

تاریخ دریافت : ۹۳/۰۸/۱۸

تاریخ پذیرش : ۹۴/۰۶/۰۱

بازشناسی شهرسازی و معماری اسلامی ایران با رویکرد تئوری آشوب و قانون فازی (مطالعه موردی : شهر یزد، میبد، تبریز)

نسیم اشرافی*

چکیده

با نگرش به شهرهای اسلامی در دوره‌های مختلف زمانی از اوایل اسلام تا اوایل دوره قاجار همواره متوجه می‌شویم پویایی^۱ فضا در شهرهای گذشته مسلمانان، تفاوت اصلی آنها با فضای شهری دوره‌های قبل از اسلام و معاصر در ایران بوده که از طریق پیچیدگی سازمان‌یافته حاصل شده، این پیچیدگی در یک سیستم باز اتفاق افتاده و اجزای آن (فراکتال‌ها) با یک منطقی در طی زمان‌های متمادی تکامل و رشد یافته، منجر به توسعه درونی در یک سیستم شهری شده‌اند که نظمی پنهان را در فضای آشوب شهری به همراه داشته‌اند. در بافت شهری گذشته، نظمی پنهان در فضای شهری، توسعه شهر را در حریمی مشخص سامان می‌داده و مشارکت‌های مردمی در تحقق این مهم نقش اصلی ایفا کرده است. همین موضوع از محوری‌ترین مباحث پایداری شهری است. این پژوهش سعی دارد با مطالعات اسنادی و تطبیقی، با رویکرد تئوری آشوب^۲ (هندسه فراکتال، منطق فازی و فضای آشوب)، به عنوان یک تئوری سیستمیک، عوامل پویایی و پیچیدگی^۳، غیر خطی بودن، نظم پنهان و خودسازماندهی فضایی را - که از مشخصات یک فضای آشوب در یک سیستم زنده است - در هنجارهای شهری و معماری گذشته اسلامی از جمله قوانین خصوصی‌گرایی و دولتی و قوانین موروثی اسلامی بررسی کند تا با دستیابی به تعاریف مشخصی از انسجام و پیچیدگی، نظم پنهانی موجود در شهرهای کهن، عدم یکپارچگی و ناهماهنگی شهرهای معاصر را که در حریمی نامشخص رشد می‌یابند را بازشناسی کرده، در نهایت در راستای تحقق پایداری شهری و معماری، عامل رشد درون‌زا که ناشی از فرهنگ و جهان‌بینی ایرانی-اسلامی بوده و خود سازماندهی حاصله از مشارکت‌های مردم در تمام جنبه‌های زندگی شهری را که در یک سیستم زنده به فعالیت می‌پرداختند را به جای تخصص‌گرایی معرفی می‌کند.

واژگان کلیدی

آشوب، پویایی، فازی^۴، فراکتال^۵، شهرهای سنتی مسلمانان.

*دکتری معماری. گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران. ashrafi@pardisiu.ac.ir

مقدمه

جستجو کرد و پدیده‌ای که در مقیاس محلی، کاملاً تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی به نظر می‌رسد، چه بسا در مقیاس بزرگتر کاملاً پایا و قابل پیش‌بینی باشد (افتخارزاده، ۱۳۹۳). بحث پیرامون شهرسازی و معماری با رویکرد تئوری آشوب و واژه‌های نوین آن نیاز به بررسی اجمالی تحولات جهان در دوران پسا مدرن دارد. در حوزه شهرسازی، شهرها و اجزای آن از همان ابتدا در حالت پیچیده و بدین سبب واجد نظم بالایی از نوع فرکتالی هستند (Batty, 2005). ورود تئوری آشوب به معماری در اروپا را می‌توان با ورود نظریه‌های ساختارشناسانه چارلز جنکنز همزمان دانست (Trachtenberg & Heyman, 1986). جنکس، پارادایم جدید پیشنهادی‌اش را براساس چیزی قرار داده که تصور می‌کند مبنای تئوریک باشد برای بناهایی که از آنها دفاع می‌کند. او مدعی است این بناها با کاربردهای علم جدید به وجود می‌آیند و می‌توان آنها را با توجه به همین کاربردها درک کرد، یعنی نظریه پیچیدگی، سیستم‌های خود سازمان ده، فراکتال‌ها، دینامیک غیر خطی، پیدایش و خود همانندی. (افتخارزاده، ۱۳۹۳)

بیش از دو دهه است که رابطه پیچیده و متناقض بین معماری و علوم پیچیده وجود داشته است. در سال ۱۹۷۰ ریاضیدانی به نام مندل بورت، در مقدمه کتاب معروف خود "هندسه فراکتالی طبیعت" بیان می‌کند:

«هندسه اقلیدسی نمی‌تواند اشکال طبیعی را بررسی کند. هیچ کوهی مثلث، هیچ ابری بیضی یا هیچ گردویی کروی نیست. در عین حال در طبیعت هارمونی، هماهنگی و جذابیت شگفتی بین اجزاء مناظر طبیعی وجود دارد که بر خلاف هندسه اقلیدسی در چشم آدمی جذاب است» (Nesbitt, 1996). پتر آیزنمن از دیگر نظریه پردازان و معمارانی است که می‌توان او را در کاربرد و تحلیل این تئوری پیش‌رو دانست. آیزنمن معتقد است که در مقیاس طراحی، جنبه‌های تغییرات زمانی، تغییرات حاشیه‌ای و غیره نیز مطرح می‌شوند. بنابراین زمزمه‌هایی نه فقط در مقیاس، بلکه در زمان رخ می‌دهد که نتیجه آن خود شباهتی است نه خودهمانندی (بانی مسعود، ۱۳۸۶). ورود نظریه آشوب، هندسه فراکتال و منطق فازی به ایران نزدیک به یک دهه است. پژوهشگرانی همچون طوفان حقانی مساله روابط بین این نظریه و شهرسازی را در مقاله «نقشه فراکتالی: ابزاری نوین در آنالیز پیچیدگی شکل شهر» که در هفدهمین کنفرانس بین‌المللی درباره شکل شهر (ISUF) در هامبورگ آلمان ارائه شد بیشتر در حوزه شکل‌شناسی و هندسه پرداخته شده است (حقانی، ۱۳۸۹). همچنین حسین ذبیحی در کتاب «کنکاشی در نظریه‌ها، تئوری‌ها و اقدامات شهرسازی و معرفی برنامه ریزی شهری فازی» به بررسی خصوصیات زمان و تأثیر آن بر شهرسازی و تمرکز بر

آنچه از شهرهای اسلامی مسلمان‌نشین گذشته می‌توان برداشت کرد ساختارهای متنوع و در عین حال یکپارچه‌اند که با رشد عمقی در سیستم زنده شهر رشد و توسعه شهر را فراهم کرده‌اند. این موضوع تنها یک اتفاق بصری یا بحث زیباشناسی نیست. بلکه در تعامل بین انسان و فضا برخلاف آنچه در فضاهای معماری و شهری معاصر وجود دارد می‌توان این پایداری و پیوند قوی را مشاهده کرد. شهرهایی که ساختارهایشان قربانی حومه‌های پراکنده و آسمانخراش‌ها شده‌اند، هویت مکانی در آنها به معنای واقعی حس تعلق خاطر انسان‌ها به مکان در فضاهای معماری و شهری وجود ندارد و به تبع آن عدم ثبات فرهنگی و نبود یکپارچگی در چنین سیستمی حاکم خواهد شد. هدف این پژوهش استخراج عوامل پویایی فضاهای شهری گذشته با استفاده از نظریه سیستم‌های پیچیده است. چرا که پویایی به عنوان عامل اصلی پایداری نظریه آشوب محسوب شده و منجر به ایجاد ساختارهای بی‌نظم ولی سازمان‌دهی شده می‌شود. بنابراین روش مناسبی برای تحلیل عملکرد ساختارهای پیچیده و زنده شهری در گذشته است، تا با به دست آوردن عامل اصلی پویایی فضاها که معمولاً ریشه در مشارکت مردم و جهان‌بینی اسلامی داشته، راهکارهایی را جهت یکپارچگی و پایداری فضاهای شهری معاصر ارائه داد.

