نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال پانزدهم، شماره ۳۸، پاییز ۹۴

سنجش و اندازه گیری فضایی- زمانی فرم شهر یزد با بکارگیری متریک های فضایی

دریافت مقاله: ۹۲/۱/۲۰ پذیرش نهایی: ۹۳/۲/۱۳
صفحات: ۳۰- ۷

سعید زنگنه شهرکی: استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران[۱]
Email: saeed.zanganeh@ut.ac.ir

چکیده

شکل و فرم شهر در زمانها و دوره های مختلف می تواند تحت تاثیر عوامل مختلف اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، مدیریتی و طبیعی متفاوت و متغیر باشد و در طول زمان ثابت و ایستا نیست. بنابراین تشخیص فرم فضایی- زمانی شهر یکی از مسائل و چالش های کنونی برنامه ریزان شهری برای هدایت و ساماندهی بهینه شکل شهر به جهات مناسب می باشد. شهر مورد مطالعه این پژوهش شهر یزد و دوره زمانی مورد مطالعه از سال ۱۳۵۴ تا سال ۱۳۸۹ می باشد. برای دستیابی به هدف تحقیق که همان اندازه گیری فرم این شهر با استفاده از متریک های فضایی می باشد از داده های سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای و نرم افزار Arc GIS بهره گرفته شده است. نتایج به دست امده حاکی از آن است که در چهار دوره مورد بررسی، میزان پیچیدگی یا بی نظمی شکل قطعات ولکه های شهر افزایش، اندازه مرکزیت یا نزدیکی قطعات شهری به یکدیگر کاهش، میزان فشردگی یعنی تعداد قطعات، اندازه قطعات نیز کاهش، میزان تخلخل یا وجود فضاهای خالی و استفاده نشده افزایش و در نهایت تراکم به شدت کاهش یافته است که همه اینها بیانگر این نکته است که شهر یزد از فشردگی و متراکم بودن به سمت گستردگی و پراکنش سطحی بی رویه حرکت کرده است که با توجه به اثرات نامطلوب این پدیده، شایسته است از استراتژی ها و سیاست های کنترلی شدید در بخش های پیرامونی و مرزهای رشد شهر استفاده گردد.

کلید واژگان: شکل شهر، گسترش افقی شهر، شهر فشرده، متریک های فضایی، یزد،

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** تهران، خیابان وصال شیرازی، کوچه آذین، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، اتاق ۵۰۲.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

مقدمه

با پذیرش مفهوم توسعه پایدار به عنوان یک مفهوم راهنما، محققان بر روی موضوعات جدیدی مانند شکل شهر متمرکز شده اند که به شروع مطالعات و برنامه ریزی شهری مدرن بر می گردد. با توجه به رشد سریع شهرهای امروزی نمی توان یک شکل هندسی و مشخص برای شهرها متصور شد؛ به همین علت، دو شکل و فرم غالب امروزی، شهر فشرده و پراکنش یا گسترش افقی می باشند که اولی به درون ریزی جمعیت، توسعه از دورن یا توسعه میان افزا اشاره دارد و بر متراکم سازی فضاهای شهری تاکید می کند و دومین الگو، بر رشد و گسترش سریع و بی برنامه (و گاها با برنامه) شهر در اطراف و حاشیه شهر به سمت روستاها، زمین های خالی و در طول بزرگراهها اشاره دارد. با این حال به سادگی نمی توان تشخیص داد که یک شهر، گسترده یا فشرده بودن یک شهر را تشخیص داد. بنابراین موضوع سنجش و اندازه گیری درجه یا میزان پراکندگی/فشردگی مطرح می شود که با استفاده از ابزارها، مدل ها و تکنیک ها مختلف می توان به آن نائل آمد (Ewing, 2002). در چند سال اخیر مدل های مختلفی برای سنجش و اندازه گیری شکل و فرم فضایی شهرها ارائه شده است که می توان به مدل های گری، موران، جینی، آنتروپی شانون، هلدرن و روشهایی مانند شیب تراکم، تراکم جمعیتی شهر در دوره های مختلف، تراکم ساختمانی و اخیرا" شاخص ها یا متریک های فضایی اشاره کرد. نکته ای که باید در مورد استفاده از این مدل ها و ابزارها مورد توجه قرار گیرد این است که بهترین شکل استفاده از این مدل ها این است که در دو یا چند دوره زمانی نتایج مدل ها را با هم مقایسه کرد تا به صورت فضایی-زمانی تشخیص داد که فرم کالبدی یک شهر به سمت الگوی رشد پراکنده و پراکنش افقی شهری در حال حرکت است یا به سمت الگوی فشرده و متراکم سازی شهر. اخیرا روشهای کمی به عنوان روشی برای طبقه بندی سیستماتیک و تحلیل مباحث شهری ضروری شده است (Wassmer, 2000). با این حال، کاربردهای این روشها تنها به مطالعات موردی یا زمینه های ملی به ویژه در کشورهای توسعه یافته محدود شده است. یکی از جدیدترین روشها و مدل های ارائه شده در این زمینه، شاخص ها یا متریک های فضایی هستند (Huang et al, 2007)، که خصوصیت شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری (لکه ها یا قطعات) را در بستر سیمای سرزمین قابل تعریف و مقایسه کمی با عدد و رقم می کنند(پریور و همکاران، ۱۳۸۷: ۴۵). هر چند که از این روش، تاکنون برای بررسی فرم های کالبدی- فیزیکی شهرهای کشورهای توسعه یافته استفاده شده است و قابلیت و توانایی بالای خود را در تشخیص و اندازه گیری اشکال شهری به اثبات رسانده است؛

