

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۱

درک فراکتال‌ها و ابعاد فراکتال در مورفولوژی شهری نمونه موردی: محله تاریخی خاماچیلار خوی

رعنا ایرجی^۱

چکیده

روش‌های معمول ریاضی بر مقیاس‌های مشخصی استوار است، این درحالی است که شکل شهری به دلیل داشتن جنبه‌های مختلفش، دارای مقیاس مشخصی نیست. شهر مفهومی وابسته به مقیاس‌های درون خود دارد، که در آن می‌توان توزیع بدون الگوی مقیاس‌های مختلف را دید. بر همین اساس، توصیف خصوصیات شهر، باید براساس مقیاس‌بندی‌های مشخص باشد. هندسه‌ی فراکتال یکی از ابزارهای قدرتمند، برای تجزیه و تحلیل مقیاس، در شهرها، می‌باشد. بنابراین مفهوم شهرهای فراکتال پدیدار شد. با این حال، چگونگی درک فراکتال در مقیاس شهری یک سوال است. با استفاده از استنباط منطق و ایده‌های فراکتال، در این مقاله به بحث در مورد فراکتال‌ها و ابعاد فراکتالی در مقیاس شهری پرداخته شده است. ابعاد فراکتالی در محله‌ی تاریخی خاماچیلار خوی مورد بررسی قرار گرفته است. بلوک اصلی یک در فرمول فراکتال، عدد ۱,۲۶ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، در فرمول فراکتال، عدد ۱,۳۲ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، نسبت به بلوک اصلی یک، فراکتال‌تر می‌باشد. درحقیقت یکی از اصلی‌ترین کارها در تحقیقات علمی، ایجاد همین الگوهاست. تعیین ابعاد فراکتالی بلوک‌ها، راهی برای رسیدن به این الگوها می‌باشد. بایررسی‌های انجام شده در هر دو بلوک یک و دو با توجه به روش‌های شمارش و جعبه و خود متشابه، بلوک یک نسبت به بلوک دو از درجه‌ی پرشدگی بالاتری برخوردار است. بلوک دو نسبت به بلوک یک پیچیده‌تر و بلوک یک نسبت به بلوک دو، یکنواخت‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فراکتال، مورفولوژی شهری، شهر، فراکتال شهری، شهرهای فراکتالی.

^۱. نویسنده مسئول، طراحی شهری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران پست الکترونیکی:

iraji.raana@yahoo.com

مقدمه

تحقیقات علمی از شرح یک پدیده آغاز می‌شوند و سپس بر درک اصل کار متمرکز می‌شوند. تحقیقات علمی ساده، مبتنی بر اندازه‌گیری‌های ساده است، در حالی که، تحقیقات علمی پیچیده، وابسته به روش‌های ریاضی هستند (Henry, 2002: 14). سعی می‌شود از داده‌ها، برای توصیف یک شهر بهره گرفت. همانگونه که لرد کلون اشاره می‌کند: اگر نتوان چیزی را اندازه‌گیری کرد و نتوان آن را به صورت عددی بیان کرد، دانش درمورد آن چیز ضعیف و ناچیز است (Taylor, 1983: 15). در بسیاری از موارد برای توصیف یک سیستم پیچیده مانند شهرها، یافتن یک اندازه مشخص و واحد غیرممکن است. در چنین شرایطی باید دنبال مفهوم مقیاس‌گذاری در شهر بود. در این راستا، هندسه فراکتال را می‌توان، یکی از ابزارهای ریاضی برای تجزیه و تحلیل مقیاس دانست. مفهوم کلی فراکتال، به خوبی آشکار شده است، اما چگونگی درک آن برای موضوعات خاصی، مانند شهرها هنوز مشکل می‌باشد و نمی‌توان آن را با ویژگی‌های ساده‌ای مانند، طول، مساحت، حجم و تراکم تعریف کرد. در مطالعات شهری، تعیین طول مناطق و محدوده‌های شهری غیرممکن است (Batty and Longley, 1994: 16; Frankhauser, 1994: 46). در این حالت سنجش جمعیت یک شهر نیز غیرممکن خواهد بود. پیش شرط تعیین میزان جمعیت شهری، تعیین خط مرزی شهر، به‌طور دقیق می‌باشد، جمعیت یکی از متغیرهای اصلی، در بررسی سرزندگی فضایی توسعه‌ی شهر است (Dendrinis, 1992: 18). اگر نتوانیم جمعیت یک شهر را مشخص کنیم، چگونه می‌توانیم شهر را توصیف کنیم؟ اگر نتوانیم یک شهر را توصیف کنیم، چگونه می‌توانیم مکانیسم‌های تکامل شهری را درک کنیم؟ خوشبختانه امروزه می‌توان از ابعاد فراکتالی شکل شهری، به عنوان جایگزینی برای تعریف مساحت و حجم جمعیت شهری بهره گرفت. در این حالت یک مشکل جدید به وجود می‌آید، اینکه چگونه یک شهر فراکتالی را تعریف کنیم و ابعاد فراکتالی آن را مشخص کنیم؟ در این مقاله قرار است تحقیقات علمی که در مدت بیست و پنج سال در مورد شهر فراکتالی انجام شده همراه با تحلیل یک نمونه‌ی داخلی، ارائه گردد. شناسایی و تعیین الگوهای فراکتالی برای هر بلوک شهری و در نهایت برای کل شهر ضروری و مهم می‌باشد. این اهمیت به خصوص در شناسایی این الگوهای فراکتالی در هسته‌های تاریخی شهرها و محلات تاریخی مهم و ضروری می‌باشد. تا علاوه بر تصمیم‌گیری‌های درست برای توسعه‌ی این مناطق، الگوهای فراکتالی محلات تاریخی به عنوان یک گنجینه حفاظت شود. پیچیدگی و سادگی مورفولوژی شهری شناسایی شود. درجه‌ی پرشدگی و یکنواختی محله‌ی خاماچیلار خوی مورد بررسی دقیق قرار گیرد تا برنامه‌ریزی‌های آینده با توجه به این الگوهای بدست آمده انجام شود. تصمیمات بی‌اساس برای محلات و در نتیجه کل شهر گرفته نشود.