پیشینه تحقیق

تا چند دهه پیش دانشمندان جهان را مجموعه‌ای از سیستم‌هایی می‌دانستند که مطابق با قوانین جبری طبیعت به طریقی کاملاً مشخص و قابل پیش‌بینی در حرکت است اما با پیشرفت علم بسیاری از رویدادهای طبیعی دیگر قابل توجیه به وسیله دیدگاه‌های جبری‌گرایانه قبلی نبودند. تلاش‌های دانشمندان برای توصیف چنین رویدادهایی منتج به نظریه‌های کوانتوم و نسبییت در فیزیک و نظریه آشوب (Chaos Theory) در ریاضیات شد. نظریه بی‌نظمی (آشوب) یک مفهوم ریاضیاتی محسوب می‌شود که شاید نتوان خیلی دقیق آن را تعریف کرد، اما می‌توان آن را نوعی اتفاقی بودن همراه با قطعیت دانست. قطعیت آن به خاطر آن است که بی‌نظمی دلایل درونی داشته و به علت اختلالات خارجی رخ نمی‌دهد. دلیل اتفاقی بودن آن هم رفتار بی‌نظمی، بی‌قاعده و غیر قابل پیش‌بینی آن است. این تئوری که در حیطه علوم تجربی، ریاضیات، رفتارشناسی، مدیریت، جامعه‌شناسی و ... وارد شده و باعث تغییر در نوع دیدگاه بشر به حل مسایل غیر قابل پیش‌بینی شده است. انگاره اصلی و کلیدی تئوری آشوب این است که در هر بی‌نظمی، نظمی نهفته است. به این معنا که نباید نظم را تنها در یک مقیاس

نشان می‌دهد به طوری که رفتارهای آینده آنها دیگر قابل پیش‌بینی نیستند. در این نوع سیستم‌ها متغیرها با هم رابطه‌ای ندارند. ادوارد لورنس (دانشمند هواشناس) تئوری معرفی کرد تحت عنوان "تأثیر پروانه‌ای" که با بال زدن یک پروانه در سنگاپور می‌تواند موجب تغییر جهت یک تورندو (نوعی گردباد و طوفان) در آمریکا شود (ذبیحی، ۱۳۹۰: ۱۵۲).

• فراکتال

اجزای داخل فضای آشوب فراکتال‌ها هستند که با نوعی منطق (منطق فازی) در حال رشدند. فراکتال جهت توصیف پیچیدگی در اشکال و آشوب برای توصیف پیچیدگی در رفتار به کار رفته و آنچه این رفتار را تنظیم می‌کند منطقی است به نام منطق فازی. فراکتال‌ها اجزایی هستند که هندسه آنها هندسه غالب در طبیعت است. همان‌طور که سیستم‌های خطی^۷ تنها حالت خاصی از سیستم‌های غیرخطی‌اند هندسه اقلیدسی نیز تنها زیر مجموعه کوچک و بسیار ساده شده از هندسه واقعی و طبیعی است که این هندسه طبیعی همان فراکتال نام دارد (مهاجری، ۱۳۸۵: ۱۲۳).

• منطق فازی

منطق فازی را اولین بار در سال ۱۹۶۵ لطفی عسگرزاده مطرح کرده است. منطق فازی با نگاهی خاکستری به جهان واقعیت، در پی آن است که حقایق خارجی را به طور کامل و آن‌گونه که هست به تصویر بکشد و اشاره به فضای مابین دارد یعنی عبور از دنیای صفر و یک و غرق شدن در دریای اعداد کسری (Zadeh, 1997) در منطق فازی به ازای هر متغیر، خروجی متفاوتی خواهیم داشت که مجموعه‌ای از این خروجی‌ها فضای آشوب را به وجود می‌آورند (کارتالوپوس، ۱۳۸۱: ۵۳). قابل ذکر است فازی، تفکر ایجاد هرج و مرج نیست بلکه روش توصیفی در تشریح وقایع آشوبی است (کاسکو، ۱۳۸۰: ۱۶۴). همه چیز به طور نسبی درست یا غلط است در مورد صحت و سقم پدیده‌های واقعی همواره درجاتی از عدم قطعیت صدق می‌کند، به عبارتی پدیده‌های واقعی همواره تا اندازه‌ای فازی، مبهم و غیر دقیق هستند (ذبیحی، ۱۳۹۰: ۱۵۸).

بحث و یافته‌های تحقیق

• بررسی ساختارهای شهری اسلامی با رویکرد تئوری آشوب با نگرش به بافت شهری دوران اسلامی، بی‌نظمی موجود در ساختار فضاها طوری شکل گرفته که نه تنها باعث از هم گسیختگی بافت نشده است بلکه نظم پنهان موجود در این بی‌نظمی نوعی انسجام و پیوستگی را به وجود آورده است.

از بی‌نظمی تا نظم پنهان

با توجه به عملکرد گوناگون شهرهای اوایل اسلام فرم این شهرها نیز براساس نوع عملکرد متفاوت است (Ben hamouch, 2007: 220) به عنوان مثال

منطق فازی در برنامه ریزی شهری پرداخته است و کمتر به مسایل شکل‌شناسی و هندسی این موضوع توجه شده است. سیامکپناهی، سیدمصطفی مختاباد امرئی و ارسلان کریمی خیابوی در مقاله «فرش شهری، مقدمه‌ای بر شهرسازی فولدینگ» به بررسی سه موضوع تئوری آشوب، هندسه فراکتال و منطق فازی در معماری و شهرسازی پرداخته‌اند که پژوهش با روش تحلیل محتوا به این نتیجه دست یافته که "فرش شهری" می‌تواند مصداقی بر شهرسازی فولدینگ باشد که براساس هندسه فرکتال، منطق فازی و در فضای آشوب شکل گرفته است (پناهی و دیگران، ۱۳۸۵).

آنچه که پژوهش حاضر به دنبال آن است بازشناسی تئوری مطرح شده به عنوان یک تئوری پنهان در معماری و شهرسازی اسلامی ایران است که به نظر می‌رسد در پیشینه تحقیق به ندرت به آن پرداخته شده است. با وجود مطرح شدن تئوری آشوب، هندسه فراکتال و منطق فازی در دهه‌های اخیر، مصداق این نظریه در شهرسازی معماری کهن ایران وجود دارد که بازشناسی آن را با توجه به مبانی این تئوری که امروزه مطرح شده ضروری می‌سازد.

روش تحقیق

این پژوهش به روش کیفی و با استفاده از روش تحلیل محتوای متون مرتبط با شهر و معماری و همچنین نظریه‌های جدید علوم و دیدگاه‌های فلسفی مرتبط با آن انجام یافته است. علاوه بر روش یاد شده استفاده از روش تحلیل مقایسه‌ای برای استخراج اصول موردنظر ضروری می‌نمود که بدین منظور ساختار ۳ شهر میبید، یزد و محله‌ای از شهر تبریز به روش تطبیقی با اصول مطرح در تئوری آشوب، عناصر شهری را به عنوان فراکتال‌ها و منطق بین این اجزا را به عنوان منطق فازی مورد آزمون قرار داده تا از این طریق علت پویایی و پایداری را از شهرهای سنتی استخراج کند.

مبانی نظری

• تئوری آشوب

واژه پیچیدگی در ابتدا با معنای پیش پا افتاده‌ای از جمله در هم تنیدگی و در هم بر همی تعریف می‌شده است اما این واژه در اوایل دهه ۴۰ با گسترش نظریه اطلاعات، نظام‌ها و خود سازماندهی، از این معنا رهایی یافته تا نظم و بی‌نظمی، سازمان و در بطن سازمان وحدت در کثرت را به هم پیوند دهد و مفاهیم با یکدیگر به گونه‌ای مکمل و در عین حال متضاد کار کرده و بر هم کنش داشته و یک گروه را تشکیل داده است (مهاجری، ۱۳۸۵: ۱۲۲).

آشوب یا پیچیدگی یک سیستم است. سیستمی است که دینامیک آن در برابر تغییر مقادیر اولیه، رفتار بسیار حساسی

شطرنجی با ۴ دروازه در اطراف شهر ساخته شده بود که با گذشت زمان و در دوره اسلامی الگویی نامنظم و پیچیده بر آن چیره شد که در تصویر ۱ این پیچیدگی نشان داده شده است.

