مجله آمایش جغرافیایی فضا
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال چهارم/ شماره مسلسل چهاردهم/ زمستان ۱۳۹۳

تبیین ابعاد استفاده از هندسه فرکتال در تحلیل‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری

***جعفر میرکتولی[۱]، رضا بارگاهی[۲]، سیده‌زهرا عقیلی[۳]**
[۱]دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه گلستان
[۳]دانشجوی کارشناسی مهندسی معماری دانشگاه گلستان
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۳

چکیده

شهر نیاز به پویایی دارد؛ این پویایی لزوم برنامه‌ریزی درازمدت فراتر از چارچوب‌های محدود و بسته را برای آن ایجاب می‌کند. در پی چنین تفکری کنترل و هدایت این پویایی و نظارت بر تغییر و تحولات آن ضروری است. فرکتال یک روش مناسب و کارآمد در تشریح محیط‌های جغرافیایی است که در برنامه‌ریزی شهری نیز کاربرد دارد. برنامه‌ریزی شهری بر اساس فرکتال نتیجه‌ی جغرافیای پست‌مدرن است که ترکیبی از عناصر جدید و سنتی را در ساخت‌وسازهای شهری پیشنهاد می‌کند. در واقع بافت شهری با ساخت فرکتالی می‌تواند کارکرد شهرها را از دیدگاه اجتماعی، اکولوژیکی و کالبدی در جهت مثبت بهبود بخشیده و پایداری شهری را تحقق بخشد. در این مقاله ابتدا هندسه فرکتال معرفی‌شده و سپس بُعد فرکتالی با توجه به تأثیرگذاری بر کلیت شهر و عناصر آن شرح داده می‌شود. در ادامه از ارتباط فرکتال با جغرافیا و زیرشاخه‌های آن (طبیعی و انسانی) بحث شده و به‌صورت خاص نقش و کاربرد فرکتال در جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ارائه می‌شود. در این اثنا ویژگی‌ها و گونه‌شناسی شهرهای با ساختار فرکتالی که در جریان تاریخ ساخته و پرداخته شده‌اند، بیان شده و به تأثیر فرکتال بر توسعه‌ی شهرها اشاره می‌گردد و در نهایت به فرآیند و چگونگی برنامه‌ریزی و طراحی فضای شهری بر اساس هندسه‌ی فرکتال با تأکید بر علم جغرافیا پرداخته می‌شود.

واژگان کلیدی: شهر، جغرافیای پست مدرن، فرکتال، برنامه‌ریزی شهری

---

*نویسنده مسئول: g_katouli@yahoo.com

مقدمه و طرح مسئله

فرکتال[1] شاخه‌ای از هندسه است که پدیده‌ها و اجسام پیچیده و نامنظم را مورد مطالعه قرار می‌دهد و معتقد است که اجسام و پدیده‌های طبیعی از بُعدهای صحیح، منظم و گسسته پیروی نمی‌کنند بلکه دارای بُعدهای اعشاری، نامنظم و پیوسته می‌باشند (Mandelbrot, 1967: 76). در واقع هندسه‌ی اقلیدسی زبان دقیقی برای تفسیر اشکال طبیعی نیست. در بررسی تفاوت بین نتایج اقلیدسی و فرکتال می‌توان این‌گونه بیان کرد که اشکال اقلیدسی با استفاده از توابع ایستا تولید می‌شوند و اشکال فرکتال با فرآیند پویا به وجود می‌آیند. هم‌چنین هندسه‌ی فرکتال دارای ساختارهایی با ظرفیت بالا است درحالی‌که ظرفیت اشکال اقلیدسی بسیار محدود و حاوی اطلاعات تکراری است. در حقیقت فرکتال تصویر ریاضی از بی‌نظمی است (سرو زاده و اشتیاقی، ۱۳۹۰: ۷). مدل‌سازی ریاضی از رشد فرکتال برای شبیه‌سازی و درک الگوی رشد شهری استفاده شده است (Sander, 1987: 82-88). در واقع برنامه‌ریزی و ساخت فضاهای شهری مبتنی بر فرکتال زاییده مکتب پست‌مدرنیسم است که در زمینه‌های الگوها و طرح‌ریزی‌های شهر بی‌تأثیر نبود. برای اعمال مفهوم برنامه‌ریزی در مقیاس شهری روش تجزیه فرکتال توسعه‌یافته که در حال حاضر از تجزیه‌وتحلیل فرکتال استفاده می‌شود (Mandelbrot, 1983: 237). از سوی دیگر شهر تنها به معنی سادگی یا پیچیدگی بی‌نظم نیست، بلکه شهر معمایی از پیچیدگی منظم است (Jacob, 1961: 76). اما یک سیستم پیچیده‌ی شهری، به دلیل آن‌که اجزا و عناصر آن باید با یکدیگر ارتباط داشته باشند تا کل سیستم کارآمد باشد، لازم است از اصول مشخصی، تبعیت کند. در واقع دلیل این‌که چرا شهرهای قرن حاضر و قرن اخیر از انسجام لازم برخوردار نیستند بایستی ناشی از عدم درک این اصول دانست (مهاجری، ۱۳۸۷: ۱۲۴).

هر چند رشد شهری یک فرایند پیچیده است که شامل جنبه‌های مکانی، زمانی، اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی است (Han et al., 2009: 133-141). امروزه شهرها بیش از تغییرات اساسی که در فعالیت و کالبد آن‌ها رخ داده، ارتباط خود را با طبیعت از دست داده‌اند. در واقع شهرها سیستم‌های پیچیده، باز، پویا و خودسامان‌ده هستند که در فرایند توسعه آن‌ها، بسیاری از نشانه‌های پیچیدگی مانند ابعاد فرکتال وجود دارد (Thorens & O'sullivan, 2001: 163-168).

بدیهی است که شهرهای قابل سکونت، ذاتاً خواص فرکتالی مشترک با همه‌ی سیستم‌های زنده دارند. کمی پیش‌تر، شهرهای قبل از مدرن، فرکتالی بودند زیرا آن‌ها در تمام مقیاس کار می‌کردند. شهرهای قرون وسطی در مقیاس‌های کوچک‌تر از یک کیلومتر فرکتالی هستند در حالی که شهرهای

1- Fractal

قرن نوزدهم کارایی بهتری در مقیاس بزرگ‌تر دارند (Salingaros, 2001: 123). اما امروزه خواص فرکتالی از شهرهای سنتی، با عواقب فاجعه‌بار برای بافت شهری پاک شد (Salingaros, 2004: 6).

ساختار فرکتال در فرم شهری هنگامی بیشتر آشکار می‌شود که مناطق شهرنشین شهر، کلان‌شهر و یا سیستم‌های شهری به‌عنوان یک کل مشاهده شود (Shen, 2002: 419-437). ما می‌توانیم از معیار فرکتال برای تست هندسه‌ی شهرها به‌عنوان یک شرط برای رسیدن به موفقیت آن‌ها استفاده کنیم (Salingaros, 2005: 270). بنابراین به‌صورت کلی فرم مناطق شهرنشین در شهرها را می‌توان به‌عنوان یک فرکتال شرح داد و با هندسه فرکتال درمان کرد (Shen, 2002: 419-437). در این مقاله به بررسی ابعاد فرکتال از فرم‌های شهری و روابط بین ابعاد فرکتال، مناطق شهرنشین و جمعیت شهری پرداخته شده است و هم‌چنین چگونگی بهبود ارتباط انسان با محیط جغرافیایی مورد بحث قرار گرفته است.

پیشینه پژوهش

سالینگاروس در مقاله خود به توصیف انواع متمایزی از شهر از طریق هندسه‌ی همبند[1] پرداخته است که شامل درجات مختلفی از زندگی شهری است و از فرکتال، مقیاس و اتصال در ضمایم فنی‌تر تعاریفی آورده است و ارتباطات اجزای شهری را با هم بررسی و اساساً تعریف متفاوتی از شهر ارائه کرده است. در واقع او بررسی کرده است که چه نوعی از شهر فرکتالی و چه نوعی فرکتالی نیست (Salingaros, 2004: 8).

جانسون و براون نتایج حاصل از استفاده از روش‌های فرکتالی را در مورد بخش‌هایی که نشان‌دهنده‌ی استفاده از الگوهای فرکتال در ساختار داخلی شهری است بیان کردند (Johnsen et al., 1994: 34).

توماس، لورنس و فرانکهوزر، پارامترهای مبتنی بر فرکتال و روش‌های مختلف محاسبات فرکتالی به کار گرفته‌شده در شهر بروکسل را مقایسه کرده و تغییرات فضایی را با استفاده از متغیرهای جغرافیایی و اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری[2] توضیح داده‌اند (Laurence et al., 2003: 15).

مهرنیا در پژوهش خود، ضمن بررسی کاربرد اصول هندسه فرکتالی در پایگاه‌های اطلاعات مکانی، به ارزیابی سازوکار مؤلفه‌های خودمتشابه – خود تمایل در تعامل با کمیت‌های توپولوژیکی متناسب با هر سوژه مبادرت ورزیده است (مهرنیا، ۱۳۸۶: ۳).

1- Connective Geometry
2- Urban planning

وارن نیز در مقاله‌ی خود پیشنهاد کرده است که شباهت بین اشکال شهری و ضایعات بدخیم می‌توانند با استفاده از هندسه‌ی فرکتال مورد مطالعه قرار گیرد (Warren, 2008: 9).

مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

تاریخچه و ویژگی‌های فرکتال

از شگفتی‌های نوین ریاضی « هندسه فرکتال » است؛ علمی نو که پیشینه آن به سال ۱۹۷۵ میلادی می‌رسد. نخستین بار در سال ۱۹۷۵ میلادی، یک متخصص علم رایانه در شرکت «IBM» به نام مندل‌بروت[1]، «هندسه فرکتال » را به شکلی جدید که زبانی برای توصیف طبیعت است، توضیح داد. او به این معنی پی برد که هندسه‌ی اقلیدسی زبان دقیقی برای تفسیر اشکال طبیعی نیست؛ زیرا نه ابرها کروی هستند نه کوه‌ها مخروطی (ملک عباسی، ۱۳۸۱: ۴۶-۶۹). او برای توصیف بسیاری از اشکال ناموزون و نامتقارن طبیعی، این علم را ابداع کرد و اتفاقاً از همین زاویه می‌توان ارتباط ظریفی بین دانش جغرافیا که با پدیده‌های طبیعی سروکار دارد با هندسه فرکتال برقرار نمود. مندل‌بروت مقدمه خود را از هندسه فرکتال با اشاره به این‌که بسیاری از اشکال در طبیعت با هندسه‌ی اقلیدسی بر اساس خطوط راست و منحنی صاف مطابقت ندارد، آغاز کرد. بُعد توپولوژیک یک نقطه صفر است و بُعد توپولوژیک یک خط مستقیم یک، و بُعد توپولوژیک سطح دو است؛ اما بُعد پراکنده و نامنظم از یک جسم (مانند خط ساحلی بریتانیا) کسری بوده و جایی بین یک و دو است که در واقع آن یک الگوی فرکتالی است (Mandelbrot, 1967: 46). اشکال اقلیدسی با استفاده از توابع ایستا و اشکال فرکتال با فرآیندهای پویا تولید می‌شوند. فرآیندهای پویا، فرآیندهایی هستند که حافظه دارند و رفتار آن‌ها به گذشته بستگی دارد. به‌علاوه اشیای فرکتال خاصیت خودمتشابهی دارند. در واقع طول این اشیا بی-نهایت است که در یک فضای محدود محصور شده‌اند. مجموعه‌های فرکتال از زیرمجموعه‌هایی تشکیل شده‌اند که این زیرمجموعه‌ها شامل مجموعه‌های بزرگ‌تر هستند. مجدداً این مجموعه‌ها از مجموعه-های کوچک‌تری هم تشکیل شده‌اند. این زیرمجموعه‌ها نیز شبیه مجموعه‌های بزرگ‌تر هستند. چنین ساختارهایی ظرفیت اطلاعاتی زیاد دارند. درصورتی‌که ظرفیت اشیا اقلیدسی بسیار محدود و شامل اطلاعات تکراری است.