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

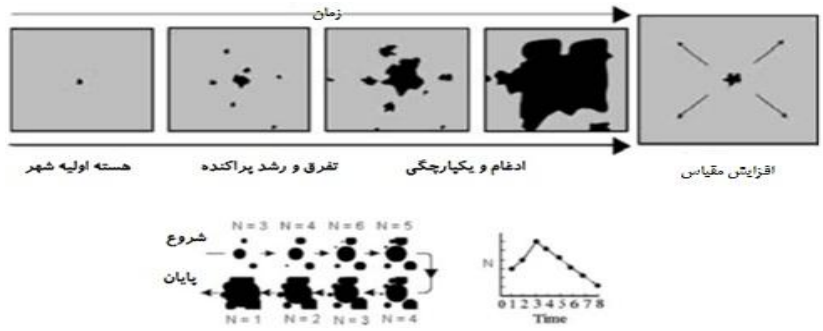
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

اما در ادبیات برنامه ریزی شهری کشور ما کمتر از این موضوع سخن به میان آمده است و برای سنجش شکل فضایی شهر از همان روش های قدیمی استفاده می شود.

شهر یزد، مورد پژوهی این مطالعه، که یکی از شهرهای میانی و متوسط کشور است علیرغم محدودیت های طبیعی مانند کمبود آب، اقلیم خشک و کشاورزی ضعیف، جاذبه جمعیت پذیری زیادی برای مهاجرین داشته است که این عامل به همراه رشد طبیعی جمعیت؛ باعث شده جمعیت این شهر به سرعت افزایش یابد. همراه با رشد جمعیت، محدوده کالبدی و فضایی شهر نیز رشد و گسترش داشته است، اما به علت عدم وجود برنامه ریزی و مدیریت مناسب برای میزان و جهت رشد و گسترش فضایی، این شهر امروزه یکی از گسترده ترین شهرهای کشور به لحاظ محدوده اشغال فضایی به شمار رود. اما اندازه گیری و سنجش میزان فرم فضایی این شهر چالشی است که این مقاله سعی در پاسخ دادن به آن را دارد. بنابراین، پژوهش حاضر در صدد است فرم کالبدی – فضایی شهر یزد را به دو شکل مکانی- زمانی با استفاده از پنج بعد شکل شهر و هفت معیار فضایی مورد بررسی قرار دهد.