-زمان و بعد فراکتال در فضای آشوب

زمان عامل مهمی در بلوغ و تکامل و میزان پیچیدگی شهرهاست. در نتیجه شهرهای قدیمی تر بیشتر در معرض اتفاقات و تغییرات ساختاری بوده و از طرفی بیش از شهرهای جدید یکپارچگی و انسجام خود را حفظ کرده‌اند. به عنوان مثال ۲ شهر منامه و المعرق (۱۷۸۰) بسیار جوانتر از شهرهایی همچون قاهره و تونس و مکه هستند ولی بافت این شهرها دارای الگویی پیچیده با انسجام کمتری نسبت به شهرهای قدیمی هستند (Ben hamouch, 2007:220). در اینجا بعد فراکتال‌ها حتی بدون محاسبات ریاضی می‌توانند با سن و زمان شهرها میزان تکامل این هرج و مرج را تحلیل کنند. با مقایسه ۲ بافت قدیمی شهر یزد در دوره سلجوقی و بافت قدیمی شهر در دوره قاجار (تصویر ۲) می‌توان میزان تفاوت پیچیدگی و انسجام بافت را تشخیص داد.

البته قابل ذکر است فرهنگ و سیاست آزادی محوری برگرفته از جهان‌بینی اسلامی عامل اصلی و ریشه‌ای این پیچیدگی در بافت شده است که با منطق فازی قابل تحلیل و بررسی است (نمودار ۱). در منطق فازی به ازای هر داده، خروجی‌های متنوع و متفاوتی خواهیم داشت که قابل پیش‌بینی نیستند، در بافت شهری این داده‌ها همان سیاست و فرهنگ است که بر متغیر شهر منظم تأثیر گذاشته و خروجی شهر نامنظم را تولید می‌کند که در زمان‌های متفاوت میزان بی‌نظمی قابل محاسبه نیست.

همان‌طور که ذکر شد علت بی‌نظمی بافت شهر، در هم تنیدگی بناهای شهری و به تبع آن باریک‌شدن شریان‌های شهری است سلسله مراتب شریان‌ها (اصلی، فرعی، کوچه‌ها و بن‌بست) تعریف مؤثری از رشد فراکتال‌هاست. شریان‌های اصلی، خطوط فعال محسوب می‌شوند که در تقسیم‌بندی به شریان‌های فرعی، غیر فعال شده و به دنبال آن شریان‌های فرعی، فعال می‌شوند در سلسله مراتب این تقسیم‌بندی خود همین شریان‌های فرعی هم غیر فعال شده و این روند بدون هیچ پایانی ادامه می‌یابد.

در فضاهای شهری بعد از ۶الی ۷ مرتبه تقسیم شدن و کوچکتر شدن زمانی که این شاخه شدن‌ها به آستانه خانه‌ها و اتاق‌ها می‌رسند، فرآیند پایان می‌یابد. روند ایجاد شریان‌ها هم‌زمان با تغییر یا ساخت بافت‌های هم‌جوار صورت می‌گیرد که این عامل باعث پیش روی خانه‌ها به خیابان‌ها یا کوچه‌ها شده است و شریان‌ها هندسه مشخصی از خود ندارند (تصویر ۳).

- نظم پنهان و فرآیند درون‌زا

شهرهایی که محل حکومت خلیفه‌ها یا حکام بودند از لحاظ فرمی خیلی منظم‌تر از شهرهای مردم محور هستند.

طبق جدول ۱ شهرهای اوایل اسلام به ۴ گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

-شهرهای مذهبی:

شهرهای مذهبی شهرهایی هستند که هسته اصلی شهر شامل اماکن مقدس بوده و بناها معمولاً در اطراف این امکان شکل می‌گیرند طوری که جهت‌گیری بناها نسبت به هم از پیش تعیین شده نبوده و ارگانیک است.

-شهرهای سلطنتی

شهرهای سلطنتی دارای الگوی منظم ساختاری هستند که بر گرفته از تدابیر دفاعی است و در طول زمان همین الگو نظم خود را از دست داده و فرمی نامنظم به خود می‌گیرد.

-شهرهای موروثی:

شهرهای هستند که با تصرف مسلمانان الگوی منظم و از پیش تعیین شده آنها به علت فرآیند توسعه غیر رسمی به یک هندسه نامنظم تبدیل شده‌اند.

-شهرهای خود ساخته شده یا ارگانیک:

شهرهایی که مشخصه‌های بیان شده در فوق را نداشته و صرفاً با تجمعی از مردم در طول زمان شکل گرفته‌اند شهرهای درون‌زا و یا ارگانیک هستند.

علت هندسه بی‌نظم و پیچیده شهرها سه عامل اصلی تنوع در جزییات بناها، الگوی نامنظم شریان‌ها و تداخل ساختارهای شهری است. قابل توجه است که بی‌نظمی موجود در شهرهای ذکر شده از طریق تحلیل و تطابق با تئوری آشوب و هندسه فراکتال امکان پذیر است چرا که هندسه اقلیدسی و ریاضیات کلاسیک قادر به تحلیل و بررسی این آشفتگی فرم نیست.

شهرهای دمشق و حلب در اوایل و قبل از اسلام دارای شبکه هلنی (طراحی شهر براساس دو محور عمود بر هم) بوده‌اند (حبیبی، ۱۳۹۰) که در دوره‌های بعد از اسلام شریان‌های عریض، باریک شده و گاهی هم به فضاهای بن بست تبدیل شدند که این امر ناشی از در هم تنیدگی بناهای شهری بود. هندسه منظم ابتدائی این ۲ شهر توسط قدرت‌های رومانی با یک سیاست قوی نظامی، سیاسی بر شهرها اعمال شده بود که این الگو در دوره‌های اسلامی توسط مردم تغییر یافته و به تبع آن هندسه پیچیده‌ای در بافت شکل گرفت که آثار تکامل و رشد همین هندسه در بافت امروزی شهرهای مذکور مشهود است. هندسه منظم و شبکه‌ای موجود در بافت اولیه این شهرها از لحاظ عملکردی پاسخگوی سیاست‌های حکومت اسلامی از لحاظ دفاعی و نظامی نبود بنابراین تغییر ساختار در طول قرن‌ها و با توجه به تدابیر امنیتی در حکومت اسلامی پیچیدگی را بر بافت این شهرها القا کرد یا در مثال دیگری همچون شهر میبد که در دوره ساسانی دارای بافتی

جدول ۱. مثال‌هایی از طبقه‌بندی شهرها. مأخذ : نگارنده.

مثال‌هایی از شهرها	عملکرد شهر	هندسه شهر قبل از توسعه	هندسه شهر بعد از توسعه
مکه ، مدینه ، اورشلیم	مذهبی	(ارگانیک) نامنظم	نامنظم
بغداد، الزهرا	سلطنتی	منظم	نامنظم
دمشق، حلب، شهرهای الجزایر	موروثی	منظم	نامنظم
یزد، اصفهان	-	(ارگانیک) نامنظم	نامنظم

فرآیندهای تکامل و رشد در شهرهای اسلامی توسط فرآیندهای درون‌زا با مشارکت‌های مردمی صورت می‌گرفت که این رفتارها از همزیستی مذهب^{۱۳} و محیط^{۱۴} ریشه گرفته است. نکته قابل تأمل در این است که رفتارهای متنوع فضاهای پیچیده و نامنظم را طوری به وجود آورده است که نظم پنهان در این فضای پیچیده عامل پایداری و وحدت بافت شده است. این پایداری و انسجام از حرکت بازخوردی حاصل از هنجارها و رفتارهای استاندارد فرهنگی در طول زمان شکل گرفته و منطق فازی این حرکت بازخوردی^{۱۵} را طوری هدایت می‌کند که هر خروجی (بنای ساخته شده) بر متغیر بعدی به عنوان یک داده تأثیر می‌گذارد و ایجاد خروجی بعدی (بنای در حال ساخت) وابسته به نحوه و عملکرد خروجی اول (بنای ساخته شده) است و به تنهایی قابل بررسی نیست و در طی زمان خروجی اول نیز از خروجی بعدی تأثیر می‌پذیرد (نمودار ۲).