مجموعه فرکتال قابلیت توصیف ریاضی بسیاری از اشکال پیچیده و به‌ظاهر نامنظم را در طبیعت دارند؛ به همین جهت می‌توان هندسه فرکتال را بیان ریاضی از معماری طبیعت دانست. در حقیقت فرکتال شکل هندسی یا جسم طبیعی است که ترکیبی از ویژگی‌های زیر است:

1- Mandelbrot

الف) قطعات آن جز در مواردی که در مقیاس‌های مختلف ممکن است کمی تغییر شکل داشته باشند، همان شکل یا ساختار کلی را دارند.
ب) فرم آن در بررسی در هر مقیاسی بسیار پراکنده و نامنظم باقی می‌ماند.
ج) شامل عناصر متمایزی هستند که طیف وسیعی را پوشش می‌دهند و مقیاس‌های متنوعی دارند.
د) ساختار تکراری دارند.
ه) ابعاد جزءبه‌جزء دارند (Ting et al., 1998: 3).

بُعد در هندسه فرکتال از دیدگاه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری: بعد فرکتال، برخی ویژگی‌های هندسی اشکال نامنظم و جامدات را که در تمام مقیاس‌ها مشابه به نظر می‌رسند، تشریح می‌کند. بسیاری از اجسام محیط اطراف ما چنان ساختار پیچیده‌ای دارند که اندازه‌گیری طول، مساحت یا حجم آن‌ها به روش‌های متداول غیرممکن است؛ اما با وجود این، روشی برای اندازه‌گیری خواص هندسی آن‌ها وجود دارد. این کار را می‌توان با برآورد چگونگی افزایش طول، سطح یا حجم وقتی‌که اندازه‌گیری با دقت بهتری انجام می‌شود، انجام داد (پورجم علویچه و سیاهکوهی، ۱۳۸۱: ۵۳-۵۸).

برای توصیف خودتشابهی، از پارامترهای شهری به نام بُعد فرکتالی استفاده می‌شود. این عدد که بین ۱ تا ۲ متغیر است، نشان‌دهنده‌ی تغییرات کوتاه و بلند دامنه متغیر در مکان یا زمان است. هر قدر این عدد به مقدار ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تغییرات بلند دامنه‌ی متغیر و هرچه به ۲ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی تغییرات کوتاه متغیر است. در شرایط برخورد با سری‌های زمانی، بُعد فرکتالی یک سری زمانی توصیف‌کننده، رابطه‌ی بین واریانس اختلاف مقادیر مورد بررسی که در فاصله‌ای مشخص از یکدیگر واقع شده‌اند و مقیاس فاصله‌ی زمانی خواهد بود. ابعاد فرکتال در آنالیز تغییرات در تنظیمات فضایی به شرح زیر محاسبه شده‌اند: (Terzi et al., 2008: 144).

$$D=[\log N(2^{-(k+1)})-\log N(2^{-k})] / [\log 2^{k+1} - \log 2^{k}] = log_2 [N(2^{-(k+1)})/N(2^{-k})]$$

در این رابطه 2^k اندازه‌ی شبکه، N تعداد هر شبکه، D بعُد فرکتال و k اعداد طبیعی هستند (قرخلو و زنگنه شهرکی، ۱۳۸۸: ۹۱). در واقع اقدامات بُعد فرکتال یک ابزار خوب برای مقایسه کلی مورفولوژی شهرها است. اگر ابعاد فرکتال نزدیک به ۲ باشد، با شهری همگن روبه‌رو هستیم مانند: شهرهای آمریکا یا استرالیا که در این شهرها به‌طورکلی شیب تراکم را بیش‌تر از مرکز شهر به حاشیه شهر مشخص می‌کنند و اگر ابعاد فرکتال بین ۱ و ۲ باشد (هر چه به یک نزدیک‌تر باشد) یک طبقه‌بندی روشن در دست نیست ولی احتمالاً به شهرهای ناهمگن و با پراکندگی بالا روبه‌رو هستیم (Terzi et al., 2008: 144).

روش تحقیق

این پژوهش به‌صورت کیفی و توصیفی، با استفاده از روش تحلیل محتوای متون مرتبط با جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و هم‌چنین نظریه جدید علوم مرتبط با آن ارائه گردید. علاوه بر این تلاش شد تا مفهوم فرکتال به‌وضوح مطرح شود. ابتدا در مورد خواص و ویژگی‌ها و کاربردهای فرکتال سخن به میان آمده و به دلیل ارتباط داشتن این مفهوم با علم جغرافیا و سیستم شهری، سعی شده تا ارتباط این دو بررسی شود. بعد از بررسی این موارد به نظریه‌های مطرح شده در این باره اشاره شد و کاربرد فرکتال در جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری به صورت توصیفی ارائه گشت.

محدوده و قلمرو پژوهش

بحث اصلی

فرکتال در جغرافیا: فرکتال راه‌های جدید نگاه کردن به پدیده‌های جغرافیایی را ارائه می‌دهد و یک ابزار جدید برای تجزیه و تحلیل فضای جغرافیایی است. از زمانی که فرکتال به وجود آمد بسیاری از تئوری‌ها در جغرافیا با استفاده از مفاهیم فرکتال دوباره تفسیر شده‌اند (Batay, 1992: 35-36). مفاهیم فرکتال، پوسته‌پوسته شدن و بعد فرکتال در حال حاضر در جغرافیای فیزیکی و انسانی استفاده گسترده‌ای شده است (Mandelbrot, 1983: 59; Goodchild & Mark, 1987: 78-266; Barnsley, 1988; MacLennan et al, 1991: 89). جغرافیا علم در فضای جغرافیایی است. فضای جغرافیایی که با استفاده از متغیرهای از راه دور تعریف می‌شود (Johnston, 2003: 303-345). با این حال، به دلیل تغییرناپذیری مقیاس پدیده‌های جغرافیایی، همیشه برای تعریف یک فضا مفهوم فاصله کافی نیست. در این میان ما در فضای واقعی که می‌تواند به رسمیت شناخته شود و فضای انتزاعی که نمی‌تواند درک شود اشتباه می‌کنیم. هنگامی‌که ما بُعد فرکتالی شهر را از طریق نقشه‌ی دیجیتال محاسبه می‌کنیم با یک فضای جغرافیای واقعی که می‌تواند احساس بصری باشد، مواجهیم و اگر ما توزیع رتبه-اندازه شهر را مطالعه کنیم، با ابعاد فرکتالی که قادر به مطالعه موضوع فضای جغرافیایی واقعی است، روبه‌رو می‌شویم (Vicsek, 1989: 169). در نتیجه مفهوم بُعد برای تجزیه و تحلیل فضایی ضرورت می‌یابد. فضا و بُعد دو مفهوم مزدوج هستند. بُعد فرکتال ابعاد فضاست و فضای جغرافیایی، فضایی با ابعاد است. با این توصیف بسیاری از پدیده‌های جغرافیایی یا حتی خود طبیعت فرکتال هستند (Goodchid et al.,1987: 29-83; Batty, 1992: 78-265).

در جغرافیا، محیط و طبیعت نیازمند انسان نیست که اگر انسان نباشد ادامه‌ی حرکت و حیات موجودات زنده بر کره زمین و چرخش آن در بیکران طبیعت ممکن نباشد؛ ولی انسان نیازمند محیط است و برای ادامه‌ی حیات با محیط رابطه یک‌سویه برقرار کرده است. پس باید گفت انسان نیازمند

بهره‌وری از طبیعت و محیط‌زیست خود است، بی‌آنکه محیط نیازی به انسان و فعالیت او داشته باشد و این ارتباط یک‌سویه است؛ ولی تأثیر و تأثر انسان و محیط دوسویه است. انسان بر محیط‌زیست اثر می‌کند و تغییراتی در آن می‌دهد و محیط نیز در شیوه معیشت، نحوه‌ی زندگی و میزان بهره‌وری انسان از محیط تأثیرگذار است. پس ما از آنچه می‌بینیم تأثیر می‌پذیریم و محیط اطراف نیز بر ما اثر می‌گذارد و شاید به این دلیل باشد که خاطرات ما و روان ما فرکتال است چون محیط اطراف ما فرکتال است. روح بشر با ساختارهای فرکتالی میلیون‌ها سال احاطه شده است. وقتی انسان‌ها خود را در یک محیط غیر فرکتال محاط می‌کنند، چه اتفاقی می‌افتد؟! در این صورت پیوستگی فرکتالی خود را از بین برده و به دنبال آن شروع می‌کنند به از دست دادن حمایت محیطی که به صورت معمول از آن برای ساخت ساختار روحی خود استفاده می‌کردند. انسان‌ها در ساختارهای غیر فرکتال سردرگم می‌شوند و کم‌کم پیکربندی خاطراتشان را از دست می‌دهند. درنتیجه به شکلی متفاوت عمل خواهند کرد. آنچه برای خاطرات آن‌ها در یک چنین محیط جدید غیر فرکتالی روی خواهد داد، کاملاً ناشناخته است.

باید دانست که ساختارهای فرکتالی در طبیعت به دل‌خواه و تحت قرارداد ظاهر نمی‌شوند. آن‌ها معمولاً از تعدادی قانون عملکردی مثل بهینه ساختن تبادل منابع از طریق سطوح تماس و ارتباط پیروی می‌کنند. ما به پیچیدگی در روانمان نیاز داریم که سالم باشیم. در واقع یک روح سالم آن است که در هر وضعیت روانی که به آن داده شود با اختیارات متعدد، خود را نشان دهد. روح انسان برای تداوم حیات خود در محیط، از درون، نیاز به اتصالات زیادی دارد و این بیش‌تر به یک ساختار فرکتال نزدیک است تا به یک هندسه‌ی انعطاف‌ناپذیر از فرم‌های تهی. فرکتال و مفاهیم وابسته و مرتبط با آن مانند آشوب، سیستم‌های غیرخطی و خودسازمان‌دهی در سیستم‌های پیچیده‌ی طبیعی و انسانی وجود دارند. نظریه‌ی آشوب و مفاهیم مرتبط به آن سعی دارد ابزار حل و درک مسائل پیچیده را در اختیار نسان قرار دهد. نظریه آشوب، سیستم‌های دینامیکی آشوبناک[1] یعنی سیستم‌های غیرخطی بسیار حساس به شرایط اولیه را مورد مطالعه قرار می‌دهد. همان‌گونه که معادلات لورنز[2] نشان داده، رفتار سیستم‌های غیرخطی آشوبناک و غیرقابل پیش‌بینی است. نظریه‌ی آشوب روش‌شناسی جدیدی را برای تبیین پدیده‌ها عرضه کرده و علیرغم ضعف‌ها، ابهامات و سودمندی‌اش ممکن است در آینده با موج جدیدی از نظریات جایگزین شود و این مسئله ماهیت تکاملی علم است.