- فراکتال چیست و چگونه می‌توان از فراکتال‌ها در درک امور شهری بهره گرفت؟
- فرایند تحلیلی یک شهر براساس ابعاد فراکتالی به چه صورت می‌باشد؟
- محله‌ی خاماچیلار خوی در فرایند تحلیلی فراکتال در چه وضعیتی قرار دارد؟

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پیشینه‌ی فراکتال

به‌طور کلی، پس از ظهور نظریه آشوب و پیچیدگی در اواسط دهه ۷۰، نظریه فراکتال ظهور کرد. فراکتال یک مفهوم ریاضی جدید و غیر اقلیدسی است که به‌طور ساده‌ای ویژگی‌های موجود در طبیعت را توصیف می‌کند. به گفته مورخان، تولد فراکتال‌ها را می‌توان در دهه ۱۹۶۰ دید. با ظهور نظریه فراکتال در ریاضیات، مبحث جدیدی تحت عنوان هندسه

فراکتالی ظهور کرد، که می‌تواند راه‌حلی برای پیچیدگی‌های موجود در طبیعت به‌صورت اصولی پیدا کند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که مبنای هندسه فراکتالی براساس نظریه آشوب بنا شده است. اساساً، نظریه آشوب حاکی از نظم در بی‌نظمی است (Gleick, 2005: 66). دنیای ریاضی فراکتال امکانات غنی‌تری را در بر می‌گیرد که گامی فراتر برای جستجوی ساختارهایی است که در طبیعت مشاهده می‌شود. به‌گونه‌ای که ریاضیات قرن بیستم توانسته است بر محدودیت‌های اعمال شده توسط اصول طبیعی برتری داشته باشد (Bovill, 2007: 101).

آیا شهرها فراکتال هستند؟

در واقعیت ما نمی‌توانیم هیچ فراکتال واقعی (براساس هندسه‌ی فراکتالی)، در دنیای واقعی پیدا کنیم. به این منظور که ما در دنیای واقعی، نمی‌توانیم مثلث‌ها و دایره‌ها را، براساس هندسه‌ی اقلیدسی، در دنیای واقعی مشخص کنیم. یک فراکتال واقعی دارای سطوح نامتناهی است که فقط در دنیای ریاضیات قابل بررسی است. شهرها فراکتال واقعی نیستند، زیرا شکل شهری مقیاس مشخصی ندارد. تعداد زیادی از مطالعات تجربی، نشان می‌دهد که، براساس مقیاس‌بندی‌های مشخص، فرم شهری، تنها از راه فراکتال قابل بررسی می‌باشد. انسان‌ها در روزگار قدیم با طبیعت هم‌نشینی قوی داشتند و مانند انسان‌های دوران معاصر، با طبیعت همراه بودند، به این رو شهرهای‌شان با نظم طبیعت بود. ضمیر ناخودآگاه‌شان نیز با نظم طبیعت - یعنی با نظم فراکتال - رشد می‌یافت، در نتیجه ساخته‌های‌شان نیز دارای نظم فراکتال بود. شکل شهری از قوانین قدرت پیروی می‌کند، این بیانگر این است که رفتار شکل شهری را می‌توان براساس پیش فراکتال، پیش بینی کرد. خاصیت اصلی یک جسم قبل از فراکتال تصادفی این است که محدوده مقیاس‌گذاری آن محدود است و مقدار بعد فراکتال آن بر اساس دامنه مقیاس‌گذاری مشخص می‌شود (Addison, 1997: 94).

هندسه‌ی فراکتال - رویکردی نو برای تجزیه و تحلیل مقیاس‌ها

هندسه فراکتال ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل مقیاس‌بندی پدیده‌های بدون مقیاس، مانند فرم شهری است. شهرها، از بسیاری جنبه‌ها، از مقیاس مشخصی برخوردار نیستند و نمی‌توانند با روش‌های معمول ریاضی مدل‌سازی شوند. در مقابل، پدیده‌های شهری را می‌توان با پارامترهای فراکتالی به‌خوبی مشخص کرد. پدیده‌های طبیعی و اجتماعی را می‌توان تقریباً به دو دسته تقسیم کرد: پدیده‌های با مقیاس و پدیده‌های بدون مقیاس.

برای پدیده‌های با مقیاس، می‌توان طول مشخص، مساحت، حجم، تراکم، مقادیر ویژه، ارزش متوسط، انحراف معیار و غیره را پیدا کرد. اگر توزیع مکانی این نوع پدیده‌ها به توزیع احتمالی تبدیل شود، از ساختار احتمالی واضح و پایدار برخوردار خواهند بود و بنابراین می‌توان با عملکرد گاوسی، عملکرد نمایی، عملکرد لگاریتمی، عملکرد لگنورمالی، عملکرد ویبول و غیره شهر را توصیف کرد. در مقابل، برای پدیده‌های بدون مقیاس، ما نمی‌توانیم طول، مساحت، حجم، تراکم، مقادیر ویژه، ارزش متوسط، انحراف معیار و غیره را پیدا کنیم. ریاضیات سنتی نمی‌تواند به‌طور مؤثر چنین پدیده‌هایی را توصیف کند. در سال‌های اخیر، تعدادی از ابزارهای نظری برای تجزیه و تحلیل مدل‌های بدون مقیاس در حال ظهور هستند، از جمله هندسه فراکتال، آنالیز موجک، نظریه آلو متریک و نظریه شبکه پیچیده. در میان ابزارهای مختلف جدید، هندسه فراکتالی یک روش عالی برای مدل‌سازی و تحلیل مقیاس فرم‌های بدون مقیاس است.