مبانی نظری

به نظر هرولد و همکاران (۲۰۰۵)، رشد مناطق شهری چند مرحله بدین شرح را پشت سر می گذارد: رشد و گسترش شهر با یک هسته تاریخی شروع می شود که در ادامه به سمت مراکز توسعه ای منفرد جدید متفرق می شود. فرآیند تفرق یا گسترش جسته و گریخته به صورت رشد ارگانیک و گسترش بیرونی ادامه می یابد. در مرحله بعد، قطعات و بخش های توسعه یافته منفرد دچار به هم پیوستگی یا ترکیب فضایی می گردند. این مرحله انتقالی، همان توسعه در فضاهای باز و بین هسته مرکزی شهر و بخش های بیرونی و حاشیه ای می باشد (شکل زیر به خوبی این مراحل را نشان می دهد).

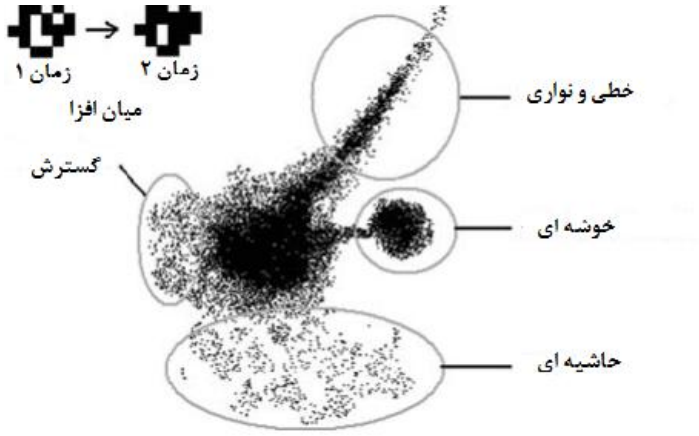


شکل (۱). چارچوب توالی و زنجیره ای رشد و گسترش شهری (Herold et al., 2005).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

ویلسون و همکاران (۲۰۰۳)، سه نوع رشد شهری را از هم متمایز کرده است: میان افزا، گسترش و رشد دور از مرکز. نوع سوم یعنی رشد بیرونی و دور از مرکز خود دارای سه الگوی حاشیه ای، خطی و خوشه ای می باشد. رابطه یا فاصله از مناطق ساخته شده شهری موجود پارامتر مهمی در تعیین نوع رشد شهری می باشد.



شکل (۲). دیاگرام شماتیک الگوهای رشد و گسترش کالبدی شهر (Wilson et al., 2003).

بارنس و همکارانش معتقدند پراکنش شهری باید در یک پروسه زمانی – فضایی مورد بررسی قرار گیرد یعنی رشد و گسترش شهر در مقایسه با رشد جمعیت مورد بررسی قرار گیرد نه اینکه فقط افزایش زمین های شهری در یک محدوده مشخص را پراکنش شهری بنامیم (Barnes et al., 2001).

پیشرفت هایی که در نقشه کشی سطح زمین به وسیله تصاویر ماهواره ای صورت گرفته است، نقش زیادی در ایجاد نقشه های شهری تفصیلی تر، درک عمیق تر رشد شهر و فرم های فضایی-زمانی شهری برای برنامه ریزان شهری و همچنین عوامل مربوط به مدیریت قلمرو و مدیریت مرزهای شهری دارند. پیشرفت های اخیر در علم سنجش از دور، می تواند چشم انداز منحصر به فردی از فرایندهای رشد شهر و تغییرات کاربری اراضی در دسترس قرار دهد. داده های سنجش از دور قادر به آشکارسازی و اندازه گیری پارامترهای مختلف مرتبط با مورفولوژی شهری مانند مقدار، شکل، تراکم، شکل بافت و گسترش مناطق ساخته شده می باشند. اخیرا آشکارسازی تغییرات شهری به سمت کمی سازی و محاسبه تغییرات، اندازه گیری الگوی رشد، تحلیل الگو و فرآیند رشد شهری و فرم کالبدی شهر سوق داده شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