• اصل رشد و خودتشابهی در شهرسازی اسلامی طبق تئوری آشوب، رشد به معنای افزایش سائز یا بزرگ شدن یک حجم یا سطح نیست بلکه رشد به معنای تکثیر



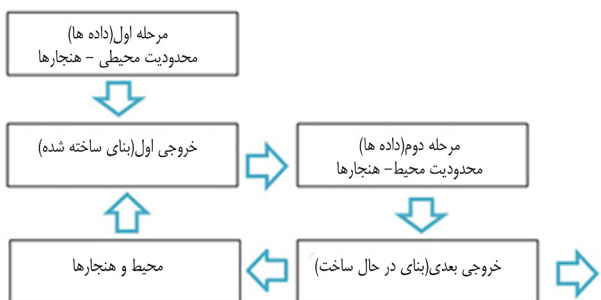
تصویر ۱. شهر میبید در دوره اوایل اسلام. مأخذ : نگارنده و Google earth.



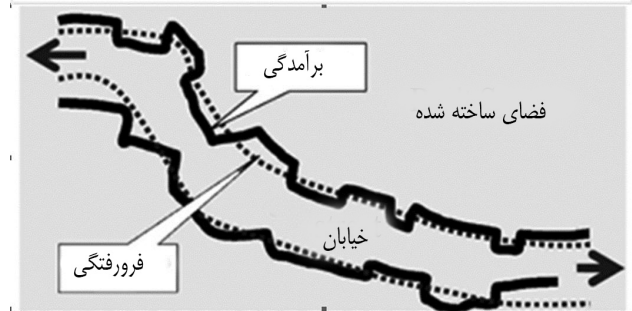
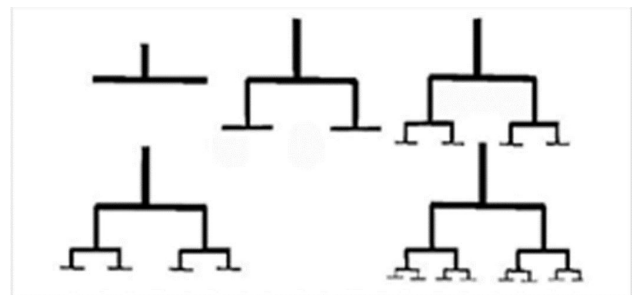
تصویر ۲. تصویر سمت راست : بافت یزد در دوره سلجوقی و تصویر سمت چپ : بافت یزد در دوره قاجار. مأخذ : نگارنده و Google earth.



نمودار ۱. دیاگرام هندسه شهر و منطق فازی. مأخذ: نگارنده.



نمودار ۲. دیاگرام فرآیند ساخت بناها و تأثیر پذیری آنها از همجواری‌ها. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۳. هندسه خیابانها (نامنظم). مأخذ: نگارنده.

رشد فضای شهری به صورت درون‌زاست که آن را در جهت تکامل و استفاده حداکثری از فضاها هدایت می‌کند، این عامل انسجام بافت شهری است که در شهرهای معاصر فاقد این انسجام در حریم است (wheatly, 2007).

خود تشابهی یکی دیگر از خصوصیات تئوری آشوب است به معنای اینکه اجزای ترکیب هر کدام به کل ترکیب تشابهت دارند. خود تشابهی متفاوت است با عینیت. آنچه در عینیت مطرح است تکرار دقیق اجزاست.

اصل خود تشابهی در ۲ ساختار شهری و معماری اسلامی به خوبی مشاهده می‌شود به عنوان مثال انواع فضاهای باز در مقیاس شهری، محله و بنا در زمره همین اصل قرار می‌گیرند که به شرح ذیل آمده است:

خانه‌هایی که در اطراف یک فضای باز شهری شکل گرفته‌اند که معمولاً این فضای باز محل تجمع افراد، داد و ستد و ... است مانند میدان نقش جهان در اصفهان که امروزه هم به عنوان یک فضای عمومی شهری برای ملاقات‌های شهری و تجاری محسوب می‌شود.

فضاهای بازی که در مقیاس محله برای مجموعی از خانه‌ها وجود دارد که به عنوان یک فضای عمومی برای هر محله محسوب می‌شود با اینکه این فضاها فرم و استاندارد خاصی

و کاهش حجمی در یک سیستم و پیمودن مسیری متوالی و هدفمند از یک ساختار پیچیده به ساختار پیچیده دیگری است به عنوان مثال رشد و تکثیر نطفه انسان فقط به معنای افزایش تعداد سلول‌ها نیست بلکه در حین این افزایش‌ها، تغییراتی در آنها صورت می‌گیرد که ساختار پیچیده انسان را به کمال و وحدت می‌رساند (خاک‌زند و دیگران، ۱۳۸۶). معمولاً رشد در سیستم‌های پیچیده از یک ریشه و اساسی ساده شروع شده، به ساختارهای پر هرج و مرج تبدیل می‌شود و اولین مدلی که برای درک رشد در ساختار پیچیده مورد توجه قرار گرفت اندازه‌گیری دقیق طول کناره ساحل بریتانیا توسط مندل بروت^{۱۴} در سال ۱۹۶۷ بود. او نشان داد که با کوچکتر شدن مقیاس اندازه‌گیری طول اندازه‌گیری خطوط ساحل به طور نامحدود افزایش می‌یابد در واقع هر سطح منحنی شکل از این خطوط خود شامل خطوط چند گوشه بودند که طول نامحدودی داشتند.

در خانه‌های سنتی اسلامی این اصل به خوبی قابل مشاهده است. به عنوان مثال شهر الجزیره در طول ۳ قرن حکومت عثمانی‌ها مساحت ثابتی به متر اژ ۴۵ هکتار داشت با یک دیوار شهری که حدود و حریم آن را به خوبی مشخص می‌کرد. این شهر در طی سال‌ها دچار نوسانات جمعیتی بود ابتدا جمعیت از تعداد ۵۰۰۰۰ به ۱۰۰۰۰۰ و بعد به ۱۵۰۰۰۰ افزایش پیدا کرد و در شروع قرن ۱۹ به علت شیوع بیماری و فقر اقتصادی و جنگ‌ها تعداد جمعیت به ۳۰۰۰۰ نفر رسید. اما نکته قابل توجه در این است که با وجود نوسانات جمعیتی و افزایش آن محدوده و حریم شهری و از حدود چند قرن پیش خود تجاوز نکرد. آنچه این امکان را برای شهر به وجود آورده است

بلکه افراد متفاوت و شرایط گوناگون در زمان‌های مختلف در ساختارهای بناها و شهرها تأثیر دارند و اینجاست که معماری تبدیل به یک فرآیند می‌شود نه یک محصول تولید شده و یا به عبارتی یک فعل است نه اسم و عدم نظم و تصادفی بودن در این پویایی تصویر واقعی از پیچیدگی است (مهجری، ۱۳۸۵).

• بررسی رفتارهای اتوماتای سلولی^۸ در شهرسازی
تئوری اتوماتاهای سلولی اولین بار در دهه ۷۰ مطرح شد عملکرد ۲ سیستم سلولی در تصویر ۶ به صورت دو بعدی نشان داده شده است. اتوماتای خودکار شامل یکسری سلول است که این سلول‌ها در یک شبکه قرار گرفته‌اند. هر سلول در این شبکه یا فعال است یا غیر فعال. سلول‌های زنده و فعال به رنگ سیاه و سلول‌های غیر فعال به رنگ سفید نمایش داده شده‌اند در این شبکه قانون و منطق خاصی سلول‌ها را هدایت می‌کند و فعالیت‌ها در طی یک سلسه مراتب صورت می‌گیرد. تنوع قانون زیادی در هدایت این سیستم وجود دارد قانونی که در شکل ۷ سلول‌ها را هدایت می‌کند به شرح ذیل است: سلول‌هایی فعال هستند که در اطرافشان حداقل ۵ سلول فعال یا زنده وجود داشته باشد و از طرف دیگر سلول‌هایی غیر فعال می‌شوند یا می‌میرند که تنها بمانند یا کمتر از ۵ سلول فعال اطرافشان وجود داشته باشد. چیدمان سلول‌های اولیه طبق شکل سمت چپ است که در مرحله بعدی به شکل سمت راست تبدیل شده است.