یک شهر یک سیستم پیچیده و دارای ویژگی‌های چندوجهی است. از بعضی جنبه‌ها، یک شهر دارای مقیاس‌های مشخصی است و می‌توان آن را با روش‌های مشخصی مورد سنجش قرارداد. به‌عنوان مثال توزیع تراکم جمعیت شهری،

که می‌توان با مدل کلارک آن را توصیف کرد (Clark, 1951: 491). اما از جنبه‌های دیگر، شهر دارای مقیاس مشخصی نیست، مانند مورفولوژی شهری، که ما نمی‌توانیم مقیاس مشخصی برای آن بیابیم. در نتیجه روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل، برای تحقیقات و مطالعه در مورد شکل شهری و رشد شهری نامعتبر هستند. هندسه‌ی فراکتال، به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند، می‌تواند این تجزیه و تحلیل را در مورد شهر برای ما انجام دهد.

چگونه یک شهر فراکتالی تعریف کنیم؟

یک شهر را هم می‌توان در یک فضای دوبعدی تعریف کرد و هم در یک فضای سه بعدی (Thomas, et al, 2012: 190). اکثر شهرهای فراکتال در یک فضای دو بعدی، بر اساس نقشه‌های دیجیتالی یا تصاویر سنجش از راه دور تعریف می‌شوند. با این حال برخی از محققان، شهر را در یک فضای سه بعدی مورد مطالعه قرار می‌دهند (e.g., Qin et al, 2015: 87). در واقع، یک فراکتال مبتنی بر فضای تعبیه سه بعدی می‌تواند از طریق یک فضای دوبعدی بررسی شود. در ساده‌ترین حالت، رابطه (۱) بین ابعاد فراکتال بر اساس فضای تعبیه شده دو بعدی، $D(2)$ و بعد فراکتالی بر اساس فضای تعبیه شده‌ی سه بعدی $D(3)$ ، به این شرح تعریف می‌شود (Vicsek, 1989: 45):

$$D(3) = 1 + D(2)$$

(۱):

برای مطالعه یک شهر، باید یک شهر را توصیف کنیم. برای توصیف یک شهر، باید اقدامات اساسی آن مانند اندازه جمعیت، مساحت شهری و تولید اقتصادی را بدانیم. متأسفانه، شکل شهری مقیاس مشخصی ندارد. مساحت شهری به‌طور عینی قابل محاسبه نیست، زیرا نتایج اندازه‌گیری بستگی به مقیاس دارد. در این حالت می‌توان از ابعاد فراکتالی شکل شهری به عنوان جایگزینی برای منطقه شهری استفاده کرد تا میزان پر شدن فضای شهری را منعکس کند. منطقه شهری یک اندازه‌گیری وابسته به مقیاس است، در حالی که بعد فراکتال یک پارامتر مقیاس است. به هر حال، برخی از محققان ترجیح می‌دهند فراکتال شهر را در یک فضای سه بعدی تعریف کنند، این بدان معنی است که آنها سعی می‌کنند یک بعد فراکتالی را بر اساس فضای سه بعدی به کاربرند تا جایگزین حجم شهری شود.

قانون شناخته شده کلارک درباره توزیع تراکم جمعیت شهری در یک فضای دو بعدی در واقع مبتنی بر یک فضای یک بعدی است، اما این مدل اطلاعات جغرافیایی را در یک فضای سه بعدی منعکس می‌کند (Clark, 1951: 492). به عبارت دیگر، توزیع جمعیت در فضای سه بعدی با تراکم جمعیت به فضای دو بعدی پیش‌بینی می‌شود و سپس بیان ریاضی بر اساس فضای یک بعدی با کمک میانگین آماری ایجاد می‌شود. مورد مشابه مدل اسمید در توزیع چگالی ترافیک شهری (Batty and Longley, 1998: 465; Smeed, 1963: 30). اگر یک فرکتال شهری را از طریق یک فضای ۳ بعدی مطالعه شود، میزان کار و دشواری محاسبه ابعاد فراکتال به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد و دقت تخمین پارامتر فراکتال کاهش می‌یابد. به طور خلاصه کارسختی است که، فضای دوبعدی را با یک فضای سه بعدی جایگزین کنیم.

اگر شکل شهری در یک فضای تعبیه سه بعدی تعریف شود، ابعاد فراکتالی آن بین دو تا سه خواهد آمد و این مقدار همیشه بزرگتر از یک خواهد بود (Chen, 2010: 443; Lee, 1989: 465; Louf and Barthélemy, 2014a: 5561). این نشان

می‌دهد که بعد شکل شهری، Df ، بین یک و دو قرار دارد. در حقیقت، در مطالعات شهری، ابعاد فراکتال مفهومی برای مقایسه است.

اگر فراکتال شهری در یک فضای دو بعدی تعریف شود، شکل فراکتالی شامل دو بخش است: منطقه شهری و محدوده شهری. بحث فوق مبتنی بر منطقه شهری است، اما محدوده شهری را هم می‌توان با فراکتال تعریف کرد (Batty and Longley, 1988: 465; Batty and Longley, 1994; Benguigui et al, 2006: 270; Chen, 2011: 116; Longley and Batty, 1989a: 201; Longley and Batty, 1989b: 75; De Keersmaecker et al, 2003: 310).