متریک های فضایی، اندازه گیری های کمی و عددی هستند که الگوی فضایی قطعات پوشش اراضی، کلاس های پوشش زمین و کل موزائیک چشم انداز یک منطقه جغرافیایی را محاسبه می کنند (McGarigal and Marks, 1995). این معیارها، مدت مدیدی است که در اکولوژی چشم انداز به عنوان متریک های چشم انداز برای تشریح روابط مهم اکولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرند. معیارهای فضایی یا معیارهای چشم انداز به طور کلی، به عنوان شاخص های کمی برای تشریح ساختار و الگوی یک چشم انداز تعریف شده اند. تحلیل ساختارها و الگوهای فضایی، یکی از اصلی ترین موضوعات علم جغرافیا و از مهمترین دغدغه های جغرافیدانان می باشند. متریک ها یا معیارها را می توان به دو دسته کلی تقسیم بندی کرد:

۱- اندازه گیری ویژگی های یک قطعه یا لکه[1] مانند اندازه قطعه، شکل، محیط، مساحت و بعد فراکتال.

۲- اندازه گیری ویژگی های کل چشم انداز: همواری، تفرق، سرایت و غیره. معیارهای مورد استفاده برای اندازه گیری ویژگی های چشم انداز، تحلیلی تر و پیچیده تر از معیارهای ویژگی یک قطعه هستند.

متریک های فضایی کاربرد زیادی در سنجش فرم فضایی شهر و محاسبه رشد شهری، پراکنش شهری و تفکیک قطعات دارند (Hardin et al., 2007). استفاده از سنجه ها و معیارهای فضایی در اندازه گیری و سنجش شکل شهر، برای مقایسه شکل شهر در کشورهای مختلف جهان انجام شده است که نتایج حاصل از آن نشان می دهد به طور کلی، شهرهای کشورهای در حال توسعه، پیچیدگی کمتر، فشردگی بیشتر، فضای باز کمتر و شکل شهری فشرده تری را نشان می دهند. اما شهرهای کشورهای توسعه یافته گرایش های مخالفی (شکل شهری گسترده تر) را نمایش می دهند. به طور کلی شهرهای امریکای لاتین متراکم ترین و فشرده ترین هسته های شهری را می باشند (Huang et al., 2007).

روش تحقیق

روش اصلی این تحقیق، روش توصیفی – تحلیلی با تکیه بر استفاده از تصاویر ماهواره ای و داده های سنجش از دور می باشد. بدین نحو که برای بررسی شکل و فرم کالبدی شهر مورد مطالعه، از تصاویر ماهواره ای مربوط به سال های ۱۹۷۵، ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ استفاده شده است. تصاویر ماهواره ای سعی شده از یک فصل سال بوده تا تفکیک و تمایز بین کاربری شهری با سایر کاربری ها راحت تر و دقیق تر باشد؛ به همین دلیل همه تصاویر ماهواره ای از

[1]. patch

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

ماه ژوئن در سال های مختلف انتخاب شده است. مشخصات تفصیلی تر تصاویر ماهواره ای در جدول ذیل ذکر گردیده است:

جدول (۱). ویژگی های تصاویر ماهواره ای استفاده شده برای متریک های فضایی و ترسیم شکل شهر در دوره های مختلف

نام ماهواره	نام سنجنده	تاریخ عکسبرداری	باندها	قدرت تفکیک مکانی(m)
لندست-۲	MSS	۱۹۷۵ میلادی	۲،۳،۴،۵	۷۹
لندست-۵	TM	۱۹۸۷ میلادی	۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱	۳۰
لندست-۵	TM	۲۰۰۰ میلادی	۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱	۳۰
لندست-۵	TM	۲۰۱۰ میلادی	۴،۳،۲،۱،۷،۶،۵	۳۰

برای تصحیح هندسی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ یکی از تصاویر ثبت هندسی[1] شد و بقیه تصاویر نسبت به آن تطبیق هندسی[2] داده شد و خطای RMSE کمتر از ۰/۵ پیکسل بدست آمد. برای تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر از نرم افزار FLASH استفاده شد. این ابزار از مدل عبور اتمسفری MODTRAN4 برای تصحیحات اتمسفری استفاده می کند. سپس این تصاویر وارد نرم افزار ArcGIS شد و با تشخیص سطوح شهری (فضاهای ساخته شده) از سطوح غیر شهری و تعیین مرزهای رشد شهر در هر دوره، نقشه های مربوط به رشد و گسترش کالبدی شهر ترسیم گردید. در این پژوهش، معیار اصلی برای تعیین مرزهای شهر از بخش های پیرامونی، مقدار زمین ساخته شده (Built-up Area) مورد استفاده قرار گرفته است. سپس با استفاده از شاخص های متریک فضایی، مدل های ارائه شده محاسبه گردید.

