و بخشی از آنها نیز در بافت قدیم اسکان یافتند. این مساله میزان افزایش شاخص تراکم لبه در دهه ۷۰ تا ۸۰ را توجیه می‌کند. نتایج این شاخص نشان می‌دهد که دوره آخر نیز بعد از کاهش یافتن مقدار آن در دوره ۱۳۸۵، در سال ۱۳۹۵ مجددا افزایش یافته است. با توجه به افزایش فرهنگ آپارتمان نشینی و فعالیت پیمانکاران ساختمانی برای احداث ساختمان‌های چندطبقه در شهرک‌های جدید و سیاست مسکن مهر که در چند نقطه از شهر احداث گردید، باعث شد که دوباره میزان شاخص تراکم لبه در دوره ۸۵ به بعد افزایش یابد.



شکل ۱۰: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص تراکم لبه. ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

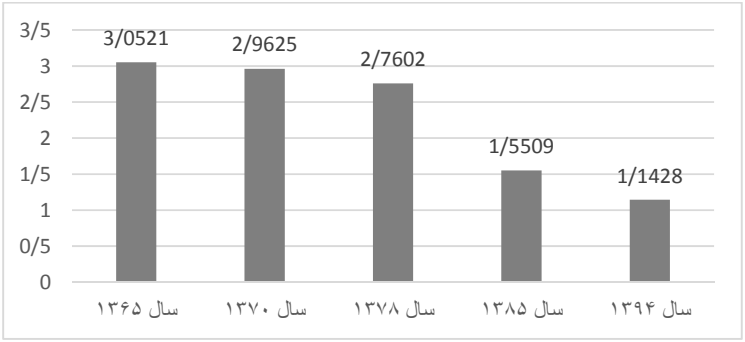


شکل ۱۱: نتایج به دست آمده از شاخص تراکم لبه. ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

شاخص فشردگی

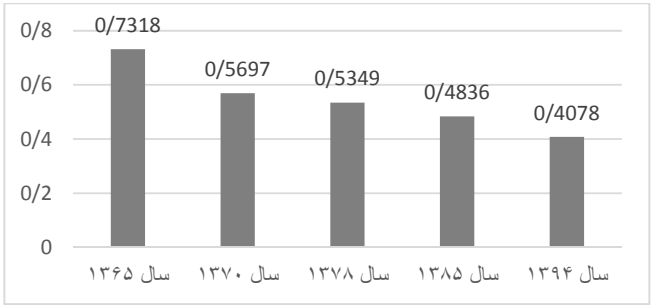
شاخص فشردگی(Ci) نه تنها شکل قطعات مجزا بلکه حتی چند پارچگی کل چشم‌انداز شهری رااندازه گیری می‌کند. هر چه شکل قطعه منظم تر و تعداد قطعات کمتر باشد، مقدار شاخص فشردگی بیشتر است.

آن طور که از نتایج محاسبات شاخص فشردگی برمی آید و در نمودار نشان داده شده است، حاکی از آن است که میزان فشردگی در گذشته بیشتر بوده و به تدریج کاهش یافته است. دلیل این امر می‌تواند گرایش توسعه شهر به طرف حومه‌ها باشد. از آنجائیکه بافت اصلی شهر دارای شکل ارگانیک می‌باشد، مردم شهر بعدها تمایل بیشتری به سکونت در اطراف شهر دارند و این باعث می‌شود شهر از حالت فشردگی در بیاید. با توجه به نتایج نمودار بیشترین مقدار فشردگی در سال ۱۳۶۵ به میزان ۱. ۱۴ می‌باشد که این رقم در هر دوره کاهش یافته، به طوری که در سال ۱۳۹۵، به عدد ۳. ۰۵ رسیده است.