این بازی ساده نتایج جالبی دارد. برای بهتر درک شدن موضوع مثال دیگری بررسی می‌شود در شکل ۶ نتایجی از یک اتوماتای سلولی با ۱۰۰۰۰ سلول در یک شبکه ۱۰۰×۱۰۰ به دست آمده است که قابل تامل است. اولین مرحله، شامل چیدمان سلول‌ها به صورت بی نظم به طوری که مابین آنها ۹ فضای مربع خالی وجود داشته باشد. قانون هدایت‌گر این سیستم به این صورت است که سلول‌های زنده در اطرافشان حداقل ۳ و حداکثر ۸ سلول زنده دارند و بقیه غیر فعال می‌شوند. در مرحله بعدی با ادامه همین روند مربع‌های خالی نیز تغییر یافته و بعد از ۴۵ مرحله نظم اصلی به کلی از بین می‌رود. با مطالعه بر روی اتوماتاهای سلولی نظم هندسی اولین به فضای آشوب تبدیل می‌شود که سلول‌ها به عنوان اجزای فراکتالی در فضای آشوب با منطق فازی در حال تغییر هستند (Rubinowicz, 2000).

بین اتوماتاهای سلولی و فضای شهری و معماری تشابهاتی وجود دارد، در فضای شهری خانه‌ها همین سلول‌ها هستند که در طول زمان براساس رفتار همجواری‌ها، همسایگی‌ها، هنجارهای اجتماعی و نیازهای مختلف تغییر می‌یابند و ساختارهای پیچیده را به وجود می‌آورند یا به عبارتی فضای شهری اکنون بر آینده تأثیرگذار است. آینده مستقل

نداشتند اما توسط خود مردم هر محله قابل شناسایی بودند و این همان اصل پیوستگی است.

فضاهای بازی که به عنوان حیاط مرکزی در بیشتر خانه‌های شهرهای مسلمان نشین وجود دارد و نسبت به فضاهای بازی شهری در تناسب کوچکتری دارد (تصویر ۴)

• غیر قابل پیش‌بینی و تصادفی بودن
تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی بودن رشد و توسعه بناها در شهرهای اسلامی و سنتی یک موضوع اصلی در توسعه بافت شهری بوده و این عدم اطمینان به علت تغییر نیازهای مردم در دوره‌های مختلف زمانی است. این تغییر نیاز بر فرم و عملکرد بناهای آینده تأثیر گذاشته و بعد از چند سال پیچیدگی بر ساختار شهر حاکم می‌شود. غیر قابل پیش‌بینی بودن نحوه توسعه در بافت‌های قدیمی به علت رشد غیر رسمی بناها براساس نیازها و آزادی‌های شخصی است که نتیجه حاصل از آن ابتدا در معماری سپس در بافت محله و نهایتاً در شهر بروز پیدا می‌کند. عدم قطعیت نه تنها در بافت بلکه در رفتار اجتماع هم وجود داشته که افراد مختلف نسبت به ساختارهای متنوع رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دادند و یکسان نبودن بافت‌ها نوعی حس تعلق خاطر برای هر فرد نسبت به محل زندگی خودش به وجود آورده است، آن ملک و حوزه را متعلق به خود دانسته و حاضر به ترک آن نیست و این عامل پایداری در بافت شهری است (کریستوفر و دیگران، ۱۳۷۳)؛ (تصویر ۵).

در تصویر ۵ محله باغ شمال (بافت قدیمی در شهر تبریز) نشان داده شده است شکل سمت چپ وضعیت کنونی بافت و شکل میانی الگوی اولیه طراحی بافت و شکل سمت راست آنالیز رایانه‌ای فضاهای تیره و روشن بافت است که میزان تغییر و نوع آن را نسبت به حالت اولیه نشان داده است. در این بافت توسعه‌ای که به مرور زمان رخ داده، بافت را به یک سیستم پیچیده تبدیل کرده که در این سیستم عدم قطعیت و عدم اطمینان وجود دارد.

• پویایی و غیر خطی بودن
حرکت و پویایی منبع پیچیدگی است. سیستم‌های پویا می‌توانند منظم، نامنظم، طبیعی و یا ساخته دست بشر باشند. سیستم‌های اجتماعی، بزرگترین سیستم‌های پویا هستند چرا که بیشترین عدم اطمینان و پیچیدگی در این سیستم‌ها یافت می‌شود.

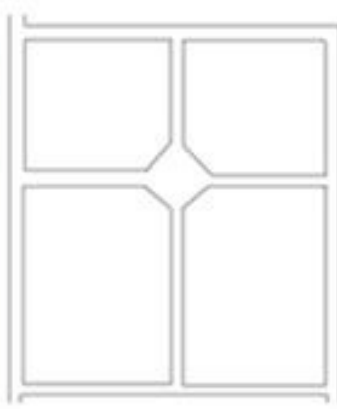
در سیستم‌ها اگر بتوان رابطه بین علت و معلول و به تبع آن تکامل آنها را پیش‌بینی کرد این سیستم خطی است و اگر این رابطه قابل پیش‌بینی نباشد سیستم غیر خطی خواهد بود.

معماری و شهرسازی دارای پیچیدگی از نوع غیر خطی است چرا که خانه‌ها توسط یک علت مشخص ساخته نشده



● فضای باز شهری
● فضای باز محله ای
● حیات مرکزی

تصویر ۴. اصل رشد و خودتشابهی حیاط مرکزی در بافت تاریخی شهر یزد. مأخذ : نگارنده و Google earth.



تصویر ۵. بررسی عدم پیش‌بینی درفرآیند توسعه ساختار بافت محله باغ شمال تبریز. مأخذ : نگارنده.

از دیگری را نشان دهد. بر خانه‌های دیگر هم تأثیرگذار باشد ولی در شهرسازی و معماری معاصر به گونه‌ای دیگر است برای کلیه سلول‌ها (خانه‌ها) یک قانون و ضابطه وجود دارد و از طرفی مردم دخالت اندکی در ساخت و خلق فضای زندگی خود دارند و این عامل ناپایداری را در فضاهای زندگی به دنبال خواهد داشت که توسعه شهری بیشتر به معنای گسترش شهری خواهد بود.

از رفتارهای حال نیست و به نوعی آینده شهری وابسته به تغییرات اکنون است. دقیقاً این مطلب قاعده اصلی بازی اتوماتاهای سلولی است که در شهر هم می‌توان آن را بررسی کرد. در شهرهای سنتی اسلامی به علت مشارکت و حضور مردم در امر ساخت و ساز این امکان را به وجود می‌آورد که طبق رفتار اتوماتاهای سلولی هر خانه (سلول) رفتاری متفاوت

• بررسی ساختارهای معماری با رویکرد تئوری آشوب

- نظم هندسی و آشوب در معماری

از شروع تاریخ بشر، نظم هندسی و پیچیدگی با هم در ساختارهای معماری وجود داشته است. در معماری توازن بین نظم و پیچیدگی ضروری است چرا که فضای معماری با یک فرآیند طراحی خلق می‌شود ولی در زمان‌های مختلف این فضا به علت مواجه شدن با عوامل اقلیمی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی دستخوش یکسری تغییرات می‌شود که خود این تغییرات و روند تکاملی آنها قابل پیش‌بینی نیستند (Lynn, 2004).

نظم هندسی توسط فرم‌های خالص ریاضی (۲ بعدی مانند خط و دایره و ۳ بعدی مانند کره و مکعب) و روابط مطلوب (عمود بودن، موازی، تشابه و ریتم) تعریف می‌شود. آشوب، تضاد نظم هندسی است و توسط فرم‌ها و روابطی که پیچیده هستند تعریف می‌شود که زبان کلاسیک ریاضی جوابگوی این پیچیدگی نیست. از نقطه نظر ادراک فضایی تعاریف دیگری نیز قابل بررسی است:

در تصویر ۷ یک ترکیب گرافیکی مشاهده می‌شود که هر کدام از دو شکل موجود دارای ۱۶۰۰ نقطه بوده و میانگین تراکم نقطه‌ها در تمام سطح دو ترکیب ثابت است. در ترکیب سمت چپ سطح دایره‌ای شکل با مجموعه‌ای از نقاط منظم در پس زمینه‌ای با نقاط نامنظم قابل مشاهده است و شکل سمت راست عکس این حالت را دارد سطح دایره‌ای شکل شامل نقاط نامنظم در پس زمینه منظم قرار گرفته است. براساس این مثال هرج و مرج به طور غیر مستقیم با دخالتی از نظم هندسی قابل تعریف می‌شود و نظم هندسی با دخالتی از هرج و مرج قابل شناسایی است و به عبارت کلی نظم هندسی می‌تواند حالتی خاص از هندسه آشوب باشد.