محدوده شهری، به عنوان پاکت بسته شهری بیان می‌شود، که در آن می‌توان یک منطقه شهری اقلیدسی را تعریف کرد (Batty and Longley, 1994: 90; Longley et al, 1991: 93). رابطه (۲)، بین طول محدوده شهری و منطقه اقلیدسی داخل این پاکت، به شرح زیر می‌باشد:

$$A = aL^{2/Db} \quad \text{رابطه (۲):}$$

معادله فراکتالی بالا را می‌توان با بیان عمومی‌تر به این شرح داشت:

$$A = A_l^{Df/Db} \quad \text{رابطه (۳):}$$

A ، به منطقه اقلیدسی یک شهر و Df ، ابعاد فراکتالی منطقه شهری است. بعد توپولوژی مرز شهری $Db=1$ است، بنابراین بعد مرز شهری بیشتر از یک هست و مقدار فراکتالی شهر بین یک و دو می‌باشد. اگر شکل شهری را مورد مطالعه قرار گیرد و سعی گردد منطقه شهری را با ابعاد شکل جایگزین کنیم، این بعد توپولوژیکی منطقه شهری است که کمترین مقدار بعد فراکتال را تعیین می‌کند. از سوی دیگر، اگر مرز شهری مورد تحقیق قرار گیرد و سعی شود طول محیط شهری را با ابعاد مرز جایگزین گردد، این ابعاد توپولوژیکی مرز شهری است که ارزش کمترین را از بعد فراکتال بدست می‌آورد.

مدل‌سازی فراکتالی از فرم شهری

فرایند تحقیق علمی دقیق، شامل دو بخش است. بخش اول، توصیف سیستم و بخش دوم درک مکانیسم کار سیستم (Gordon, 2005: 48). براین اساس روش علمی شامل دو بخش است، توصیف و درک. تئوری فراکتال شامل دو بخش مرتبط است: یکی نظریه پوسته پوسته شدن سیستم‌های پیچیده و دیگری روش ریاضی شناخته شده با عنوان هندسه فراکتال. نظریه فراکتال به عنوان یک نظریه پیچیده، می‌تواند در راستای درک رفتار یک سیستم پیچیده مانند شهرها به کار گرفته شود. در حقیقت، یک تئوری ریاضی در هر تحقیق علمی دو نقش دارد، یکی ساخت مدل‌ها و توسعه نظریه (مدل‌سازی ریاضی) و دیگری داده‌های تجربی و مشاهده‌ای (تجزیه و تحلیل آماری). در مطالعات شهری، هندسه فراکتال می‌تواند دو نقش داشته باشد: یکی ایجاد مدل‌هایی برای شهرها و سیستم‌های شهری و دیگری مشاهدات تجربی شهرها با استفاده از داده‌های بدست آمده می‌باشد.

داده‌ها و مدل‌ها هر دو برای پیشرفت درک علم ضروری هستند، داده‌ها، محدودیت‌ها را بر روی مدل‌ها ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر مدل‌ها برای درک فرآیندها و نحوه کار سیستم ضروری هستند. در صورت عدم وجود هر یک، درک و توضیح ما از یک پدیده زیر سوال می‌رود. این موضوع بسیار کلی است و همه حوزه‌های علمی از جمله مطالعه شهرها را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد.

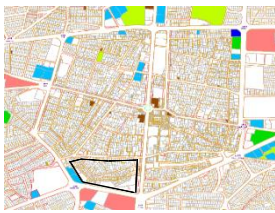
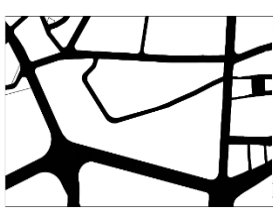
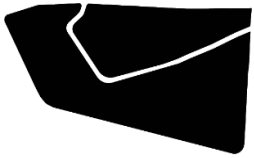
دو رویکرد برای مدلسازی شهرها

همان‌طور که در مباحث قبلی اشاره شد، یکی از وظایف مهم مطالعات شهر فراکتال، ساختن مدل آن است. همان‌طور که لانگلی (۱۹۹۹) خاطرنشان کرد: «به‌طور کلی‌تر» یک مدل می‌تواند به عنوان «ابزاری برای ساده سازی واقعیت» تعریف شود، نه چیزی بیشتر، نه چیزی کمتر. در تحقیقات علمی مطالعات ریاضی را می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد: مدل‌های مکانیکی و مدل‌های پارامتریک (Su, 1988: 6). بر این اساس، دو روش برای ایجاد مدل‌های ریاضی وجود دارد: روش تحلیلی و روش تجربی (Zhao and Zhan, 1991: 20). این دو روش باهم در تضاد نیستند و در طول مراحل تحقیق، قابلیت تبدیل شدن به یکدیگر را دارند.

معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در قسمت جنوب غربی مرکز تاریخی خوی واقع شده است. این منطقه در شمال با کوچه فرامرزی، از غرب با کوچه سلامت‌بخش و خیابان امام خمینی (ره)، در جنوب با بلوار مدرس و در شرق با خیابان طالقانی محدود می‌شود. مساحت آن تقریباً ۲ هکتار است. در منطقه جنوب غربی محله خاماچیلار برخی از ادارات و مدرسه واقع شده است. محله خاماچیلار از دو بلوک اصلی تشکیل شده است. بلوک‌ها به صورت طولی با هندسه نامنظم شکل می‌گیرند. این دو بلوک نامنظم توسط یک خیابان اصلی از هم جدا شده‌اند.