رفتار آشوبناک در اغلب سیستم‌های دینامیکی پیچیده‌ی طبیعی و ژئومورفیک از جمله جریان‌های سطحی، حرکت توده‌ای، سیستم خاک و غیره دیده می‌شود و دیدگاه‌های جدید در ژئومورفولوژی تلاش می‌کنند رفتار پیچیده آشوبناک در سیستم‌های یاد شده را از طریق نظریه آشوب و مفاهیم

1- Chaotic dynamic systems
2- Lorenz

مرتبط با آن تحلیل و تبیین کنند. نظریه‌ی آشوب در عرصه‌ی ژئومورفولوژی در پی کشف رابطه‌ی بین سادگی و پیچیدگی و رابطه‌ی منظم بودن و تصادفی بودن در سیستم‌های طبیعی و ژئومورفیک است. آشوب نشان می‌دهد که سیستم ژئومورفیک در عین جبری و تعینی بودن و پیروی از قوانین اساسی فیزیک، ممکن است بی‌نظم، پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی باشد. برخی از الگوهای ژئومورفیک (همچون ریپل مارک‌ها، پهنه‌های ماسه‌ای و شبکه‌های رودخانه‌ای) صرف‌نظر از مقیاس‌های فضایی خود، شبیه به هم هستند و خصوصیات فرکتالی دارند. این شکل‌ها به‌وسیله فرآیند خودسازمان‌دهی تکامل می‌یابند می‌توان روابط بین فرم (شکل و بعد فرکتال) و فرآیند (خودسازمان‌دهی بحرانی) در سیستم‌های ژئومورفیک را بر این اساس تحلیل نمود. در واقع علاقه‌مندی و کاربرد مسائل فرکتال در ژئومورفولوژی به این خاطر است که بسیاری از لندفرم‌های ژئومورفیکی حالت فرکتال دارند و شکل‌گیری و تحول فرکتال‌ها را می‌توان با روابط ریاضی تبیین کرد. از این طریق می‌توان تحول و تکامل لندفرم فرکتال را مدل‌سازی کرد همان‌گونه که *پلتیر* نشان داده، ساختار فرکتالی و آشوب، شکل ذاتی تکامل در لندفرم‌های جریانی است (Pelletier, 2002: 291-301).

با این وجود سیستم‌های ژئومورفیک، سیستم پیچیده و غیرخطی‌اند. یعنی از متغیرهای متعدد و برهم کنش‌های متفاوت و هم‌چنین روابط غیرخطی تشکیل شده‌اند؛ از این‌رو پیش‌بینی رفتار آن‌ها مشکل است. بنابراین به‌راحتی نمی‌توان قوانین ریاضی و فیزیک را برای رفتارهای نوسانی، بلندمدت و پیچیده‌ی سیستم‌های ژئومورفیک به کار برد. این موضوع به نوعی روش‌شناسی کاهش‌گری انجامیده که بر مبنای آن پدیده‌ی پیچیده می‌توانند از طریق روابط و قواعد ساده تحلیل و تبیین شوند. مدل‌های سلولی اتومات و سلسله‌مراتبی ازجمله مدل‌های شبیه‌سازی شده‌ای هستند که اخیراً ژئوموروفولوژیست ها از آن‌ها برای تحلیل رفتار سیستم‌های غیرخطی و خودسامان‌ده استفاده می‌کنند. در این مدل برهم کنش سلول‌های مجاور با استفاده از قواعد ساده‌ی ریاضی و فیزیک شبیه‌سازی می‌شود. اگرچه این مدل‌ها نمی‌توانند رفتار واقعی را به نمایش گذارند اما تا حد زیادی قادرند پیش‌بینی‌پذیری را تعدیل و اصلاح کنند (کرم، ۱۳۸۹: ۸۰). هر چند در اکتشاف نظری فرکتال پیشرفت‌های بزرگی داشته‌ایم، بااین‌حال به بسیاری از سؤال‌هایی برمی‌خوریم که نمی‌تواند ازلحاظ مفهوم سنتی از فضا پاسخ داده شود. برای مثال اگر بُعد مرزهای شهری با استفاده از رابطه‌ی مقیاس محیط سطح تخمین زده شود، دو ارزش بین ۱ و ۲ انتظار می‌رود. هرچند برخی از موارد دچار استثنا شده و نتایج به‌دست‌آمده کمتر از یک یا بیش‌تر از دو است. بُعد فرکتال در سیستم‌های رودخانه یکی دیگر از سؤال‌های در حال بررسی است (Chen, 2009: 1766-1778). در بررسی ابعاد فرکتال یک شبکه‌ی رودخانه با قوانین هورتون (Horton, 1945: 320) گاهی اوقات مقادیر پایین‌تر از حد یک یا بالاتر از حد دو است (Labarbera et al., 1989: 735-741).

نقش هندسه فرکتال در مدل‌سازی جغرافیایی: مدل‌سازی در جغرافیا که پیش‌تر برای فهم بهتر سازمان فضایی جغرافیایی به کار گرفته می‌شد و تأثیر عناصر و اجزای سیستم‌های جغرافیایی و تقابل آن‌ها را با یکدیگر مورد آزمایش قرار می‌داد، امروزه می‌تواند دستاوردهای هندسه فرکتالی را نیز در کنار خود داشته باشد. هندسه‌ی فرکتـــال می‌تواند اَشکال متنوّع و نامتقارن پدیده‌های جغرافیایی را در کنار هم طراحی و مدل‌سازی کند و به دل‌خواه، عناصر و اجزایی را در یک چشم‌انداز، کم و یا زیاد کند. به‌علاوه این رشته‌ی علمی در دو زمینه‌ی علوم کاربردی و محاسباتی نیز قادر به شبیه‌سازی است. رشته‌کوه‌ها، پشته‌های ابر، مسیر رودها، خطوط ساحلی، پیکره‌ی کوه‌ها و حتی سیارات منظومه‌ی شمسی، ساختار فرکتالی دارند و به زبان ریاضی، قابل ترسیم و توصیف هستند. طراحی این پدیده‌ها به‌صورت مستقل یا در کنار هم و ساخت مدل‌های تصویری می‌تواند جغرافی‌دانان را در درک بهتر از محیط‌های طبیعی و برنامه‌ریزی منطقه‌ای یاری رساند. به عنوان مثال یک دشت سیلابی از جنس رُس، در یک دوره‌ی خشک‌سالی پدیده‌ای طبیعی است که ساختار فرکتالی دارد (شکل ۱) به کمک الگوریتم‌های نه چندان مشکل، بر مبنای قوانین هندسه‌ی فرکتال و فنون گرافیکی در رایانه مدل‌سازی می‌شود (ملک عباسی، ۱۳۸۱: ۴۹-۴۶).

شکل ۱- تصویر فرکتالی یک زمین رُسی خشک‌شده (ملک عباسی، ۱۳۸۱: ۲۲)

فرکتال در اکولوژی شهری : در اواسط قرن بیستم، دانش شهرسازان مدرن بیش‌تر بر مبنای پاسخ به فرم فیزیکی آن‌ها بود و کسانی که درباره‌ی شهر می‌اندیشیدند، بر این باور بودند که آن‌ها را می‌توان به شکل مشخصی سازمان‌دهی کرد و به‌سادگی نظم داد. اما تحقیقات بیش‌تر برای درک عمیق‌تر، بر پایه‌ی پیوند دادن معماری و علوم ریاضیات - که از گرایشات نوین معماری معاصر است - نشان می‌دهد شهر بومی مطابق همان قوانین سازمان‌دهی شده است که در یک ارگانیسم بیولوژیکی مشاهده می‌شود (پیر بابایی و نگین تاجی، ۱۳۸۷: ۱). برنامه‌ریزی در مدرنیسم یک برنامه‌ریزی متمرکز و آمرانه بود و در

طـرح‌هـــای جامع که نمود طرح‌های مدرنیسم در شهر محسوب می‌شد، مردم جایگاهی در فرآیند تهیه، تصویب و اجرای آن نداشتند و فقط تکلیفشان، پیروی از پیش‌بینی‌ها و قطعیت کاربری اراضی بود (مهدی‌زاده، ۱۳۸۶: ۵۷). آنچه مدرنیسم در شهر و شهرسازی از خود به جای گذاشت، با انتقاد جدی پست مدرنیست‌ها روبه‌رو شد. هر چند این انتقادها تا حدودی به خاطر عوارض ناخواسته و پدید آمده مدرنیه بود، اما از نحوه‌ی برخورد کاملاً متفاوت این دو نگرش سرچشمه می‌گرفت. این انتقادها را در اواسط قرن بیستم متفکرینی چون هایدگر، ویتگنشتاین و... در فلسفه و افرادی چون ونتوری، کان، جنکس و... در شهرسازی و فردریک جیسون، ادوارد سوجا و... در جغرافیا عنوان کردند و ماهیت مدرنیته و اصول و مبانی آن به طور جدی با انتقادات و پرسش‌های فراوان روبه‌رو شد. شهر پست‌مدرن، مکان تحول‌ها، عدم قطعیت‌ها و قابلیت تحرک و جابه‌جایی اشکال، فضاها و نیروها می‌شود؛ مکانی از تداخل انسان‌ها، ماشین‌ها، فرهنگ‌ها و طبیعت، بدون اینکه هیچ کدام بر دیگری برتری داشته باشد. در این صورت، وظیفه شهر پست مدرن تسهیل جریان فعالیت‌ها می‌شود، نه به نظم درآوردن و منسجم کردن آن‌ها.

فضای شهری پست‌مدرن فضایی است که به گروه‌هـای اجتمـاعی صـرف نظـر از جنسـیت، هویـت، قومیت و مذهب اجازه حضور هم‌زمان می‌دهد. این فضا، فضای تقابل‌ها و تضادهاست و این خود جنبه‌ی مهمی از ارتباط در فضای شهری پست‌مدرن است؛ به همـین دلیـل اسـت کـه شهرسـازی پسـت‌مدرن سودای پذیرش ذهنیت‌های دیگر و اساساً دیگران را در مواجهه با خود می‌پروراند، و رابطه‌ی مـا نیـز بـا فضا، رابطه‌ای برون موضعی خواهد بود. در این شهر، جست‌وجوی فراروایت طراحی و برنامه‌ریزی شهری - که سودای آن دارد تا پدیده‌های شهری را بشناسد، تحلیل کند، به نظم درآورد و از این طریق، بتوانـد مدل‌های مناسب و درست سامان‌دهی فضایی را ارائه دهد - کاری عبث و بیهوده خواهد بود. (رفیعـی و دانش‌پور، ۱۳۸۵: ۱۶۸).

در واقع شهرسازی پست‌مدرن معتقد به احیای الگوهای شهری گذشته است که موجب پویایی و سرزندگی آن شهرها بوده است. به بیان دیگر ساختار شهرهای سنتی به صورت ناخودآگاه از هندسه‌ی فرکتال پیروی کرده که همین عامل باعث هویت‌بخشی و پایداری این نوع شهرها شده است. اما شهرهای مدرن به صورتی بوده است که قوانین اکولوژیک را زیر پا نهاده و بیش‌تر از روش استقرایی، ریاضی و محاسباتی بهره گرفته است. در واقع پست‌مدرنیسم بازگشتی به حالت کلاسیک برنامه‌ریزی شهر و تلفیقی از فضای سیستماتیک و ناحیه‌ای را در سکونت‌گاه‌ها ایجاد خواهد کرد.

همه ساخت‌وسازهای بومی که مردم ساخته‌اند، در کره‌ی زمین گرایش به ویژگی‌های فرکتال دارند. نیکوس سالینگاروس معتقد است که ساختار تفکر ما طوری پیچیده است که اشیاء را به روشی مشخص ایجاد می‌کند؛ بنابراین به‌طور ناخودآگاه و ناچار همه ما ساختار فرکتال می‌سازیم (سالینگاروس، ۱۳۷۹:

۱۲۰). محیط طبیعی و جامعه و محل زندگی ما تمایزهایی دارد، اما با وجود این همیشه مانند یک سیستم واحد به آن نگاه می‌کنیم؛ زیرا در همه قسمت‌ها، در بخش‌هایی از آن‌ها ما همیشه مشابهت‌هایی را پیدا می‌کنیم که چارلز جنکز به آن «پدیده‌ی سازمان‌دهی شده در عمق» می‌گوید (Lorenz et al, 2007: 680-693).