- ساختارهای مطلوب (ایده‌آل) و غیر مطلوب (غیر ایده‌آل) فرم‌های منطقی و هندسی یا خالص معماری در پس زمینه طبیعت پیچیده شاخص می‌شوند و یا به عبارتی معماریهای مونومانتال به عنوان نوعی ساختار منظم خود را بر طبیعت تحمیل کرده اند، البته در طول تاریخ موازی با ساختارهای مطلوب و خالص ساختارهای غیر ایده آل نیز به وجود آمده اند و حرکت از فرم‌های خالص به سمت غیر خالص به علت سازش با طبیعت پیچیده از یک طرف و نیازهای مختلف عملکردی از طرف دیگر صورت گرفته است (عینی‌فر، ۱۳۸۲). خلق یک فضای معماری یک اتفاق ایزوله شده نیست بلکه یک فرآیند متوالی در طول زمان آن را تولید می‌کند. مقایسه بناهای قبل از اسلام و بعد از اسلام گواه بر همین موضوع است، اگر روابط فضایی یک مسجد با روابط فضایی معابد قبل از اسلام مقایسه شود این نکته حاصل می‌شود که درخلق فضاهای مسجد علت‌ها و عوامل گوناگونی تأثیرگذار

بوده (فرهنگی، مذهبی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی) که در معابد این علت‌ها وجود نداشته است و آنچه در ایجاد فضاهای معابد قبل از اسلام مانند مهرابه‌ها و آتشکده‌ها یا سایر معابد دخیل بوده است. صرفاً عامل مذهب دخیل بوده است بنابراین دخالت عوامل مختلف در خلق یک اثر باعث پیچیدگی آن می‌شود که البته در یک سیستم پیچیده فضایی می‌تواند انسجام خود را حفظ کند.

- مقایسه تفکر معماری مدرن و پست مدرن

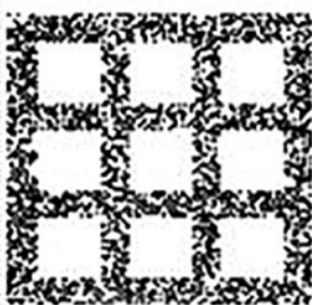
معمار معروف مدرنیست "میس وندرویه" شعار "کمتر بیشتر است" (Less is more) را برای معماری دوره مدرن به کار برده است. این سخن اشاره دارد بر فرم‌های ساده و خالص طوری که معمار بایستی با حداقل عناصر، فضا سازی را انجام داده و به حداقل گرایایی بپردازد (یزدانجو، ۱۳۸۱). در سال ۱۹۵۷ معمار دیگری به نام رابرت ونتوری نظریه ای متضاد با میس وندرویه را ارائه داد و بیان کرد "کم خسته کننده است" (Less is bore). در این نظریه او فرم‌های پیچیده را بر فرم‌های خالص ترجیح داده و آن را پایه و اساس معماری پست مدرن معرفی می‌کند. با گذر از دنیای مدرن به پست مدرن، پیچیدگی و تنوع وارد فضای معماری می‌شود و فضا را زنده می‌کند. چرا که حذف پیچیدگی و فضای اکتشاف از فضاهای معماری باعث یکنواختی فضا و به تبع آن ملالت فضایی شده و از طرف دیگر حذف نظم هندسی باعث ناخوانایی ترکیب می‌شود. بنابراین توازن بین نظم و بی‌نظمی موجود در نظریه آشوب که از نظریات وابسته به پست مدرن است می‌تواند راه حل مناسبی برای پایداری فضاهای معماری باشد چیزی که در خانه‌های سنتی اسلامی ایران به خوبی مشهود است (تصویر ۸).

- طراحی و خود سازماندهی

همان‌طور که بیان شد فضاهای معماری با یک فرآیند طراحی خلق شده و توسط عوامل خارجی و درونی رشد یافته و تغییر می‌کنند. با مقایسه دوره‌های مختلف زمانی، متوجه یک سیستم درون‌زا در فضاهای معماری خواهیم شد که این سیستم تأثیر پذیر از عوامل خارجی (عوامل اقلیمی) و عوامل درونی (تغییر نیاز انسان‌ها) است به عنوان مثال اگر نمای یک خانه قدیمی را طبق تصویر ۹ در نظر بگیریم متوجه خواهیم شد الگوی اصلی و اولیه نما چیزی متفاوت از نمای آن بنا در دوره‌های مختلف زمانی است تصویر سمت چپ نمای کنونی و شکل میانی الگوی اولیه و تصویر سمت راست تحلیل رایانه‌ای نما براساس سطوح تیره و روشن است. این مقایسه میزان پیچیدگی و هرج و مرج را در سطوح نمای بنا نشان می‌دهد که حاصل از فرآیندهای درونی و بیرونی است. در واقع می‌توان ادعا کرد نمای معماری در یک فرآیند

A0	B0	C0	D0	E0	F0	G0	H0	I0	J0
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J2
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3	J3
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	I4	J4
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5	I5	J5

A0	B0	C0	D0	E0	F0	G0	H0	I0	J0
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J2
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3	J3
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	I4	J4
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5	I5	J5



تنظیم اولیه



تنظیم بعد از ۱۵ مرحله



تنظیم بعد از ۳۰ مرحله



تنظیم بعد از ۴۵ مرحله

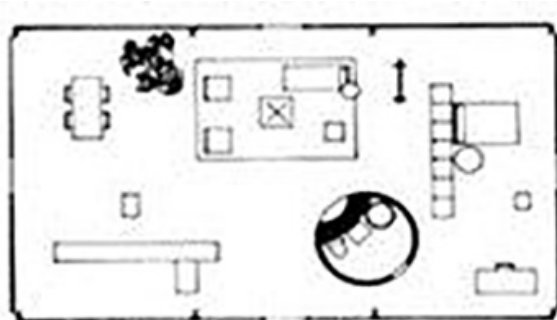
تصویر ۶. بررسی رفتار اتوماتاهای سلولی. مأخذ: Rubinowicz, 2000.



تصویر ۷. نظم و بی‌نظمی. مأخذ: Rubinowicz, 2000.



خانه سنتی در یزد



خانه شیشه ای فیلیپ جانسون

تصویر ۸. بررسی یکنواختی و تنوع در دیدگاه مدرن و تفکر اسلامی و سنتی. مأخذ: نگارنده

طولانی قابل پیش‌بینی نیست (Rubinowicz, 2000). در معماری اسلامی سنتی عدم اطمینان چندین برابر می‌شود چرا که برخی از هنجارهای فرهنگی علاوه بر عوامل اقلیمی بر الگوی اصلی تأثیر گذاشته و ساختار بنا را تغییر می‌دهند. از این هنجارها که برخاسته از جهان‌بینی اسلامی است می‌توان قوانین موروثی، حق شفعه، قانون خصوصی‌گرایی و وقف را نام برد که بر فرم بناها در دوره‌های مختلف زمانی تأثیر گذاشته‌اند. به برخی از آنها در ذیل اشاره می‌شود:

- قانون خصوصی‌گرایی:

با توجه به این اصل شخص مسلمان آزاد است در طراحی فضای خانه خود و نحوه نصب در و پنجره هر گونه سلیقه‌ای به کار ببرد و چون ضوابط یکسانی برای همه وجود نداشته است افراد بر حسب نیاز خود خانه‌سازی می‌کردند. در نتیجه، پیچیدگی در ساختارها حاکم می‌شد البته باید اشاره کرد که رعایت یکسری اصول که برگرفته از جهان‌بینی مردم و عوامل اقلیمی باعث یکپارچگی کل بافت پیچیده می‌شد و آنها را مانند یک ریسمان در هم می‌بافت.