شکل ۱۲: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص فشردگی (CL). ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

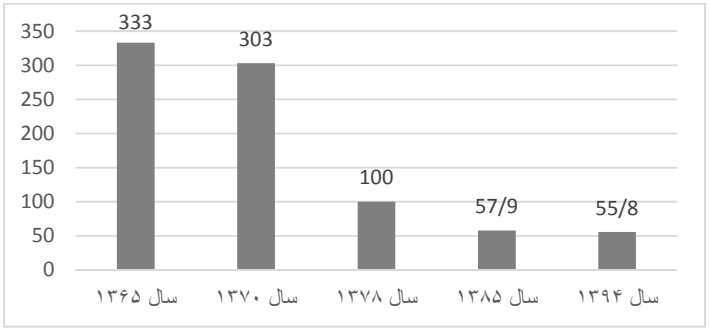
روش دوم برای‌اندازه گیری میزان فشردگی یک شهر، روش شاخص فشردگی بزرگترین قطعه(CLIP) می‌باشد. نتایج به دست آمده از محاسبات به طور کلی نتایج شاخص فشردگی قبلی را تائید می‌کند. میزان شاخص فشردگی بزرگترین قطعه(CLIP)، از ۰. ۷۳۱ در دوره اول به میزان ۰. ۴۰۷ در دوره آخر رسیده است. می‌توان به نتیجه رسید که هم میزان فشردگی کل شهر و تمام قطعات شهری و هم میزان فشردگی قطعه اصلی شهر در دوره‌های مورد بررسی روند کاهشی داشته است، به عبارتی شکل شهر از حالت فشردگی بالا به فشردگی پایین، تغییر الگو داده است که این خود دلیل واضح و روشنی بر وجود پدیده پراکنش افقی یا اسپرال در شهر مراغه می‌باشد. در تحلیل این موضوع با توجه به اینکه حدود یک سوم از بافت شهر مراغه بصورت بافت قدیمی و ارگانیک است و در طرح‌های توسعه شهری به خصوص در طرح جامع و تفصیلی شهر مراغه نسبت به گسترش محدوده شهری و ایجاد شهرک‌های جدید الحداث توجه ویژه‌ای شده بود و برنامه خاصی برای ساماندهی بافت قدیم در این برنامه‌ها دیده نشده است و همچنین اقدام خاصی نیز صورت نگرفته است. این امر باعث گردید علاقه شهروندان به سکونت در شهرک‌های جدیدالاحداث مانند ولیعصر، سهند، خلیل آباد افزایش یابد. با توجه به این موارد و شکل گیری محلات اسکان غیررسمی باعث کاهش فشردگی در دوره‌های متمادی گردیده است.



شکل ۱۳: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص فشردگی (CLIP). ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

شاخص تراکم جمعیت

بررسی میزان تراکم جمعیت شهر مراغه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۵ نسبت آن ۳۳۳. ۹ نفر در هکتار بوده است اما با به رشد شدید مساحت علیرغم افزایش جمعیت، روند تراکم این شهر حالت نزولی بوده و به تدریج در دهه‌های بعد کاهش یافته است به طوری که در سال ۱۳۹۴ میزان به ۵۵. ۸ نفر در هکتار رسیده است. در تحلیل شاخص تراکم می‌توان گفت، کاهش تراکم شهر مراغه در دوره‌های متمادی رابطه مستقیم با رشد کالبدی شهر داشته است. مهاجرت‌های روستا – شهری، سکونت در شهرک‌های اطراف، وجود باغات در داخل شهر و قرار نگرفتن آنها در محدوده طرح توسعه شهری، عدم ساماندهی و بهسازی بافت قدیم شهر باعث شده شهر رشد افقی داشته باشد و کاهش تراکم را باعث شود.