جدول (۱): مشخصات نمونه‌ی موردی

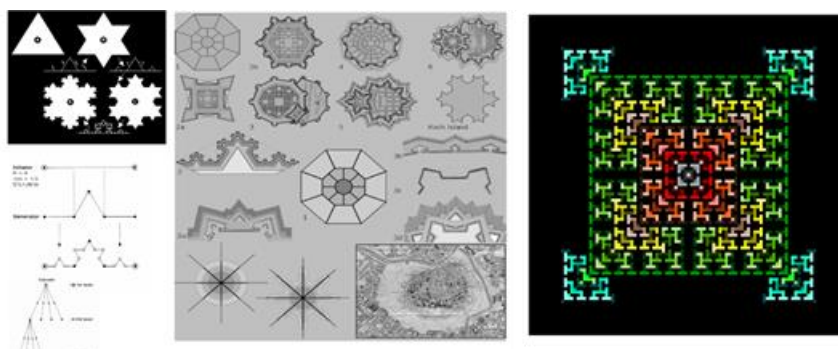
			
هسته ی تاریخی خوی	موقعیت محله ی در هسته	ارتباطات محله	بلوک بندی محله
			
شکل کلی دو بلوک	دسترسی های داخلی	بلوک ۲	بلوک ۱

مواد و روش‌ها

مدل‌های فراکتال و پارامترهای شهری

ما حداقل سه رویکرد برای توسعه‌ی مدل‌های ریاضی از شکل شهری، با استفاده از ایده‌های تئوری فراکتال داریم. اول، ساخت مدل‌های جدید، دوم، بهبود مدل‌های قدیمی و سوم، وام‌گیری از مدل‌های دیگر. لازم است به‌طور مختصر در مورد روش سوم توضیح داده شود. یک مدل ریاضی می‌تواند از یک زمینه‌ی دیگر آغاز شود و به یک زمینه‌ی دیگر پیوند داده شود. برای مثال مدل لجستیک در ابتدا در سال ۱۸۳۸، برای پیش‌بینی رشد جمعیت پیشنهاد شد (Banks, 1994: 42). اما امروزه از این تابع شناخته شده، برای پیش‌بینی بسیاری از پدیده‌های مختلف شهر نشینی استفاده می‌شود (Naroll and Bertalanffy, 1956: 80; Chen, 2011: 442). از نظر تئوری، می‌توان مقادیر ابعاد فراکتالی شکل یک شهر را در زمان‌های مختلف محاسبه کرد. این مقادیر مسیر نموداری بعد فراکتالی را تشکیل می‌دهند و بیشتر به صورت یک منحنی، تغییر ابعاد فراکتالی مورفولوژی شهری را نشان می‌دهند (Diebold, 2007: 101). چگونگی تعیین مقادیر پارامتر فراکتالی به اهداف تحقیق و شرایط داده بستگی دارد.

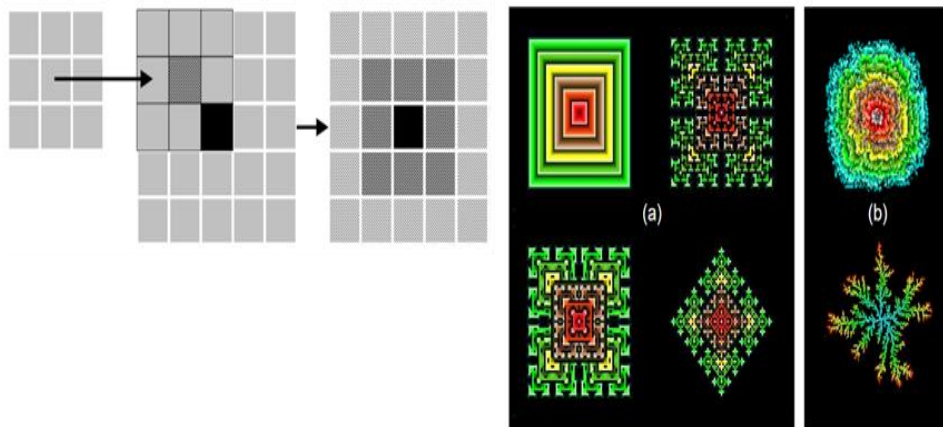
امروزه تعاریف مختلفی برای بعد فراکتال وجود دارد و ابعاد فراکتال مشترک در مطالعات شهری مدل شمارش جعبه و خودمتشابه است. مدل شمارش جعبه، عمدتاً برای درک ساختار فضایی شهرها و سیستم‌های شهری مناسب است، در حالی که روش خود متشابه، برای درک سلسله مراتب، عناصر داخلی شهر مانند وضعیت کاربری اراضی و... مناسب می‌باشد. به‌طور کلی روش خود متشابه از کنار هم قرار گرفتن یک شیء بدست می‌آید، یا اینکه یک موضوع نسبت به موضوع دیگر و به‌طور متوالی کوچک، بزرگ و در زاویه‌های مختلف تکرار می‌شود.



شکل (۱): نمونه‌ای از تصاویر برای درک روش خودکشابه در فرم شهری

منبع: Chen, Y.G, 2016

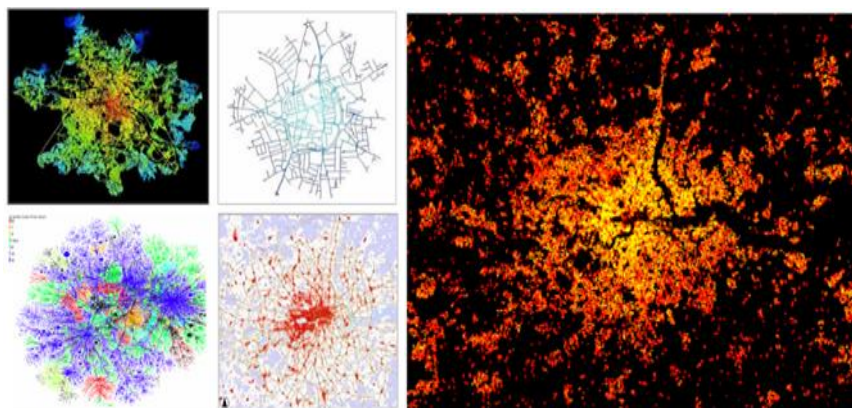
روش شمارش مشبک (جعبه)، یکی از راه‌های تعیین بعد فرکتالی یک مجموعه نقاط در فضای اقلیدسی یا به‌طور کلی‌تر در یک فضای متریک می‌باشد، برای محاسبه این بعد مجموعه نقاط در یک شبکه که به‌طور مساوی در تمام ابعاد تقسیم شده است قرار می‌گیرد و با شمارش تعداد خانه‌هایی که این مجموعه نقاط را پوشش می‌دهد محاسبه می‌گردد.