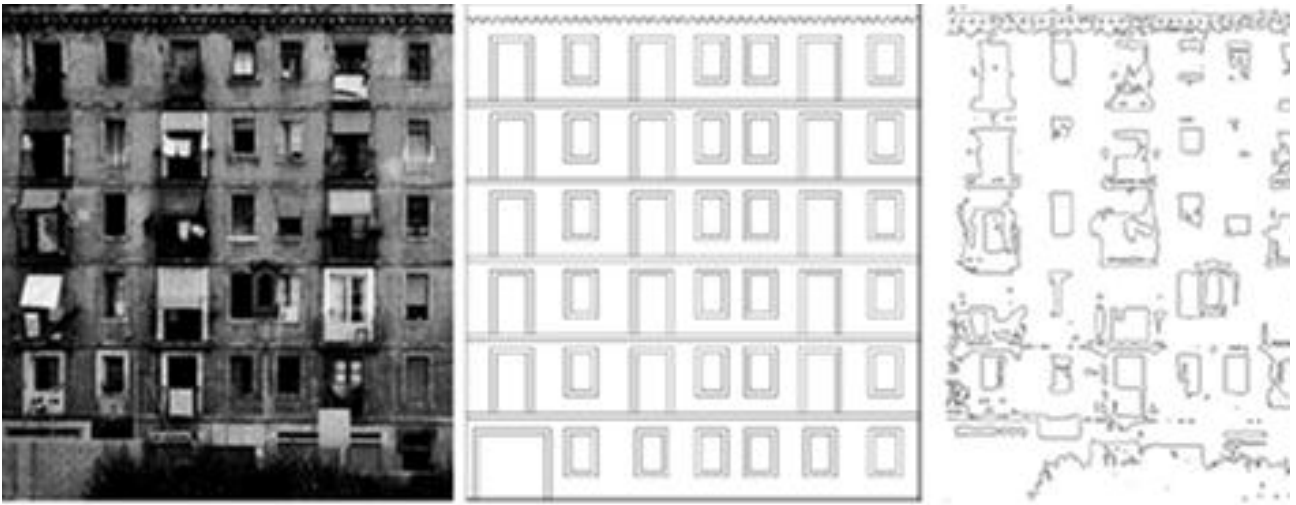
- قانون موروثی:

طبق قانون موروثی تقسیم‌بندی ملک یک تناسب کسری

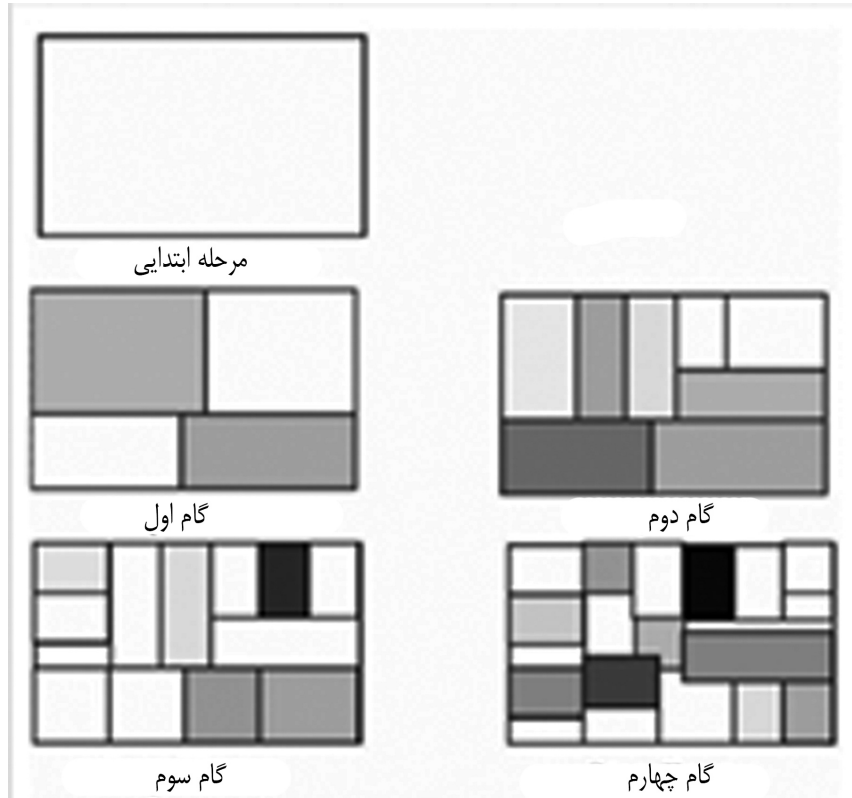
نتیجه‌گیری

همچنان که شرح داده شد، ابتدا نظریه آشوب و عوامل پایداری آن بررسی شده و سپس ساختارهای شهری و معماری اسلامی با رویکرد همین نظریه مورد بررسی و استنتاج قرار گرفتند. اکنون پس از تحلیل فضاها با دیدگاه نظریه آشوب می‌توان نتایج ذیل را ارائه داد:

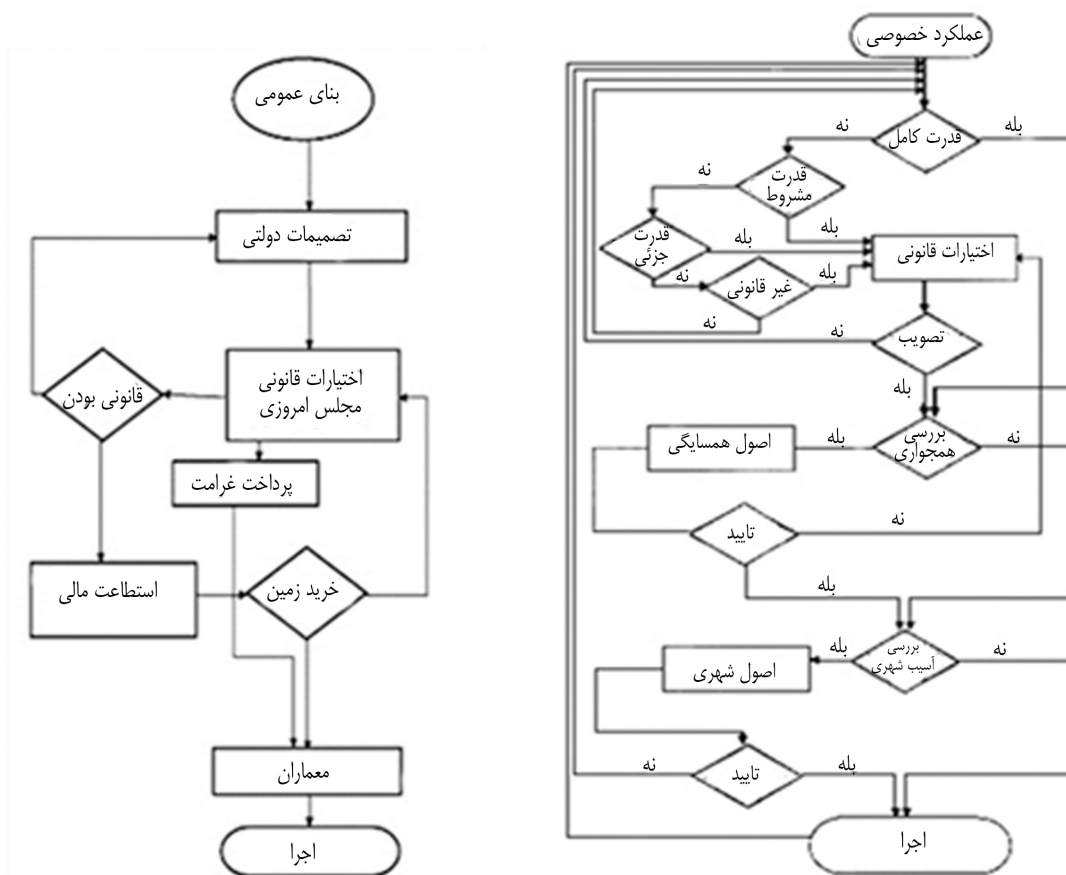
آنچه فضاهای شهری و معماری سنتی اسلامی را منسجم و پایدار ساخته، اصل خود سازماندهی و تکامل تدریجی آنهاست. طوری که ارتباط ساختار شهر با محیط پیرامون و روابط متقابل عناصر شهری و انعطاف‌پذیری آنها منجر به رشد درون‌زا در سیستم پیچیده شهری شده است. خانه‌ها به عنوان عناصر فراکتالی در فضای آشوب شهری با رفتار فازی بر ساختارهای همجوار آینده خود تأثیر گذاشته و به آنها جهت می‌بخشیدند و یا به عبارتی انسجام و یکپارچگی را در بافت شهری به وجود می‌آوردند که عوامل و قوانین موروثی و خصوصی‌گرایی و مشارکت‌های مردمی در همین جریان درون‌زا، خلق فضاهای زندگی بوده است. عاملی که نقش آن در شهرسازی و معماری معاصر بسیار کم‌رنگ است و به همین علت اصول و معیارهای شهری امروزه توفیق چندانی در ایجاد ارتباط بین فرهنگ و محیط نداشته و به تبع آن اسباب عدم انسجام بافت شهری فراهم شده است. این گسستگی در بافت، معضلات و ناهنجاری‌های اجتماعی نیز به دنبال خواهد داشت. بنابراین اگر ضوابط و اصول معماری و شهرسازی اسلامی براساس یک چشم‌انداز طوری هدفمند شوند که طبق منطق فازی و با انعطاف‌پذیری و مشارکت مردم بتوانند در برابر تغییرات جانبی سیستم شهری آینده دور پاسخگو باشند در آن صورت احیا و زنده کردن مجدد شهرهای مرده یا مناطق شهری اطراف آنها محقق خواهند شد. در غیر این صورت با گرایش‌های تخصصی و دیدگاه سطحی صرف حل مشکل و راهکار برای آینده نزدیک کاری از پیش نخواهد برد و همچنان منجر به عدم یکپارچگی و گسترش سیستم بسته و خطی شهر خواهد شد (تصویر ۱۲).