شکل ۱۴: نمودار نتایج به دست آمده از شاخص تراکم. ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از نتایج متریک‌های مورد استفاده حاکی از رشد پراکنده شهر مراغه می‌باشد. در این مقاله نسبت به بررسی رشد فضایی – زمانی شهر مراغه بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره و نقشه‌های به دست آمده در طی ۵ دوره صورت گرفت. نتایج متریک‌های فضایی نشان دهنده رشد افقی شهر بوده است به طوری که جمعیت شهر مراغه در ۴۰ سال (۱۳۸۵–۱۳۴۵) ۲/۷۷ برابر شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) در مقابل مساحت این شهر رشد سریعتری از جمعیت آن دا شته به طوری که م ساحت آن در همین دوره ۱۶/۵ برابر گردیده ا ست (مهند سین م شاور نقش محیط، ۱۳۹۱). آنطور که روش‌های متریک فضایی نشان می‌دهد پراکنده رویی شهری در مراغه را به اثبات می‌رساند. شاخص پیچیدگی نسبت به دوره‌های قبلی تا حدودی بیشتر بوده است بطوریکه شاخص AMWS از ۱. ۵۶ به ۱. ۸۴ و شاخص AWMPFD از ۱. ۲۵ به ۱. ۳۵ رسیده است. شاخص مرکزیت نیز در سال ۱۳۶۵ عدد به دست آمده ۲. ۱۴ بوده و در سال ۱۳۹۵ به ۱. ۱۲ کاهش یافته است و با به وجود آمدن قطعات جدید در اطراف شهر موجب شده مرکزیت کمتر شود. از نظر شاخص فشردگی هم میزان آن کاهش یافته است بدین معنی که علاوه بر تعداد افزایش قطعات و لکه‌های ساخته شده شهری و پیچیدگی بیشتر مرزهای شهری فاصله قطعات از همدیگر بیشتر شده است. از نظر تراکم شهری هم میزان تراکم در سال ۱۳۶۵، ۳۳۳. ۹ نفر در هکتار بوده که در دوره آخر به ۵۵. ۸ کاهش یافته است. نتایج گویای آن است که رشد شهری بصورت افقی و در بعضی مواقع بدون برنامه بوده که باعث از بین رفتن زمین‌های حاصلخیز کشاورزی و جایگزین کردن آنها با محله مسکونی بوده است.

پیشنهادها و راهکارها

آنچه که در رشد شهرهای ایران اتفاق افتاده است اغلب به صورت برنامه ریزی دقیق و شفاف و همه جانبه نبوده است. شهر مراغه یکی از نمونه های رشد نا موزون و نامتعادل شهری در ایران است. دلایل رشد افقی شهر مراغه را می‌توان در کلیدواژه هایی مانند حومه نشینی، حاشیه نشینی، تخریب باغات شهر، حرکات جمعیتی مرکز پیرامون، رشد ناموزون

جمعیتی در محلات شهری، الگوی مسکن نامناسب ، سوداگری زمین، طرح‌های ناقص توسعه شهری و بویژه نادیده گرفتن طرح‌های توسعه شهری در مورد استفاده از پتانسیل‌های درون شهر به منظور رشد متعادل و متوازن شهری جستجو کرد. با توجه به اینکه یک سوم بافت شهر مراغه را بافت فرسوده تشکیل می‌دهد و این بافت در صورت بهسازی و ساماندهی پتانسیل زیادی برای رشد شهر از درون خواهد داشت و در الگوهای توسعه شهری تاکنون به بهسازی و ساماندهی آن با الگوی رشد از درون یا توسعه میان افزا پرداخته نشده است. در حالیکه اغلب طرح‌های توسعه شهری برای جبران کمبود فضای رشد زمین‌های اطراف شهر را برای رشد شهر پیشنهاد داده‌اند که این امر در شکل گیری محلات حاشیه نشین شهر بی تاثیر نبوده است. بنابرین پیشنهاد می‌شود در الگوی رشد شهر مراغه بیشتر به پتانسیل‌های درون شهر توجه ویژه‌ای گردد و با این راهبرد موجبات سرزندگی بافت ناکارآمد و فرسوده فعلی شهر مراغه فراهم خواهد شد. علاوه بر این پیشنهادات زیر هم می‌تواند در نحوه رشد شهر مراغه موثر باشد.

- استفاده از زمین‌های بایر و خالی موجود در داخل شهر: مطالعات نشان می‌دهد نزدیک به ۳۳۳ هکتار زمین استفاده نشده یا بایر در سال ۱۳۹۵در شهر مراغه وجود داشته که با توجه به مزایای استفاده از این زمینها، باید به استفاده از این زمینها جهت توسعه‌های آینده شهر اولویت داده شود.
- کاهش‌اندازه قطعات تفکیکی: این سیاست یکی از سیاست‌های مطلوب برای جلوگیری از پراکنش افقی بی‌رویه یک شهر می‌باشد. این سیاست می‌تواند همچنانکه در بعضی از محلات جدید مراغه به کار گرفته می‌شود، به طوریکه سطح زیر بنای مسکونی بیش از۱۶۲ متر می‌باشد که با کاهش این مقدار می‌توان فضای کافی برای سکونت بوجود آورد.
- استفاده از سیاست‌های متوازن سازی و بلند مرتبه سازی: یکی از بهترین روشهای کنترل گسترش افقی شهر، توسعه متعادل و متوازن است. این سیاست باید متناسب با ساختار محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی هر ناحیه شهری صورت گیرد.
- کنترل و نظارت بر محدوده‌های شهری: یکی از علل اصلی پراکنده رویی عدم برنامه‌ریزی برای چگونگی توسعه فضایی شهر توسط سازمانهای و نهادها و عدم توجه به حرایم شهری و اجرای طرحهای مربوطه است. بنابراین سازمان‌های مدیریت شهری مانند شهرداری باید از رشد ناموزون شهر که اغلب توسط سوداگران و بورس بازان زمین انجام می‌گیرد جلوگیری نمایند.