شکل (۲): نمونه از تصاویر برای درک روش شمار مشبک (جعبه) در فرم‌های شهری و گیاهی

منبع: Chen, Y.G, 2016

به طور کلی یک رابطه‌ی معنادار بین ابعاد تیپولوژیکی شهر و هندسه‌ی فراکتالی وجود دارد. بعد خود متشابه و بعد جعبه را می‌توان با ایده‌هایی از فراکتال محاسبه کرد. بعد فراکتالی، معیاری برای سنجش پدیده‌های بدون مقیاس است، که هیچ مقیاس مشخصی ندارند و نمی‌توانند با روش‌های سنتی ریاضی، توصیف شوند. در مورد شهرها، به کارگیری ابعاد فراکتالی، حداقل سه جنبه دارد: بررسی درجه و شکل پر شدن فضا، بررسی درجه‌ی یکنواختی مکان و بررسی درجه‌ی پیچیدگی مکان (Kaye, 1989: 63).



شکل (۳): نمونه‌ای از به کارگیری روش فراکتال در درک میزان پرشدگی فضا، یکنواختی و پیچیدگی مکان

منبع: Chen, Y.G, 2016

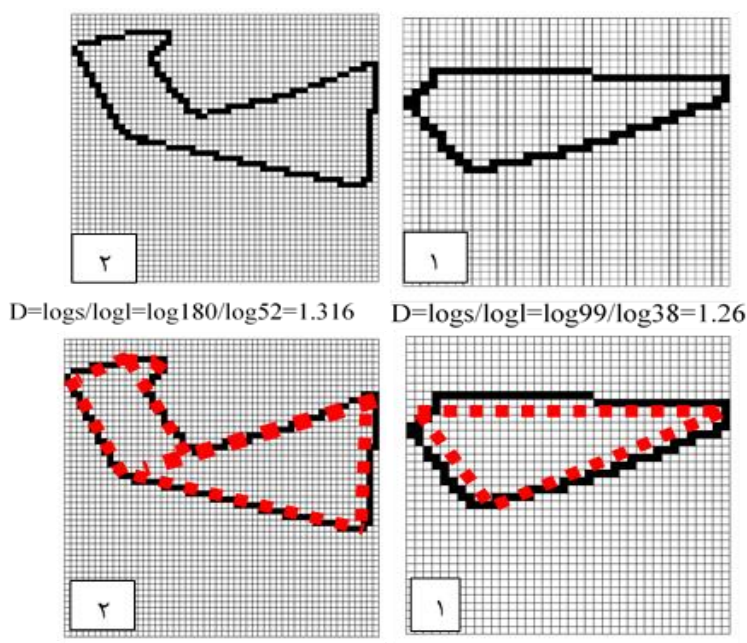
این ابعاد را می‌توان به عنوان یک اقدام اساسی برای بررسی، رشد شهری مورد استفاده قرار داد و از این معیارها برای جایگزینی منطقه شهری استفاده می‌شود. همانطور که بارها و بارها ذکر شد، به دلیل وابستگی به مقیاس اندازه‌گیری‌های مکانی شهری، منطقه شهری را نمی‌توان به صورت عینی تعیین کرد، در حالی که بعد فراکتال یک پارامتر عاری از مقیاس است که می‌توان از آن برای جایگزینی منطقه شهری استفاده کرد تا منعکس‌کننده فضای پر و وسعت استفاده از زمین باشد. با استفاده از ابعاد فراکتالی شکل شهری، مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های شهری یا شاخص‌ها را می‌توان برای توصیف توسعه شهر تعریف کرد.

جدول (۲): سه وجه توصیف شهر از طریق هندسه‌ی فراکتال

فراکتال	فراکتال در شهر
روش خود متشابه	درجه‌ی یکنواختی
	درجه‌ی پیچیدگی
روش شمارش جعبه	درجه و شکل پرشدگی فضا

تجزیه و تحلیل داده‌ها

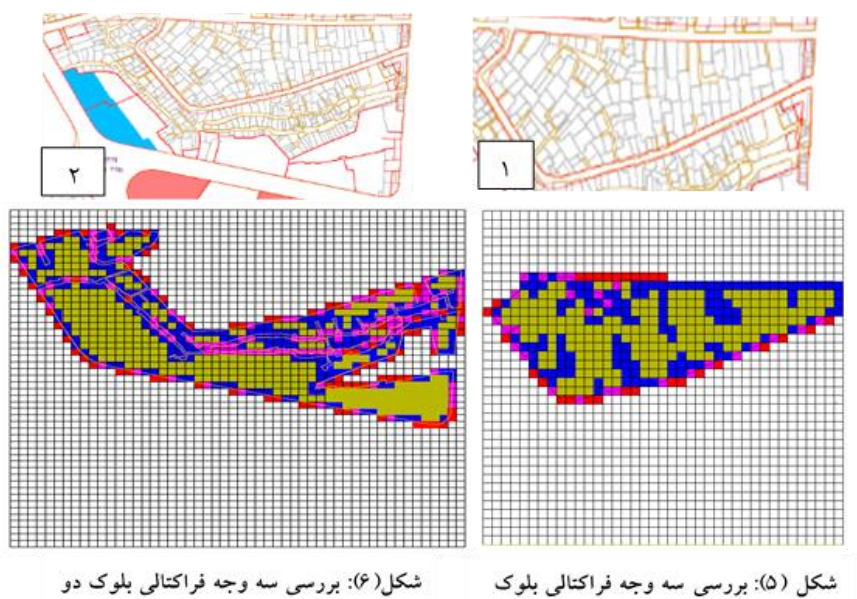
گونه‌بندی‌های زیر، نمونه‌های اولیه‌ی بافت مسکونی محله‌ی تاریخی خاماچیلارخوی می‌باشد که، در طول تاریخ با کمترین تغییرات به زمان معاصر رسیده است. این محله‌ی تاریخی از دو بلوک اصلی تشکیل شده است. این دو بلوک اصلی که ریز بلوک‌های فراوانی را درون خود جای داده‌اند، هندسه‌ی ارگانیک دارند. هندسه‌ی این دو بلوک توسط اشکال، مثلث، مربع و مستطیل به وجود آمده است. بلوک اصلی یک در فرمول فراکتال، عدد ۱,۲۶ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، در فرمول فراکتال، عدد ۱,۳۲ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، نسبت به بلوک اصلی یک، فراکتال‌تر می‌باشد. درحقیقت یکی از اصلی‌ترین کارها در تحقیقات علمی، ایجاد الگوهاست. تعیین ابعاد فراکتالی بلوک‌ها، راهی برای رسیدن به این الگوها می‌باشد. با بررسی‌های انجام شده در هر دو بلوک یک و دو با توجه به روش‌های شمارش و جعبه و خود متشابه، بلوک یک نسبت به بلوک دو از درجه‌ی پرشدگی بالاتری برخوردار است. بلوک دو نسبت به بلوک یک پیچیده‌تر و بلوک یک نسبت به بلوک دو، یکنواخت‌تر می‌باشد.