بیش‌تر ساخته‌های دست بشر با شدت و قطعیت با ماورای این ساختار بایسته ارتباط دارند. ما به ایجاد انواع مشخصی از فرم‌ها آن‌طور که به‌طور طبیعی به ذهن ما می‌رسند، احساس نیاز می‌کنیم. این درک و آگاهی بر یک تصور محکم استوار است. تصوری از نظم که از سوی جامعه‌ی مدرن با تفسیر غلطی از نظم طبیعت لگدمال شده است. تصور علم، حقیقت را به بخش‌هایی تفکیک می‌کند که به‌نوعی روح قرن بیستم را تشکیل داده است. در حالی که علم به پا خواسته است تا ساختارهای پیچیده را مطالعه کند، ذهن ما هنوز به مدل‌های ساده پیشین چسبیده است. یک نظم زیربنایی در بسیاری از این سیستم‌های به ظاهر بی‌نظم که در طبیعت می‌بینیم، وجود دارد. ما باید یک چنین نظمی را برای شهرهایمان جستجو کنیم. نظمی که سطح زندگی را با پیش‌روی شبکه‌ای غنی از مسیرهای باریک به‌هم‌پیوسته در سطوح متفاوتی از مقیاس‌سازی، بالا می‌برد. این مسئله به‌نوعی مثل تلاش برای بازگشت به طبیعت است و یکپارچگی ذهنی ما بسته به این است که درک کنیم، طبیعت چطور به خود شکل می‌دهد و کار می‌کند. ما مطابق سیستم آموزشی خود آموزش یافته‌ایم، نمی‌خواهیم کیفیت‌های فرکتال را در طبیعت ببینیم؛ اما آن‌ها وجود دارند و ما را احاطه کرده‌اند. ما باید شهری را که به طبیعت نزدیک‌تر است، انتظار داشته باشیم که در همان ویژگی‌ها سهیم باشد، یعنی در پیچیدگی نظام‌یافته (پادرون، ۱۹۹۸: ۱۴۸). پادرون معتقد است گرایش آشکار به درک و مشاهده‌ی این نکته که پیچیدگی یک شهر با نظم بزرگ‌مقیاس آن نسبت عکس دارد، وجود دارد. یک شهر، زمانی خواناتر است که با یک شبکه مستطیلی برای ترافیک اتومبیل‌ها، از پیچیدگی آن کاسته شود. وقتی یک شهر نظام یافت، پیچیدگی تنزل می‌یابد و برای یک فرد مشکل است با آن ارتباط برقرار کند. نیکوس سالینگاروس می‌گوید که مطمئناً این اتفاق می‌افتد، چون آنچه ما به عنوان نظم در یک شهر درک می‌کنیم با بزرگ‌ترین مقیاس اعمال می‌شود. از آن‌جایی‌که نوع بشر با مقیاس انسانی مرتبط است، مهم‌ترین ساختارهای شهری در کوچک‌ترین مقیاس‌ها وجود دارند که دقیقاً به جزییات در مصالح مربوط می‌شوند (سالینگاروس، ۱۳۷۹: ۱۲۲).

هنگامی‌که بخواهیم در یک محیط بومی برای ساختمانی که تخریب‌شده و وجود ندارد طراحی کنیم، بعد فراکتالی می‌تواند به ما کمک کند. ساختمان‌ها دارای عرض‌ها و ارتفاع‌های متنوع، مشخصه‌های پایه‌ای مشابه، تنوع در اندازه‌ی پنجره‌ها، درها و طاقچه و عقب‌نشینی هستند که می‌تواند این مشخصه‌های محیط را، با آنالیز و دسته‌بندی اطلاعات برای تعیین بعد فراکتالی به دست آورد. این

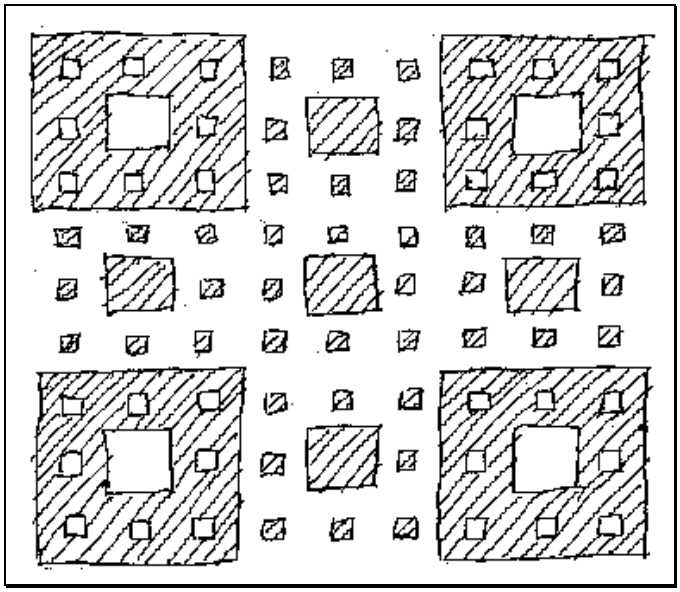
قطعه‌های تخریب‌شده می‌توانند با تبدیل محدوده‌ی بعد فراکتالی به ریتم فراکتال معلوم شوند. این ریتم می‌تواند به عنوان ابزاری به طراحی کمک کند (Carl, 2000: 71-78; Wolfgang, 2002: 67).

بعد فراکتالی می‌تواند به این مسأله پاسخ دهد که ساختمان‌های خاص یا گروهی از خانه‌ها، مناسب محیط هستند یا نه. کارل بویل در تجزیه و تحلیلی که داشت، این باور را به وجود آورد که هارمونی بین شیء دست‌ساز مانند ساختمان‌ها و محیط اطراف را می‌توان با یک بعد فراکتالی نشان داد (Bovill, 1996: 145). نکته دیگر مقیاسی است که در آن بُعد فرکتال اندازه‌گیری شده است: محیط-های عالی شهری از فرکتال‌های با مقیاس انسانی استفاده می‌کنند. در حالی که محیط‌های کهنه و مهجور عمداً آن را از بین می‌برند. شهرهای تاریخی غنی از ساختارهای با مقیاس مختلف هستند. از آن‌جایی که شهرهای معاصر، بزرگ‌ترین مقیاس‌ها را بیش‌تر نشان می‌دهند، هر چیز دیگری را پایمال می‌کند (سالینگاروس، ۱۹۹۸: ۱۳۷). در واقع یکی از اهداف مدرنیسم، حذف کردن هر گونه محل‌های تلاقی معمارانه با ابعاد فرکتالی بود و با جاده‌های مستقیم و طولانی جایگزین شده و با هم‌ترازی محض ساختمان‌ها تقویت‌شده بود. دلیل ارائه‌شده، پاک کردن نظم شهری از هرگونه آشفتگی قابل مشاهده بود. در حالی که آن آشفتگی حقیقتاً پیچیدگی را سازمان می‌داد که شهرها را زنده می‌کرد. روستاهای سنتی، محل‌های تلاقی فرکتالی را بین خیابان و ساختمان‌های جلوی آن به غایت رسا و گویا بیان می‌کنند (سالینگاروس، ۱۹۹۸: ۱۳۶).

میزان این‌که یک شهر چقدر زنده است، بسته به این‌که چقدر اجازه دارد مثل یک اُرگانیسم زنده رشد کند، سنجیده می‌شود تا به یک پیچیدگی سازمان‌یافته برسد. در این صورت فضاها را فعالیت‌های مردم طراحی می‌کند و این محل‌های تلاقی می‌توانند به موقع رشد کنند و بسط یابند (پادرون، ۱۹۹۸: ۱۴۷).

فرکتال و شهر

گونه‌شناسی شهرهای فرکتالی: کمی پیش‌تر، شهرهای ماقبل مدرن فرکتالی بودند زیرا آن‌ها در تمام مقیاس کارایی دارند. شهرهای قرون وسطی در مقیاس‌های کوچک‌تر از یک کیلومتر فرکتالی بوده در حالی که شهرهای قرن نوزدهم کارایی بهتری در مقیاس بزرگ‌تر دارند. انواع فرکتال‌ها در جغرافیای شهرهای تاریخی مورد استفاده قرار می‌گرفته تا این‌که در قرن بیستم به‌طور خودکار به یک ساختار فرکتالی منجر شد (Salingaros, 2001: 123).



شکل ۲- طرح غیر واقع‌بینانه از شهر منظم فرکتالی (Salinagaros, 2001: 127).

شکل سنتی شهری به دنبال بافت حمل و نقل عابر پیاده است. شهرهایی که وابسته به پیاده‌رو بودند عمدتاً در طول زمان از طریق اضافه شدن‌های مداوم ساخته می‌شده‌اند که سازندگان آن از مدل فرکتالی آن آگاه نبودند. مدل فرکتالی در ذهن انسان حک شده است، بنابراین آن شهرها مستقیماً از ساختار فرکتال تولید شده‌اند (Mikiten et al, 2006: 61-72). در واقع مردم به صورت غریزی می‌توانند اشیای فرکتالی را ایجاد نمایند. (شکل ۲) متأسفانه تنها چیزی که آموزش و پرورش و رسانه‌ها در طول سال‌های اخیر انجام داده‌اند، توجه به نظم ظاهری اشیاء است و نگران‌کننده‌تر آن است که تصمیم می‌گیرند قطعه‌ای از اساس موجود به عنوان به‌روز شدن، تخریب شود (Salingaros, 2004: 4).

زمانی در قرون وسطی، پاریس فراتر از یک نقطه‌ی خاص رشد کرده بود به طوری که کوچه‌های تنگ آن نمی‌توانست از ترافیک حمایت کند. به دنبال آن اضافه کردن ساختار جدید با مقیاس بزرگ‌تر لازم شد. بنابراین تخریب برخی از بافت‌های شهری برای کاهش خیابان‌های طولانی و گسترده‌ی شهری ضروری شد. با این حال در قرن بیستم، این مداخلات در مقیاس بزرگ شهری (جاده‌ها و پارک‌ها)، اشتباه گرفته‌شده و تنها از جنبه‌های مخرب آن، به عنوان یک مدل کپی شده است. گمان می‌رود صاحب‌نظرانی چون ابنزر هاوارد - پدر علم برنامه‌ریزی شهری - و لوکوربوزیه به شهر با دیدگاه غیر فرکتالی نظر داشتند. شهر ایده‌آل از نظر لوکوربوزیه صرفاً یک مفهوم در مقیاس بزرگ است؛ از این‌رو

غیر فرکتالی است. اجزای سازنده‌ی آن، آسمان‌خراش‌ها، بزرگراه‌ها و فضاهای باز و هموار و گسترده است. به عنوان مثال لوکوربوزیه آسمان‌خراش‌هایی را ترسیم کرد که همه‌چیز در دو یا سه مقیاس بزرگ تعریف شده بود. او تصور ضرورت مقیاس کوچک‌تر در یک زندگی شهری را از دست داده بود و درواقع لوکوربوزیه در مورد این‌که شهر آینده چگونه باید باشد، قضاوت نادرستی داشت. با این تفاسیر همچنین باید اذعان کرد که امروزه مورفولوژی شهری محصول سیستم حمل و نقل خاص دولت در زمانی است که شهر در ابتدای ساخت قرار داشته است. در واقع تغییرات در سیستم حمل و نقل منجر به تغییرات در ساختار شهری شده است. امروزه دولت به جای حفظ ساختار سنتی شهرهای منحصر به خودرو، شهر عابر پیاده موجود را برای تبدیل آن به شهر ماشینی نابود کرده و در عمل فضاهای شهری متکی بر فرکتال را تخریب می‌کنند (Salingaros, 2004: 6).