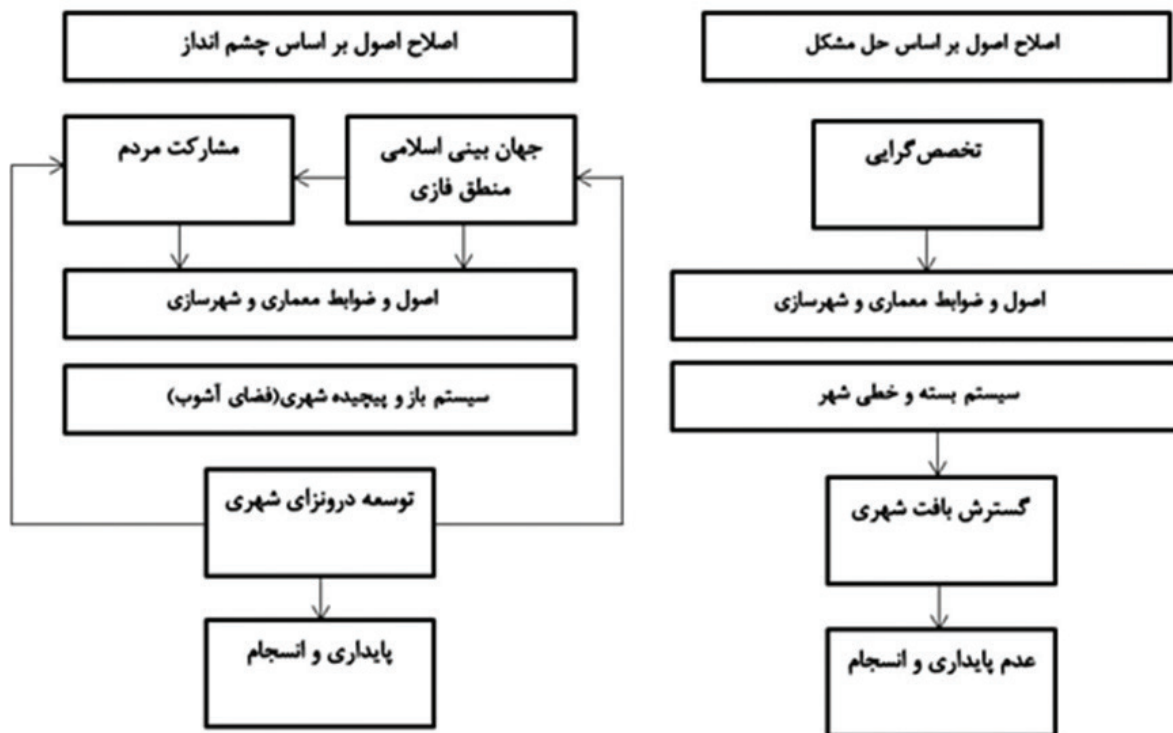
تصویر ۹. بررسی پیچیدگی در نمای خانه. مأخذ: Rubiniowicz, 2000.



تصویر ۱۰. تقسیم‌بندی ملک براساس قانون موروثی. مأخذ: Ben hamouch, 2007.



تصویر ۱۱. الگوریتم عملکرد دولتی (سمت چپ) و الگوریتم عملکرد خصوصی (سمت راست). مأخذ: نگارنده



تصویر ۱۲. علل و بازشناسی عدم پایداری و پایداری شهری. مأخذ: نگارنده.

فهرست منابع

- افتخار زاده، ساناز. ۱۳۹۳. *از آشوب ادارک تا شناخت معماری؛ نظریه‌ای نوین برای آفرینش معماری انسان‌مدار براساس قوانین آشوب*. تهران : موسسه علم معمار- انتشارات سیمای دانش.
- بانی مسعود، امیر. ۱۳۸۶. *منطق فازی و کاربردهای آن در مدیریت*. چاپ اول. اصفهان : نشر خاک.
- پناهی، سیامک و دیگران. ۱۳۸۵. *فرش شهری، مقدمه‌ای بر شهرسازی فولدینگ*. مجله هویت شهر، (۵) : ۷۹-۵۰.
- حقانی، طوفان. ۱۳۸۹. *نقشه فراکتالی : ابزاری نوین در آنالیز پیچیدگی شکل شهر*. هفدهمین کنفرانس بین المللی شکل شهر (ISUF)، هامبورگ، آلمان.
- حبیبی، محسن، (۱۳۹۰). *از شار تا شهر*، چاپ یازدهم. تهران : انتشارات دانشگاه تهران.
- خاک زند، مهدی و احمدی، امیراحمد. ۱۳۸۶. *نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری*. مجله باغ نظر، ۴ (۸) : ۳۵-۴۷.
- ذبیحی، حسین. ۱۳۹۰. *کنکاشی در نظریه‌ها، تئوری‌ها و اقدامات شهرسازی*. تهران : جهاد دانشگاهی، واحد تربیت معلم.
- عینی فر، علیرضا. ۱۳۸۲. *الگوی برای تحلیل انعطاف پذیری مسکن سنتی ایران*. مجله هنرهای زیبا، (۱۳) : ۶۴-۷۰.
- کاسکو، بارت. ۱۳۸۰. *تفکر فازی*. ت : علی غفاری و دیگران. چاپ دوم. تهران : انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.
- کارتالوپوس، اس وی. ۱۳۸۱. *منطق فازی و شبکه‌های عصبی*. ت : محمودجوراییان. رحمت الله هوشمند. چاپ اول. تهران : انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- کریستوفر، الکساندر. ۱۳۷۳. *تئوری جدید طراحی شهری*. ت : مهندسین مشاور طاش. تهران : نشر توسعه.
- مهاجری، ناهید. ۱۳۸۵. *پایداری کالبدی در شهرهای سنتی ایرانی، اصل انسجام و پیچیدگی در طراحی شهری-ساختار فراکتالی*. مجله علوم و تکنولوژی در محیط زیست، ۱۰ (۳) : ۱۲۱-۱۳۰.
- یزدانجو، پیام. ۱۳۸۱. *به سوی پست مدرن*. تهران : نشر مرکز.

Reference list

- Ben hamouch, M. (2007). Can chaos theory explain complexity in urban fabric. *Nexus Network Journal*, 11(2): 217-242.
- Batty, M. (2005). Cities and complexity. *Batty, M. (2005). Cities and complexity*. MIT press. London.
- Zadeh, L. A. (1997). *Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic*. *Fuzzy sets and Systems journal of Elsevier*, (90): 111-127.
- Lynn, G. (2004). *Architectural Curvilinearity. The Fold, the Pliant and Supple*. In *Folding in Architecture. Architecture Design*, 63(3-4): 12,80.
- Nesbitt, K. (1996). *Theorizing new agenda for architecture*. An anthology of architectural theory, 1965-1995. Princeton: Princeton architectural press.
- Rubinowicz, P. (2000). Chaos and geometric order in architecture and design. *Journal of geometry and graphics*, 4(2): 197-207.
- Trachtenberg, M. & Heyman, I. (1986). *Architecture from pre historic to post modernism*. Academy Edition. United States of America
- Whealty, D. (2007). *A chaotic theory of sustainable building principles*. Public paper. London.