کتابشناسی

۱. زنگنه شهرکی، سعید (۱۳۹۴). سنجش واندازه گیری فضایی – زمانی فرم شهر یزد با بکارگیری متریک‌های فضایی، نشریه پژوهشات علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره۳۸.

۲. لطفی، صدیقه. منوچهری، ایوب. آهار، حسن. (۱۳۸۹) تحلیل الگوی گسترش کالبدی – فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۳.

۳. مرکز آمار ایران (۱۳۳۵– ۱۳۹۰)، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهرستان مراغه.

۴. مروارید، یونس، ۱۳۷۲، مراغه (افرازه رود)، مراغه ، انتشارات علمی.

۵. مشکینی، ابولفضل. مولایی قلیچی، محمد. خاوریان گرمسیز، امیرر ضا (۱۳۹۵). روندهای پرا ند ه رو ی شهری و برنامه ریزی تو سعهی فضایی پایدار. (مطالعه موردی :منطقه ۲ تهران)، مجله معماری و شهر پایدار، سال چهارم، شماره دوم.

۶. مهند سین مشاور نقش محیط(۱۳۸۵)، طرح جامع مراغه، جلد اول، سازمان مسکن و شهر سازی ا ستان آذربایجان شرقی، تبریز.

7. Batty, M. and P. Longley (1997). 'The fractal city'. Architectural Design 67(9/10): 74-83.
8. Donnay, J. P. , Barnsley, M. J. , & Longley, P. A. (Eds.). (2003). Remote Sensing and Urban Analysis: GISDATA 9. CRC Press, 70(1), 200-265.
9. Donnay, J. P. , Barnsley, M. J. and Longley , P. A. , 2001. Remote sensing and urban analysis. In: Remote sensing and urban analysis, Taylor and Francis, London and New York, pp. 3-18.
10. H. S. Sudhira, T. V. Ramachandra ,K. S. Jagadish (2004), Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 5 (2004) 29–39.
11. Herold, M. , Couclelis, H. , and Clarke, K. C. , 2005. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of land use change. Computers, Environment and Urban Systems. In Press.
12. Huang Jingnan, X. Lu, and Jeffery M (2007), A Global Comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing.
13. Jensen, J. R. , & Lulla, K. (1987). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective, (3), 111-141.
14. Li, X. , & Yeh, A. G. O. (1998). Principal component analysis of stacked multi-temporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. International Journal of Remote Sensing, 19(8), 1501-1518.
15. Li, X. , Lu, L. , Cheng, G. , & Xiao, H. (2001). Quantifying landscape structure of the Heihe River Basin, north-west China using FRAGSTATS. Journal of Arid Environments, 48(4), 521-535.
16. Madhavan, B. B. , Kubo, S. , Kurisaki, N. , & Sivakumar, T. V. L. N. (2001). Appraising the anatomy and spatial growth of the Bangkok Metropolitan area using a vegetation-impervious-soil model through remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 22(5), 789-806.
17. 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, 5(1), 29-39.
18. Sunar, F. (1998). An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 19(2), 225-235.
19. Taberner, M. , Sunar, F. 1998. An implementation of the change vector analysis technique to assess the changes in land cover with multidate remotely sensed images, a case study: Istanbul, Turkey. 27th Int. Symp, on Remote Sensing of Environment - Information for sustainability, pp. 454-457. 8-12 June Tromso, Norway.
20. Torrens, P. M. , Alberti, M. , 2000. Measuring sprawl. Working paper no. 27, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College, London.
21. Xia Li, Anthony Gar-On Yeh (2004), Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, Landscape and Urban Planning 69 (2004) 335–354
22. Yeh, A. G. O. , & Xia, L. (2001). Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. Photogrammetric engineering and remote sensing, 67(1), 83-90.