کاربرد فرکتال در توسعه‌ی شهری: توسعه‌ی شهری را به عنوان یک مفهوم فضایی می‌توان به معنی تغییرات در کاربری زمین و سطوح تراکم برای رفع نیازهای ساکنان شهری در زمینه‌ی مسکن حمل و نقل ، اوقات فراغت و غذا و غیره تعریف کرد؛ یا توسعه‌ای است که تمام جنبه‌های اجتماعی ، اقتصادی و ... را در شهر با هم پیش می‌برد (زیاری، ۱۳۸۳: ۱۷). توسعه‌ی شهری به دو صورت پیوسته و ناپیوسته اتفاق می‌افتد که شهرک‌های اقماری و شهرهای جدید در نتیجه توسعه‌ی ناپیوسته شهری و توسعه در حاشیه‌ی شهر و بافت‌های فرسوده مربوط به توسعه‌ی پیوسته‌ی شهری است. شهرهای جدید به‌عنوان سکونت‌گاه‌های برنامه‌ریزی شده در طول فرآیند شکل‌گیری خود همواره با چالش‌های متعددی روبه‌رو بوده‌اند (محمدی و چنگوایی، ۱۳۹۱: ۶۳). شهرهای جدید، اجتماع‌های برنامه‌ریزی‌شده‌ای هستند که در پاسخ به اهداف از پیش تعیین‌شده ایجاد می‌شوند که عمدتاً برای تمرکززدایی کالبدی، اقتصادی، اجتماعی در ناحیه شهری شهرهای بزرگ طراحی می‌شوند. این شهرها نقش جذب سرریز جمعیتی، سامان‌دهی فضایی مادرشهر و ناحیه‌ی شهری، بهبود وضعیت محیط کار و زندگی سالم اجتماعی را بر عهده دارند. مردم هر شهری - هر چند با جمعیت نه‌چندان زیاد - به لحاظ روانی نیاز دارند که شهرشان سیمای منحصربه‌فرد، نمادها و شاخص‌های غرورآفرین، عناصر تداعی‌کننده‌ی فرهنگ و تاریخ، خاطره ساز، سرزنده و بانشاط، زمینه‌ساز اتفاقات و رویدادهای اجتماعی و همبستگی‌های اجتماعی داشته باشند.

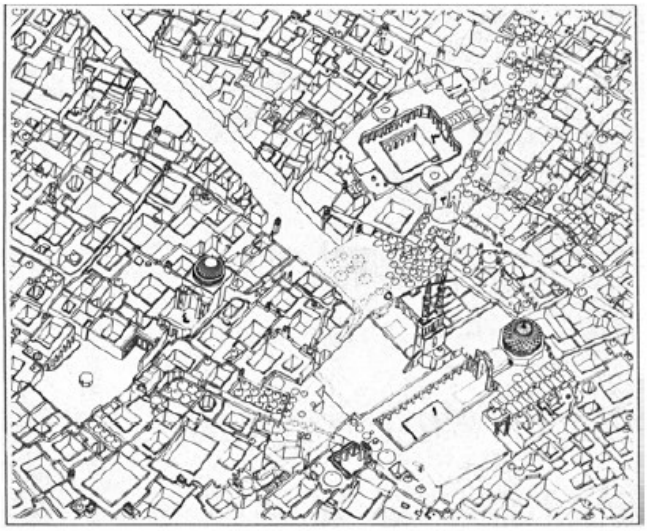
یک فضا برای ساکنان باید از یک هویت و از یک ساختار برخوردار باشد (فیالکوف، ۱۳۸۲: ۶۲). یک شهر نیز به عنوان مجموعه‌ای از ترکیب عوامل طبیعی، اجتماعی و محیط‌های شناخته‌شده‌ی انسان که در آن جمعیت ساکن متمرکز شده است، هویتی خاصی دارد (شیعه، ۱۳۸۵: ۴). در این‌جاست که روش فرکتالی اهمیت خود را نشان می‌دهد. اصول ارائه شده در ساختار فراکتالی شهر که در ارتباط با

طراحی شهری که در ادامه به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود، می‌تواند به انسجام هندسی شهر و کالبدی پایدار منجر شود. تنوع و گوناگونی[1] به این معنا که اجزاء و عناصر بسیار متفاوتی لازم است تا به انسجام شهری دست یابیم. مسیرهای پیاده، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، فضاهای سبز، ساختمان‌های مسکونی، تجاری و ... باید همگی وجود داشته باشند هر چند که آن‌ها در تضاد با یکدیگر قرار گیرند. در حالی که برای رسیدن به انسجام هندسی وجود همه اجزا و عناصر لازم است (مهاجری، ۱۳۸۷: ۱۲۴).

وجود فصل مشترک[2] در واقع یکی از ویژگی‌های مهم هندسه‌ی شهرهای گذشته، وجود مرزها یا فصل مشترک‌های فرکتالی است (Bovil, 1996: 87). واحدهای مختلف شهری از طریق فصل مشترک یا اجزا و عناصر مرزی با یکدیگر امتزاج می‌یابند. در واقع این فصل مشترک‌ها هستند که ارتباط بین واحدهای مختلف شهری را بر عهده دارند و نه اجزا و عناصر داخلی هر واحد.

ایجاد پیوستگی[3] در بین تمام اجزای یک مجموعه باعث ایجاد یک کل واحد می‌شود. در یک سیستم پیچیده و منسجم اجزا و عناصر آن باید با نظمی سلسله‌مراتبی در تمامی مقیاس‌های مختلف از کوچک به بزرگ با یکدیگر ارتباط داشته باشند. عدم ارتباط اجزا حتی در یک مقیاس باعث از بین رفتن ثبات در کل سیستم می‌شود. این در حالی است که در شهرهای امروزی ما ساختارهایی با مقیاس کوچک همواره قربانی ساختارهای با مقیاس بزرگ‌شده‌اند (توسلی، ۱۳۸۱: ۵۶). ویژگی خوانایی[4] کیفیتی است که موجبات قابل درک شدن یک مکان را فراهم می‌آورد (بنتلی، ۱۳۸۲: ۳۴). شکل کالبدی و الگوهای فعالیت دو عاملی هستند که در ایجاد خوانایی در کالبد شهر مؤثرند. شهرهای سنتی ما به‌وضوح این مسئله را نشان می‌دهند. مکان‌هایی که شاخص و مهم بوده و مکان‌هایی که جنبه همگانی داشته به راحتی تشخیص هویت می‌شدند (توسلی و بنیادی، ۱۳۷۱: ۶۷). یک کل پیچیده[5] و منسجم متشکل از اجزای جدایی‌ناپذیر، درهم مؤثر و پیوسته و با ارتباط متقابل بین اجزا و با محیط است (شکل ۳). یک کل به صورت یک جریان مداوم است که تدریجی شکل می‌گیرد و هر بار که تغییر می‌کند خود را با شرایط محیط سازگار می‌سازد و در هر سطحی از پیچیدگی کمابیش منظم بوده و نظمی فراگیر بر آن حاکم است (کریستوفر و دیگران، ۱۳۷۳: ۹۸).

1- Diversity
2- Interface
3- Connectivity
4- Legibility
5- Complex whole



شکل۳- مجموعه مرکز بخش درونی شهر به مثابه‌ی یک کل (مهاجری، ۱۳۸۷: ۱۲۷)

چنانچه این اصول و روابط بین عناصر شهر برقرار شود، می‌توان شهری منسجم با کالبد پایدار و کارایی بالا، قابل سکونت و محیط غنی انسانی از لحاظ روانی ایجاد کرد. علاوه بر این می‌توان برای احیای شهرهای مرده و شهرهای جدید از آن استفاده کرد (همان: ۱۲۸). حال آن‌که در مدل شهر شطرنجی خیابان‌ها هیچ فرقی با هم ندارند. وقتی تمام خیابان‌ها مشابه به یکدیگر باشند، رفت و آمدهای غیرمعقولی به وجود می‌آید و نواحی درونی تمام بلوک‌ها مورد هجوم قرار خواهد گرفت. همچنین اگر خیابان‌های مورب وجود نداشته باشد، سفرهای طولانی را در پی خواهد داشت و اگر خیابان‌ها مورب باشند، مثل شهر واشنگتن با تقاطع‌های متراکم و نامتعادلی روبه‌رو می‌گردند. فضای شهری نمی‌تواند یک‌دست و یکنواخت شود زیرا یکنواختی هویت را نابود می‌کند. بنابراین نمی‌توان همیشه فضاها را شبیه هم نمود بلکه گه‌گاه باید تضاد را حفظ کرد و سپس با مفصل‌هایی ارتباط لازم را به شکلی تدریجی به وجود آورد. رسیدن از یک فضای خصوصی به عمومی، از فضای حرکتی به مکث و یا حتی از یک فضای حرکتی به یک فضای حرکتی دیگر با سنخیتی متفاوت باید در چهارچوب سلسله مراتبی مشخص باشد (فلاح و اشرف گنجوی، ۱۳۸۴: ۴). به عنوان مثال در ایران زمانی که در معابر به ظاهر نامنظم بافت قدیم شهر شیراز قدم می‌زنیم، هویت شهری را می‌توان احساس کرد درحالی‌که ۵۰ کیلومتر آن سوتر در خیابان‌های شهر جدید صدرا که نظم هندسی معابر و ساختمان‌ها به چشم می‌خورد، هیچ‌گونه هویت و حس زیبایی‌گرایی در چشم‌انداز شهر وجود ندارد. از طرفی جریان توسعه‌ی کالبدی شهرها با سرعت بیش‌تری دنبال می‌گردد و حاشیه‌های امروز شهرها

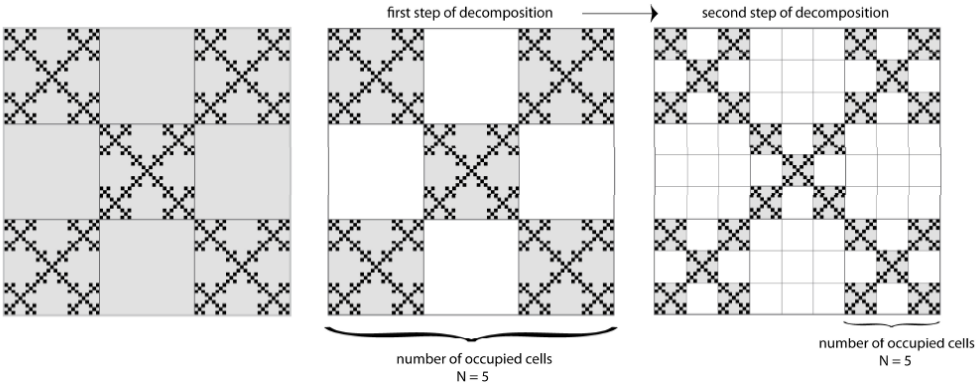
جزء لاینفک بافت اصلی شهر در آینده نه چندان دور است. رشد فیزیکی نابسامان شهرها در اثر توسعه فیزیکی ناپیوسته و پراکنده و عمدتاً در قالب شکل‌گیری قطعات منفرد و جدا از هم است؛ از این‌رو تحلیل وضعیت فیزیکی موجود و پیش‌بینی آینده گسترش شهرها به دلیل تأثیر آن بر سیاست‌ها و مدیریت منابع شهری و انسانی از اهمیت به سزایی برخوردار است (حسین‌زاده دلیر و دیگران، ۱۳۹۱: ۵۵). هم‌چنین موضوع پراکندگی شهری از اهمیت حیاتی در مدیریت رشد و توسعه‌ی شهرها در سراسر جهان برخوردار است. الگوهای توسعه‌ی شهری فضای بسیار پیچیده‌ای هستند و نیاز به چارچوب نظری و روش‌شناختی دارند (گودرزی، ۱۳۹۱: ۶). فرآیند پراکندگی از مراکز شهری، روش‌های چندبعدی و متفاوتی دارد که باید با هم مورد استفاده قرار گیرند. بُعد فرکتال یکی از روش‌هاست که می‌تواند به درک ما از توسعه‌ی فضایی شهر کمک کند (Terzi & Kaya, 2008: 144). سودمندی بُعد فرکتال در درجه‌ی اول در اندازه‌گیری فرم کلی شهر به‌عنوان یک فرکتال نهفته است. در حقیقت بُعد فرکتال، ابعادی از هندسه‌ی فرکتال را که برای محاسبه مناطق شهرنشین لازم است، اندازه‌گیری می‌کند. در حال حاضر سؤال‌های فراوانی در زمینه‌ی اقدامات لازم برای اصلاح شکل نامطلوب حاشیه‌ها وجود دارد. از آن‌جایی که فرآیند حاشیه‌نشینی، مفهومی بسیار گسترده‌تر از رشد ساده‌ی جمعیت را در خود دارد و در عین حال تحلیلی از تحولات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مربوط به آن را در بر می‌گیرد. پاسخ این پرسش‌ها ورای رویکردهای معاصر، در تکنیک‌هایی نهفته است که در تحلیل سیستم‌های کاملاً درهم تنیده (سیستم فرکتالی) قابل‌دسترسی است. سیستم‌های درهم تنیده‌ی فرکتال‌ها شامل تعداد بی‌شماری از روابط داخلی هستند که بر اساس روابط تعریف‌شده برای کل سیستم، تعریف شده‌اند و به خاطر خاصیت غیرخطی‌شان قابلیت تطابق با محیط دارند. نظریه‌ی فرکتال با الهام از فرکتال‌های طبیعی و اشکال خود متشابه و استفاده از تناسبات و تکرار در مقیاس خرد و کلان شکل‌گرفته‌اند و یک سیستم رشد یابنده در همه‌ی جهات است و همانند سیستم‌های تمرکزگرا نیست که با دور شدن از مرکز سیستم به حاشیه‌ها، از قدرت و کیفیت سیستم کاسته شود (ابوالحسنی، ۱۳۹۱: ۳).