شکل (۴): تجزیه و تحلیل فراکتالی بلوک یک و دو محله‌ی خاماچیلار

بلوک‌های یک و دو در محله‌ی خاماچیلارخوی، مطابق اشکال بالا از دو شکل اصلی مثلث و مستطیل تشکیل شده

است.



جدول (۴): راهنمای نقشه

کامل پر	سبز
کمتر از نصف پر	قرمز
بیشتر از نصف پر	آبی
نصف پر	صورتی

طبق اشکال بالا، بلوک‌ها در بررسی سه وجه فراکتالی، در شمارش جعبه، در چهار حالت کاملاً پر، کمتر از نصف پر، بیشتر از نصف پر و نصف پر الگوهای خود را به صورت بالا تشکیل داده است.

جدول (۵): سه وجه فراکتالی محله‌ی خاماچیلار (بلوک یک و دو)

شماره بلوک	روش شمارش جعبه	روش خود متشابه
	درجه‌ی پرشدگی	درجه‌ی یکنواختی
بلوک ۱	۵۶ درصد	۵۶ درصد
بلوک ۲	۴۹ درصد	۴۹ درصد

طبق بررسی‌های انجام شده، بلوک یک، در روش شمارش جعبه، نسبت به بلوک دو از درجه‌ی پرشدگی بالایی برخوردار است. در روش خود متشابه، بلوک یک نسبت به بلوک دو، یکنواخت‌تر می‌باشد و بلوک دو نسبت به بلوک یک، پیچیده‌تر می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

هندسۀ فراکتال یک چارچوب جدید ریاضی را برای توصیف مورفولوژی شهر، در اختیار متخصصان قرار می‌دهد. برای توصیف شکل شهری و تبیین رشد شهری، به ابعاد فراکتالی مختلف احتیاج داریم. برای درک مفهوم بعد فراکتال، باید از مفاهیم بعد توپولوژیکی و بعد اقلیدسی فضای تعبیه شده که در آن شهرهای فراکتال تعریف شده است، آگاهی داشته باشیم. از تئوری فراکتال می‌توان برای تجزیه و تحلیل مکانی، برای جنبه‌های بدون مقیاس مورفولوژی شهری استفاده کرد. نکات اصلی این مقاله را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد.

اول، هندسه فراکتال ابزاری قدرتمند برای تحلیل بدون مقیاس است و مورفولوژی شهری پدیده جغرافیایی عاری از مقیاس است. بنابراین، تئوری فراکتال می‌تواند به طور طبیعی برای مطالعات شهری کاربرد داشته باشد. شهرها، فرکتال‌های واقعی نیستند، اما می‌توان آنها را به صورت پیش فرکتال‌های تصادفی، که دارای خواص فراکتال در محدوده‌های مقیاسی خاصی هستند، در نظر گرفت. اگر فرم شهری مقیاسهای مشخصی داشت، منطقه شهری و محیط شهری را محاسبه می‌شد. بنابراین شکل شهری را می‌توان با روشهای ریاضیات پیشرفته سنتی توصیف کرد. متأسفانه، شکل شهری مقیاس مشخصی ندارد. مطالعات بسیار زیادی نشان می‌دهد که شکل شهری از قوانین قدرت پیروی می‌کند که نشانگر ماهیت فراکتال است. در این حالت، توصیفی مناسب برای استفاده از هندسه فراکتال برای توصیف مورفولوژی شهری و تجزیه و تحلیل مقیاس‌بندی الگوها و فرآیندهای شهری است.

دوم، یک فراکتال شهری را هم می‌توان در یک فضای دو بعدی و هم می‌توان در یک فضای سه بعدی نیز تعریف کرد. اما مناسب‌ترین بعد بررسی فراکتال شهری، بعد دو بعدی می‌باشد نه سه بعدی. بنابراین یک شهر را از لحاظ ابعاد فراکتالی، می‌توان به صورت دوبعدی بررسی کرد. به طوری که بعد فراکتالی دو بعدی شهر، می‌تواند جایگزین مناسبی برای منطقه بندی شهری شود. تجزیه و تحلیل شهر از طریق الگوی دوبعدی راحت‌تر است، زیرا بسیاری از اطلاعات شهری به صورت دو بعدی ذخیره می‌شوند.