کاربرد فرکتال در برنامه‌ریزی شهری: هنگامی که از آسمان به شهرهای تاریخی‌مان نگاه می‌کنیم تصویری فرکتالی را به وضوح در آن مشاهده می‌کنیم (Batty & Longley, 1994: 87). این موضوع نمی‌تواند تنها یک اتفاق بصری باشد بلکه نشان‌دهنده‌ی ماهیت فرکتالی ساختار این‌گونه شهرها است. ساختارهایی به‌هم پیوسته و منسجم که نه تنها در مقیاس‌های بزرگ بلکه در مقیاس‌های کوچک هم با پیوندی قوی و محکم به هم متصل شده است. این در حالی است که شهرهای مدرن امروزی فاقد چنین ساختارهایی می‌باشند. در حقیقت ساختار شهری ما از یک طرف، قربانی حاشیه‌نشینی و حومه‌های پراکنده و از طرف دیگر قربانی برج‌ها و آسمان‌خراش‌ها شده است (مهاجری، ۱۳۸۷: ۱۲۲).

شهر تنها به معنی سادگی یا پیچیدگی بی‌نظم نیست، بلکه شهر معمایی از پیچیدگی منظم است (Jacobs, 1961: 76). اما یک سیستم پیچیده‌ی شهری، به دلیل آن‌که اجزا و عناصر آن باید با یکدیگر ارتباط داشته باشند تا کل سیستم کارآمد باشد، لازم است از اصول مشخصی تبعیّت کند. در واقع دلیل این را که چرا شهرهای قرن بیستمی از انسجام لازم برخوردار نیستند، بایستی ناشی از عدم درک این اصول دانست (مهاجری، ۱۳۸۷: ۱۲۴). در مورد کاربرد رایج هندسه‌ی فرکتال در شهرسازی می‌توان آن را به دو دسته‌ی اساسی و نسبتاً متضاد تقسیم کرد: گروه اول به هندسه‌ی فرکتال و فضای آشوب و در پی آن معماری پرش کیهانی به عنوان موضوعی کاملاً اُرگانیک نگاه می‌کنند. هر آنچه نظم بشری بوده به نوعی بی‌نظمی در بی‌نظمی بوده و این نظم بی‌نظمی است که نظم واقعی است. برای مثال تلاش بشری برای کنترل آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها که به دنبال حفظ منابع طبیعی بود، همواره منجر به آتش‌های بزرگ‌تر می‌شد اما امروزه با آتش‌سوزی جنگل‌ها مبارزه نمی‌کنند و آن را بخشی از فرآیند طبیعی نظم آن می‌دانند. اما در مورد برنامه‌ریزی شهری دسته‌ی اول می‌گویند شهرهای قدیمی که اُرگانیک ساخته می‌شدند با طبیعت سازگار بودند و مانند گروه دوم با مدرنیته دشمنی دارند؛ اما گروه دوم هندسه فرکتال را به عنوان ابزاری قوی‌تر برای علم و عمل معرفی می‌کنند. شاید بتوان حرف گروه دوم را در موضعی دانست که با مقدمه‌ی دسته اول کاملاً سازگار است اما این گروه بیش‌تر به این موضوع به عنوان امری ذاتی بشر نگاه می‌کنند؛ پس شهرسازی مدرن غیر ذاتی بشر است (مشهودی، ۱۳۸۶: ۷۳). در معماری چندین سال است که دیگر هیاهوی معماری فرکتال کم شده است و در مقدمات شهرسازی هم کمتر ارتباط بدیهی دارد؛ زیرا خیلی زود فهمیدند که این موضوع در بهترین حالت چیزی به جز یک ابزار نیست. شاید به نظر بیاید موضوعی که طبیعی بودن یک فرم را ارزش می‌داند چگونه می‌تواند صرفاً یک ابزار باشد؟ موضوع این‌جاست که برای محاسبه بُعد فرکتال و نتیجه‌گیری از آن همه چیز به تئوری هدایت‌کننده طرح بستگی دارد. مثلاً برخی پژوهش‌ها نشان‌دهنده‌ی این موضوع هستند که معماری رایت با بُعد فرکتالی نزدیک به طبیعت بوده که این درست برخلاف معماری میس و لوکوبوزیه است؛ اما این موضوع را در پیچیدگی ساختمان‌های رایت هم می‌توان گفت. البته باید گفت که در نظریه‌های مختلف، این موضوع اهمیت دارد؛ مثلاً تحقیقات بتی و لانگلی در مورد بُعد فرکتال شهرها و نتایج آن، که اساساً هیچ‌گونه ارتباطی به تحقیقات سالینگاروس (زیبایی‌شناسی فرکتالی) ندارد، به جز این‌که هر دو از این هندسه استفاده کرده‌اند (همان: ۷۵).

مدل‌سازی ریاضی از رشد فرکتال برای شبیه‌سازی و درک الگوی رشد شهری استفاده شده است (Sander, 1987: 82-88). برای اعمال مفهوم برنامه‌ریزی در مقیاس شهری، روش تجزیه‌ی فرکتال توسعه یافته که در حال حاضر از تجزیه و تحلیل فرکتال برای اعمال این مفهوم استفاده می‌شود (Mandelbrot, 1983:237).

در شکل ۴ منطقه‌ی شهری بررسی شده است که با شبکه‌ای از سلول‌های مربع مانند پوشیده شده است که اندازه آن‌ها در مرحله‌ی اول بزرگ است. برای فرکتالی کردن این منطقه، سلول‌های اشغال‌شده شامل آن دسته از خانه‌ها را شناسایی و در مرحله‌ی بعدی، هر یک از سلول‌ها را به ۹ مربع کوچک‌تر بُرش می‌دهیم، یعنی اندازه مربع یک سوم مربع اولیه می‌شود. سپس در هر یک از سلول‌های اشغالی شناسایی شده، ما دوباره آن دسته از قطعات مشمول را در نظر می‌گیریم. البته از آن‌جا که سلول‌های ما کوچک‌تر شده‌اند، ما دوباره آن‌هایی را که در سلول‌های اشغالی بزرگ‌تر از مرحله‌ی قبلی خالی هستند، پیداکرده و برش می‌دهیم. از این‌رو نسبت کل سلول‌های اشغالی از یک گام‌به‌گام دیگر هر چقدر کوچک‌تر می‌شود به همان نسبت کاهش می‌یابد (Czerkauer-Yamu et al, 2010: 4).



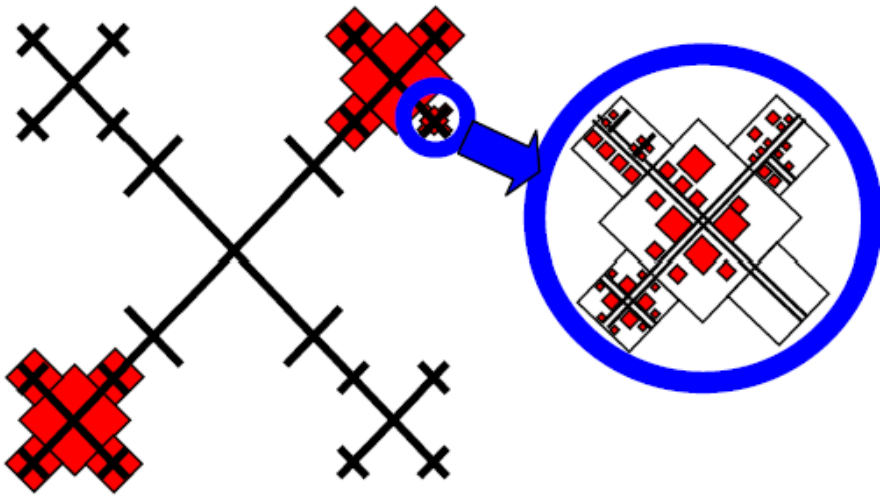
شکل ۴- طرح برنامه‌ریزی فرکتالی (Frankhauser et al., 2008: 24)

برای جلوگیری از تکه‌تکه شدن مناطق شهرنشین از جمله فضاهای باز این مناطق، مفهوم فرکتال مستلزم قوانین توپولوژیک از هم پیوندی فضای آزاد و ساخته شده سطوح و پیکربندی سلسله مراتبی در چند مقیاس است. در مقیاس شهری، دسترسی به شغل، خدمات، اوقات فراغت و ... از اهمیت عمده‌ای برخوردار است. ازاین‌رو MUP[1] شهری دسترسی کلی هر سلول با توجه به شبکه‌های موجود و هم‌چنین دسترسی به خدمات متنوع را بررسی می‌کند (Tannier et al, 2010: 79). بر اساس این معیارها، MUP شهری، در هر مرحله از تجزیه‌ی اطلاعات جهانی برای هر سلول در مورد مناسب بودن آن برای توسعه‌ی آینده تحلیل و ارزیابی می‌کند.

بر این اساس باید آگاه بود که تعداد سلول‌هایی که می‌تواند با قانون فرکتال شهرنشین شود، محدود است. در واقع هر یک از این شبکه‌های بزرگ شامل سه شبکه‌ی کوچک است؛ اما با توجه به قانون

1- Master of Urban Planning

انتخاب فرکتال حداکثر تعداد n از این سلول‌ها می‌تواند شهرنشین شده باشد. (شکل ۵) این مدل نه‌تنها شبیه‌سازی پتانسیل رشد است، بلکه هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان یک مدل معکوس برای شناسایی مناطق با دسترسی پایین برای تثبیت، تجدید حیات و تخریب (به عنوان مثال انقباض شهرها و محله) استفاده شود. فرکتال اجازه می‌دهد تا ساختمان‌ها در اندازه‌های مختلف در مناطق مختلف باهم ترکیب شود، بنابراین از یکنواختی اجتناب می‌شود (Czerkauer-Yamu et al., 2010: 6).



شکل ۵- طرح برنامه‌ریزی شهری چند فرکتال استراتژیک (Frankhauser et al., 2005: 177)

گفتنی است ساختار فرکتال در فرم شهری هنگامی بیش‌تر آشکار می‌گردد که مناطق شهرنشین، کلان‌شهر و سیستم شهری در منطقه به عنوان یک کل مشاهده شود (Shen, 2002: 419-437).
درمجموع صاحب‌نظران، برنامه‌ریزی شهری مدرن را غیر فرکتالی و برنامه‌ریزی شهری را بر اساس فرکتال پست‌مدرن می‌دانند. هر چند برنامه‌ریزی شهری پست‌مدرن گونه‌های فراساختاری دیگری را نیز در بر دارد. مدرنیست‌ها به شهر، حول محور مدرنیسم و قطع با گذشته و تاریخ و زمان نگاه می‌کنند و فقط و فقط به مسائل معماری اجتماع می‌پردازند. انسان در این مکتب عنصری بیولوژیک و دارای عملکردهای سکونت، کار، رفت و آمد و اوقات فراغت در یک ناحیه خاص است. در مکتب مدرنیسم، موقعیت، مکان، فرهنگ و سنت جایگاهی ندارد (حسین‌زاده دلیر و هوشیار، ۱۳۸۴: ۲۰۹). جغرافیای پست‌مدرن ضمن نفی یکسان‌نگری و همانندگرایی پدیده‌های مکانی، بازگشت به پارادایم تفاوت‌های مکانی، افتراق مکانی و ناحیه‌گرایی را مطرح می‌سازد. شکست اجتماعی شهرسازی مدرن را می‌توان عامل اصلی انگیزه‌های پیدایش شهرسازی «پست‌مدرن» دانست. شهرسازی مدرن نتوانست در ایجاد

ارتباط با ساکنان و شهرنشینان موفق باشد و از این‌رو پست‌مدرنیسم ابزاری است برای ایجاد ارتباط در سطوح مختلف زندگی شهری میان ساکنین شهر و بخش‌های مختلف شهر. طراحی شهری مدرنیستی، به‌کل شهر توجه می‌کرد که این قضیه در پروژه‌های لوکوربوزیه و ساخت و سازهای متعاقب برنامه‌ریزی شهری، مشهود است. شهر را به روش انتزاعی از بالا می‌دیدند؛ به‌مثابه‌ی کلیتی در فضا که نیازمند نظام دهی و مدیریت بود. برعکس، طراحی شهری پست‌مدرن، به بخش‌های شهر توجه می‌کند. به مکان‌های مشهود و معنا و سرزندگی این مکان‌ها و در مخالفت با انتزاع‌ها و ملیت‌گرایی‌های مدرنیسم بحث می‌کند. طراحی شهر مدرنیستی به مسائل اجتماعی توجه می‌کند و معتقد است که فن‌آوری‌های نوین، ارائه‌دهنده راه‌حل‌هایی برای مسائل اجتماعی‌اند. طراحی شهری پست‌مدرن درگیر مسائل اجتماعی نیست و آن‌ها را فرای حوزه‌ی عمل و توانایی‌هایش می‌بیند. چنین ملاحظاتی را آرمان‌شهر گرایانه می‌داند. به هر حال، فشار زیادی برای مشکلات عمومی در فرآیند طراحی، به‌عنوان واکنشی در برابر طرح‌های ساخت‌وساز دوباره مدرنیست‌ها وجود داشته است. هرچند این فشار بر مسائل محلی متمرکز بوده است تا موضوعات جهانی.

طراحی شهری پست‌مدرن، تأکید مدرنیستی بر خرد، نظم و هندسه را رد می‌کند و برای رسیدن به تنوع و تفاوت تقلا می‌کند. طراحی شهری پست‌مدرن به اختلاط کاربردهای زمین، برای سرزنده کردن به مکان‌های شهری، علاقه نشان می‌دهد زیرا که این عمل در تعارض با تمایل مدرنیستی، به جدا کردن کاربردهای زمین در مناطقی از طریق سازمان‌دهی خردگرایانه است. طراحی شهری پست‌مدرن سبکی گزینشی اختلاطی دارد و از دوره‌های تاریخی مختلف مطالبی به وام می‌گیرد و شهر را به‌مثابه‌ی کلیتی می‌بیند دارای پیوست تاریخی و مکانی، درحالی‌که طراحی مدرنیستی پیوندهایش را از گذشته می‌گسلد و فقط به آینده نگاه می‌کند. طراحی شهری پست‌مدرن، سخنش بازگشت به خیابان‌های شهر، میدان‌ها و ساختمان‌های کم ارتفاع است، برعکس دیدگاه مدرنیستی، که ساختمان‌های بلندمرتبه مستقر در پارک‌ها را مطرح می‌کرد، بی‌شباهت به طراحی شهری مدرنیستی، که مطرح کنندگانش همکارانی با افکار مشابه بودند و بحثشان این بود که نظریه‌ای منسجم دارند. طراحی شهری پست‌مدرن، مجموعه‌ای از واکنش‌ها و حساسیت‌هایی است که در طی زمان در پاسخ به مدرنیسم شکل‌گرفته‌اند. دامنه‌ی این واکنش‌ها از رد صریح اندیشه‌های انتزاعی مدرنیسم، تا درخواستی برای انسانی کردنشان گسترده بود (مدنی‌پور، ۱۳۹۲: ۱۴۵). پست‌مدرنیسم در چارچوب پارادایم توسعه پایدار به ارائه‌ی الگوی توسعه‌ی پایدار شهری پرداخته و در طرح و برنامه‌های خود تحولاتی را داشته است (پارسی‌پور و ضیاءتوانا، ۱۳۹۲: ۷۶). تأثیر جنبش پست‌مدرن بر شهرسازی معاصر بسیار مشهود است. در حقیقت بخش اعظمی از پیشرفت شهرسازی پست‌مدرن حاصل تغییر نگره‌ها و اندیشه‌ها و مبانی نظری است (رفیعی و دانش‌پور، ۱۳۸۵: ۱۶۱). شهرسازی پست‌مدرن که تا حدود زیادی بر اساس

فرکتال انجام می‌شود، می‌تواند تأثیرات مثبت و مفید زیادی را در شهرها داشته باشد که در جدول زیر به این تأثیرات بر روی عوامل اجتماعی و کالبدی شهر و... اشاره شده است (جدول۱).

جدول ۱- تأثیر فرکتال بر ابعاد توسعه پایدار شهری

ابعاد	تأثیر فرکتال
اجتماعی	ایجاد معنا و هویت بخشی به بافت شهری، رنگ تعلق و حس مکان، پویایی و سرزندگی، افزایش تمایل ساکنین به ماندگاری در شهر
اقتصادی	افزایش توان توریست‌پذیری
کالبدی	ایجاد پیچیدگی مطلوب، نظم در بی‌نظمی، تنوع و گوناگونی
نهادی	مدیریت شهری کارآمد، تسهیل حکمروایی شهر
زیست‌محیطی	ایجاد فضای سبز همگن با طبیعت، پویایی اکولوژیک

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

فضای پست‌مدرنیستی موجب تغییرات در حوزه‌های شهری به‌ویژه در امر برنامه‌ریزی شهری و توسعه شده و با دگرگون‌سازی فرهنگی و اندیشه‌کاوانه همراه بوده است. در دوره‌ی مدرن، برنامه ریزان شهری با طراحی آگاهانه شهر به صورت یک «شکل بسته» درصدد تسلط به شهر به عنوان یک «کل» بودند؛ در حالی که پست‌مدرن‌ها فرآیند شهری را غیر قابل کنترل و « آشفته » در نظر می‌گیرند و در آن «هرج و مرج» و «تغییر» در وضعیت‌های کاملاً «باز» عمل می‌کنند. همچنین شهرسازی مدرن، شهر را قسمت قسمت کرده و اجتماعات محلی در هویت و پویایی شهر نقشی ندارند در حالی که برعکس آن، در شهرسازی پست‌مدرن احیای محله‌ها و اجتماعات شهری و فرهنگ‌های متفاوت از اهمیت خاصی برخوردار است.

برای رهایی از بحران بی‌هویتی و جواب‌گویی به ابعاد روحی و روانی ساکنانی که در منطقه‌ی توسعه‌ی پیوسته و ناپیوسته جدید شهرها زندگی می‌کنند، لازم است که در تمامی مراحل از تصمیم‌گیری برای احداث این مکان‌های جدید تا مکان‌یابی و مدیریت آن‌ها، به مبحث هویت شهری توجه شود. از قابلیت‌هایی که می‌تواند در ایجاد هویت شهری تأثیرگذار باشد ویژگی‌های طبیعی، اجتماعی و کالبدی منحصربه‌فرد است و استفاده از هندسه فرکتال می‌تواند در ایجاد شهری با سیمای خاص که بخشی از ویژگی‌های هویت شهری است، مؤثر باشد. در واقع طراحی فضای شهری بر اساس فرکتال موجب سرزندگی شهری و ارتقاء کیفیت فضای شهری می‌شود و بستر مناسبی برای شکل‌گیری حس تعلق به مکان در ساکنین شهر است؛ از این‌رو توجه به جغرافیای شهری با ساختار فرکتالی

می‌تواند حس تعلق و در ادامه تمایل به ماندگاری شهروندان را در شهر افزایش دهد. از طرفی کیفیت بسیار ضروری که در همه‌ی شهرهای زنده مشترک است پیچیدگی سازمان‌یافته است. معیار پیچیدگی به معنای هماهنگی، تنوع و ایجاد وحدت در مناظر شهری است. در واقع این معیار باعث تحریک حس بصری و ارتقای کیفیت فضا خواهد شد. از ویژگی‌های فرکتال‌ها پیچیدگی و غیرقابل‌پیش‌بینی بودن است که استفاده از این قابلیت‌ها می‌تواند شهر را به یک رویداد هیجان‌انگیز برای ساکنان تبدیل کند و آن را از یکنواختی درآورد و موجب جذابیت جغرافیای شهر شود. شهرهای زنده فی‌نفسه ویژگی فرکتالی دارند و این ویژگی در کلیه‌ی سیستم‌های زنده مشترک است. بدین منظور برای بی‌اثر کردن آسیب‌هایی که گریبان‌گیر بافت شهری جدید شده است، باید در مورد اهمیت ارتباط سلسله مراتبی بحث شود و این‌که چگونه معیار فرکتالی بودن را می‌توان به عنوان شرط اصلی در سنجش موفقیت ساختار هندسی شهرها به کار گرفت. همان‌گونه که گفته شد الگوهای توسعه‌ی شهری فضایی بسیار پیچیده هستند و نیاز به چارچوب نظری و روش‌شناختی دارند. همچنین فرآیند پراکندگی از مراکز شهری، روش‌های چند بُعدی و متفاوتی دارد که باید با هم مورد استفاده قرار گیرند. بُعد فرکتال یکی از روش‌هاست که می‌تواند به درک ما از توسعه‌ی فضای شهر کمک کند. در حقیقت نیاز به بُعد فرکتال از آن‌جا ناشی می‌شود که ابعادی از هندسه فرکتال را که برای محاسبه‌ی مناطق شهرنشین لازم است اندازه‌گیری می‌کند.

با بُعد و ریتم فراکتالی می‌توانیم برای توسعه و بازسازی، الگوهایی پیشنهاد دهیم. در حال حاضر ناهماهنگی بناهای تازه‌ساخت با بافت شهرها، یکی از مشکلات توسعه است اما با مدل‌سازی‌ای که با کمک بُعد فراکتالی انجام می‌دهیم، می‌توانیم نظم پنهانی بافت نظم زیرساختی- خودتشابهی پیوستگی را به دست آوریم و به این مسئله پاسخ دهیم که بنا، مناسب بافت طراحی‌شده است یا خیر. نتایج حاصل از این گزیده حاصل اندیشه‌ها، مفاهیم و تلاش‌های صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران برنامه‌ریزی شهری در سراسر جهان است که پس از دهه‌ها بحث مداوم و با تلاش فراوان و دشواری‌های بسیار به دست آمده است. از این‌رو می‌توان امید داشت که این تلاش هر چند کوچک، در کنار سایر تلاش‌های هم سنگ در این زمینه، انگیزه‌ی مناسبی برای عمق بخشیدن به رویکردهای جدید در عرصه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری باشد.