سوم، با توجه به ویژگی‌های فضایی و مکانی مشخص شده از ابعاد فراکتالی شهر، برخی از مظاهر شهری مانند پیکر بندی، قابلیت دسترسی، اندازه‌ی قطعات، میزان فضاهای پر و خالی، توزیع زیرساخت‌ها و امکانات عمومی شهر بررسی و در طراحی‌ها بهبود یابند. هندسه‌ی این دو بلوک توسط اشکال، مثلث، مربع و مستطیل به وجود آمده است. بلوک اصلی یک در فرمول فراکتال، عدد ۱,۲۶ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، در فرمول فراکتال، عدد ۱,۳۲ را بدست آورده است. بلوک اصلی دو، نسبت به بلوک اصلی یک، فراکتال‌تر می‌باشد. درحقیقت یکی از اصلی‌ترین کارها در تحقیقات علمی، ایجاد الگوهاست. تعیین ابعاد فراکتالی بلوک‌ها، راهی برای رسیدن به این الگوها می‌باشد. با بررسی‌های انجام شده در هر دو بلوک یک و دو با توجه به روش‌های شمارش و جعبه و خود متشابه، بلوک یک نسبت به بلوک دو از درجه‌ی پرشدگی بالاتری برخوردار است. بلوک دو نسبت به بلوک یک پیچیده‌تر و بلوک یک نسبت به بلوک دو، یکنواخت‌تر می‌باشد.

منابع

- Addison PS (1997). “*Fractals and Chaos: An Illustrated Course*”. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing.
- Bovill, C. (2007). “Fractal geometry in architecture. Translated by: Ganjooie”, A. University of shahid bahonar kerman Publication: Kerman.
- Banks RB (1994). “Growth and Diffusion Phenomena: Mathematical Frameworks and Applications”. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Batty M, Longley PA (1994). “Fractal Cities: A Geometry of Form and Function”. London: Academic Press.
- Batty M. Longley PA (1988). “The morphology of urban land use”. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 15(4): 461-488.
- Benguigui L, Blumenfeld-Lieberthal E, Czamanski D (2006). “The dynamics of the Tel Aviv morphology” *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33: 269-284.
- Benguigui L, Czamanski D, Marinov M (2001). “City growth as a leap-frogging process: an application to the Tel-Aviv metropolis”. *Urban Studies*, 38(10): 1819-1839.
- Benguigui L, Czamanski D, Marinov M, Portugali J (2000). “When and where is a city fractal?”. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 27(4): 507-519.
- Chen, Y.G., (2011). “Derivation of the functional relations between fractal dimension and shape indices of urban form”. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35(6): 442-451.
- Chen, Y.G., (2014). “Urban chaos and replacement dynamics in nature and society”. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 413: 373-384.
- Chen, Y.G., (2016). “Defining urban and rural regions by multifractal spectrums of urbanization”. *Fractals*, 2016, 24(1): 1650004.
- Clark, C., (1951). “Urban population densities”. *Journal of Royal Statistical Society*, 114(4): 490-496.
- De Keersmaecker M-L, Frankhauser P, Thomas I (2003). “Using fractal dimensions for characterizing 24 intra-urban diversity: the example of Brussels”. *Geographical Analysis*, 35(4): 310-328.
- Dendrinos, D.S., (1992). “The Dynamics of Cities: Ecological Determinism, Dualism and Chaos”. London and New York: Routledge.
- Diebold, F.X., (2007). “Elements of Forecasting (4th edition). Mason, Ohio: Thomson/South-Western Feder J (1988). *Fractals*. New York: Plenum Press.
- Frankhauser P (1994). “La Fractalité des Structures Urbaines (The Fractal Aspects of Urban Structures)”. Paris: Economica.
- Gleick, J. (2005). “Chaos: making a new science”.
- Gordon, K., (2005). “The mysteries of mass”. *Scientific American*, 293(1):40-46/48.
- Henry, J. (2002). “The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science (2nd Edition)”. New York: Palgrave, page 14.
- Kaye, B.H., (1989). “A Random Walk Through Fractal Dimensions”. New York: VCH Publishers.
- Lee TD (1988). “Symmetries, Asymmetries, and the World of Particles”. Seattle and London: University of Washington Press.
- Lee Y (1989). “An allmetric analysis of the US urban system: 1960-80”. *Environment and Planning A*, 21(4): 463-476.
- Longley, P.A., (1999). “Computer simulation and modeling of urban structure and development. In: M. Pacione (ed) *Applied Geography: Principles and Practice*”. London and New York: Routledge., pp605-619.
- Longley PA, Batty M (1989a). “Fractal measurement and line generalization”. *Computer & Geosciences*, 15(2): 167-183.
- Longley, P.A, Batty, M. (1989b). “On the fractal measurement of geographical boundaries”. *Geographical Analysis*, 21(1): 47-67.
- Longley, P.A, Batty, M., Shepherd, J. (1991). “The size, shape and dimension of urban settlements”. *Transactions of the Institute of British Geographers (New Series)*, 16(1): 75-94.
- Louf, R., Barthelemy, M., (2014a). “How congestion shapes cities: from mobility patterns to scaling”. *Scientific Reports*, 4, 5561.
- Naroll, R.S, Bertalanffy, L. von (1956). “The principle of allometry in biology and social sciences”. *General Systems Yearbook*, 1: 76-89.
- Qin, Fang CL, Wang Y, Li QY, Zhang YJ (2015). “A three dimensional box-counting method for estimating fractal dimension of urban form”. *Geographical Research*, 34 (1): 85-96.
- Smeed RJ (1963). “Road development in urban area”. *Journal of the Institution of Highway Engineers*, 10(1): -30.
- Su MK (1988). “Principle and Application of System Dynamics”. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University press 6
- Taylor PJ (1983). “Quantitative Methods in Geography”. Prospect Heights, Illinois: Waveland Press.
- Thomas I, Frankhauser P, Badariotti D (2012). “Comparing the fractality of European urban neighbourhoods: do national contexts matter?”. *Journal of Geographical Systems*, 14(2): 189-208.
- Vicsek, T. (1989). “Fractal Growth Phenomena”. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Zhao CY, Zhan YH (1991). “Foundation of Control Theory”. Beijing: Tsinghua University press 6.