منابع

۱- ابوالحسنی، نسیم. ۱۳۹۱. بررسی امکان الگوسازی نظریه فرکتال‌ها در طراحی و برنامه‌ریزی شهری جهت کاهش مشکلات حاشیه‌های شهری، پنجمین کنگره‌ی بین‌المللی جغرافیدان اسلام.
۲- بنتلی، یان. ۱۳۸۲. محیط‌های پاسخده. ترجمه‌ی دکتر مصطفی بهزادفر. تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
۳- پارسی‌پور، حسن و محمدحسن ضیاءتوانا. ۱۳۹۲. پست‌مدرنیسم و شهر با تأکید بر الگوها و طرح‌های برنامه-ریزی شهری، مجله‌ی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال چهارم، شماره‌ی سیزدهم.
۴- پورجم علویچه و قدس سیاهکوهی. ۱۳۸۱. بعد فرکتالی رد زلزله، ابزاری برای تعیین زمان اولین رسید، فیزیک زمین و فضا، جلد ۲۸، شماره ۲.
۵- پیر بابایی، محمدتقی و صمد نگین تاجی. ۱۳۸۷. مدل‌های فراکتالی در معماری بومی ایران (نمونه‌ی موردی: روستای ماسوله)، اولین کنفرانس بین‌المللی سکونت‌گاه‌های سنتی زاگرس.
۶- توسلی، محمود و ناصر بنیادی. ۱۳۷۱. طراحی فضای شهری. جلد ۱و۲. تهران، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۷- توسلی، محمود. ۱۳۸۱. ساخت شهر در اقلیم گرم و خشک ایران. تهران، انتشارات پیام و پیوند نو.
۸- حسین‌زاده دلیر، کریم؛ محمدرضا پورمحمدی؛ بهمن هادیلی و سهیلا چوب‌ساز. ۱۳۹۱. تحلیل الگوی توسعه‌ی پراکنده کلان‌شهر تبریز با استفاده از مدل شانون و تعیین جهت‌گیری توسعه‌ی فیزیکی آن، فصل‌نامه نقش جهان، سال دوم، شماره ۲.
۹- حسین‌زاده دلیر، کریم و حسن هوشیار. ۱۳۸۴. مدرنیسم و تأثیر آن بر معماری و شهرسازی ایران، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، شماره ۱۹.
۱۰- رفیعی، امیررضا و عبدالهادی دانش‌پور. ۱۳۸۵. پست‌مدرنیته و نگرش‌های جدید معناشناختی در شهرسازی، مجله‌ی فلسفه، شماره ۱۲.
۱۱- زیاری، کرامت اله. ۱۳۸۳. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. چاپ اول، دانشگاه یزد.
۱۲- سالینگاروس، نیکوس ا. ۱۹۹۸. فرکتال‌ها در معماری جدید. ترجمه‌ی نسیم چیت‌سازان و نسیم ایران‌منش.
۱۳- سالینگاروس، نیکوس ا و ویکتور پادرن. ۱۹۹۸. اکولوژی و درک فرکتالی در معماری نوین، ترجمه‌ی شادی پاکزاد، فصل‌نامه‌ی مبانی نظری، هنر و معماری خانه.
۱۴- سرو زاده، سید کوروش و علیرضا اشتیاقی. ۱۳۹۰. تئوری شبکه‌ای و شهر فرکتال. انتشارات نوید شیراز.
۱۵- شیعه، اسماعیل. ۱۳۸۵. مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی شهری. چاپ شانزدهم، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۶- فلاح، حسین و محمدعلی اشرف گنجوی. ۱۳۸۴. هویت مکانی یک فضای شهری، همایش عمران و معماری و شهرسازی کرمان.
۱۷- فیالکوف، یانکل. ۱۳۸۲. جامعه‌شناسی شهری. ترجمه‌ی عبدالحسین نیک گهر. مشهد، نشر آگه.
۱۸- قرخلو، مهدی و سعید زنگنه شهرکی. ۱۳۸۸. شناخت الگوی رشد کالبدی- فضای شهر با استفاده از مدل‌های کمی، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۲.

۱۹- کرم، امیر. ۱۳۸۹. نظریه‌ی آشوب، فرکتال (برخال) و سیستم‌های غیرخطی در ژئومورفولوژی، فصل‌نامه‌ی جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۸.
۲۰- کریستوفر و دیگران. ۱۳۷۳. تئوری جدید طراحی شهری. ترجمه‌ی مهندسین مشاور طاش. تهران، نشر توسعه.
۲۱- گودرزی، غزاله. ۱۳۹۱. بررسی الگوهای پراکندگی شهری در مدیریت بحران از طریق هندسه‌ی فرکتال، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، تهران.
۲۲- مدنی‌پور، علی. ۱۳۹۲. طراحی فضاهای شهری: نگرشی بر فرایند اجتماعی مکانی. ترجمه فرهاد مرتضایی. شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، تهران.
۲۳- محمدی، محمود و یونس چنگوایی. ۱۳۹۱. بررسی چالش‌های توسعه‌ی شهر جدید مجلسی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی، فصلنامه برنامه‌ریزی فضایی جغرافیا، سال دوم، شماره‌ی دوم، صص ۸۰-۶۳.
۲۴- مشهودی، سهراب. ۱۳۸۶. مبانی طرح‌های سیال شهری. چاپ دوم، تهران، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری.
۲۵- ملک‌عباسی، منصور. ۱۳۸۱. هندسه فرکتال در جغرافیا، فصل‌نامه‌ی رشد آموزش جغرافیا، شماره‌ی ۶۲.
۲۶- مهاجری، ناهید. ۱۳۸۷. پایداری کالبدی در شهرهای سنتی ایرانی اصل انسجام و پیچیدگی در طراحی شهری- ساختار فرکتالی، تهران، نشریه‌ی علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره‌ی دهم، شماره‌ی۳.
۲۷- مهدی‌زاده، جواد و دیگران. ۱۳۸۶. برنامه‌ریزی راهبردی توسعه‌ی شهری (تجربیات اخیر جهانی و جایگاه آن در ایران). چاپ دوم، تهران، شرکت طرح و نشر پیام سیما.
۲۸- مهرنیا، سیدرضا. ۱۳۸۶. تأملات فرکتالی در تعامل با سامانه‌های اطلاعات مکانی، همایش ژئوماتیک.
29-Barnsley, M. 1988. Fractals Euerywhere. London: Academic Press.
30-Batty, M. 1991. Cities as fractals: simulating growth and form. In Fractals and Chaos, edited by T. Grilly, R. A. Earnshaw, and H. Jones (New York: Springer)
31-Batty, M. 1992. The fractal nature of geography. National Geography Magazine, 64(5)
32-Batty, M. and Longley, P. 1994. Fractal Cities: A geometry of form and function, Academic Press, San Diego, CA and London.
33-Carl, B. 1996. Fractal geometry in architecture and design, birkhauser. Boston.
34-Carl, B. 2000. "Fractal geometry as design aid", Journal for geometry and graphics, 4(1): 71-78.
35-Carl, B. 2000. Fractal calculations in vernacular architecture, proc, international, Boston.
36-Chen Y.G. 2009. Analogies between urban hierarchies and river networks: Fractals, symmetry, and self-organized criticality. Chaos, Soliton & Fractals, 40(4).

37-Czerkauer-Yamu, C., and Frankhauser, P. 2010. A Multi-Scale (Multi-Fractal) Approach for a Systemic Planning Strategy from a Regional to an Architectural Scale, reviewed paper.
38-Frankhauser, H., and Tannier, V. 2005. Vers des déplacements péri-urbains plus durables: propositions de modèles fractals opérationnels d'urbanisation, Research program PREDIT, intermediate report. Besancon.
39-Frankhauser. Y. 2008. Fractal geometry for measuring and modelling urban patterns. The Dynamics of Complex Urban Systems, proceedings.
40-Goodchild, M. and Mark, D. 1987. The Fractal Nature of Geographic Phenomena. Annals of the Association of American Geographers 77(2).
41-Han, J, Hayashi, Y, Cao, X., and Imura, H. 2009. "Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai, China" Landscape and Urban Planning 91.
42-Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins. Bulletin of the Geophysical Society of America, 56(3).
43-Jacobs, J. 1961. The Death andmLife of Great American Cities, Vintage Books, New York.
44-Johnsen, W., and Brown, C. 1994. Com arison of Several Methods for Calculating Fractal-based Topographic Characterization Parameters. Aactals 2(3).
45-Johnston R. 2003. Order in space: geography as a discipline in distance. In: A Century of British Geography. Oxford University Press.
46-LaBarbera, P., and Rosso, R. 1989. On the fractal dimension of stream networks. Water Resources Research, 25(4).
47-Laurence M., Frankhauser P., and Thomas I. 2003. Using Fractal Dimensions forCharacterizing Intra-urban Diversity: The Example of Brussels. Paper presented at the ERSA 2003 Congres September 2003 in Jyvaskyla, Finland.
48-Lorenz, E., Jensen, M.B., Johnson, B., and Lundvall, Ba 2007. Forms of knowledge and modes of innovation, North-Holland, 36 (5): 680-693.
49-Wolfgang, L. 2002. Fractal and fractal architecture, department planning and architecture.
50-MacLennan, M.S. Fotheringham, M. Bat and Longley, P. 1991. Fractal Geometry and Spatial Phenomena: A Bibliography. NCGIA report ri-1
51-Mandelbrot, B. 1967. How long is the cost of Britain? Statistical self-similarity and fractal dimension. Science: 155.
52-Mandelbrot, B. 1983. The Fractal Geometry of Nature (San Francisco).
53-Mikiten, T.M., Salingaros, N.A., and Yu, H.S. 2006. "Pavements as Embodiments of Meaning for a Fractal Mind" Nexus Network Journal 2. Germany.
54-Pelletier, J.D. 2002. Fractal Behavior in Space and Time in Simplified Model of Fluvial Landform Evolution". Geomorphology 91.

55-Salingaros, N.A. 2001. "Fractals in the New Architecture", Archimagazine, approximately 6 pages. Traduzione in italiano, Archimagazine, circa 6 pagine
56-Salingaros, N.A. 2004. Connecting the Fractal City, University of Texas at San Antonio, Published in PLANUM - The European Journal of Planning On-line.
57-Salingaros, N.A. 2005. Principles of Urban Structure, Techne Press, Amsterdam, Holland.
58-Sander, L.M. 1987. Fractal growth. Scienti. C American, 256: 82–88.
59-Shen, G. 2002. Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas. Geographical information science, 16(5): 419- 437.
60-Tannier, Vuidel, Frankhauser, Houot: 2010. Simulation fractale d'urbanisation – MUP-city, UN modèle multi-échelle pour localiser de nouvelles implantations résidentielles. In: Revue Internationale de géomatique.
61-Terzi, F., and Serdar Kaya, H. 2008. Analyzing urban sprawl patterns through fractal geometry: The case of Istanbul metropolitan area, CASA working paper 144.
62-Ting, C.H., and lining, H. 1998. World of fractal, No 3.
63-Thorrens P.M., and O'Sullivan D. 2001. Cellular automata and urban simulation: where do we go from here? , Environment and Planning B, No.28.
64-Vicsek T. 1989. Fractal Growth Phenomena. Singapore: World Scientific Publishing Co.
65-Warren, M. Hern, 2008. Urban Malignancy: Similarity in the Fractal Dimensions of Urban Morphology. International journal of anthropology, 23.