مهمترین معیارها برای بررسی انواع مختلف متریک های فضایی عبارتند از: وسعت یا مساحت لکه ها یا قطعات (patches) شهری، محیط لکه ها یا قطعات، مجاورت و نزدیکی تمام قطعات با یکدیگر، فاصله لکه ها با بزرگترین لکه یا لکه اصلی، تعداد لکه ها و قطعات، فضاهای خالی موجود در داخل لکه ها، اندازه لکه یا قطعه اصلی شهر.

حال مهمترین معیارهای فضایی که در این پژوهش برای بررسی و اندازه گیری میزان پراکنش و گسترش فضایی شهر یزد مورد مطالعه قرار گرفته است عبارتند از:

[1] Registry
[2] Rectify

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

پیچیدگی

این شاخص بی نظمی شکل قطعات را اندازه گیری می کند. دو معیار پیچیدگی بکاربرده شده عبارتند از: شاخص میانگین مساحت وزن داده شده(AWMSI[1]) ، و بعد شکستگی میانگین مساحت وزن قطعه(AWMPFD[2]) . که اینها بی نظمی شکل قطعات را نمایش می دهند. زمانی که مقدار آن زیاد باشد، یعنی اشکال نامنظم تر هستند. معیار های پیچیدگی به طور عمده ناهمواری(دندانه داربودن) محدوده شهر را توضیح می دهند.

دو فرمول برای اندازه گیری میزان پیچیدگی لکه های مختلف شهری وجود دارد (Huang et al., 2007). علت استفاده از هر دو فرمول این است که در سایر مقالات خارجی که در مورد متریک های فضایی نوشته شده است از هر دو فرمول استفاده شده است. البته لازم به ذکر است که این دو فرمول از نظر نحوه استفاده از متغیرهای دخیل در فرمول است. بدین صورت که در فرمول اول مجموع محیط لکه های مختلف شهری بر مجموع مساحت آنها تقسیم شده است در حالی که در فرمول دوم، مجموع لگاریتم ۰/۲۵ محیط لکه های شهری بر مجموع لگاریتم مساحت انها تقسیم گردیده است. این تفاوت در نحوه توزیع متغیرها (محیط و مساحت لکه های شهری) باعث شده است که از اولی به شاخص میانگین مساحت وزن داده شده و از فرمول دوم به بعد شکستگی یا بعد فراکتال میانگین مساحت وزن قطعه نام برده شود. این دو فرمول عبارتند از:

فرمول (۱)

$$\frac{\sum_1^N p_i/4\sqrt{s_i}}{N} \times \frac{s_i}{\sum_1^N s_i}$$

فرمول (۲)

$$\frac{\sum_1^N 2\ln 0.25\, p_i/\ln s_i}{N} \times \frac{s_i}{\sum_1^N s_i}$$

که در اینجا Pi برابر است با محیط لکه یا قطعه i و Si برابر است با مساحت قطعه i

مرکزیت

شاخص مرکزیت در این تحقیق میانگین فاصله بخش های جدا افتاده را از بخش مرکزی شهر، که به عنوان مرکز بزرگترین قطعه تعریف شده است، اندازه می گیرد. برای کمینه ساختن اریب مقیاس شهر، میانگین فاصله به شعاع یک دایره با مساحت کل شهر تقسیم شده است.

1. AWMSI: Area weighted mean shape index
2. AWMPFD: Area weighted mean patch fractal dimension

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

بنابراین مرکزیت در این تحقیق شکل کلی شهر را اندازه گیری می کند که آیا کشیده است یا دایره ای. زمانی که شاخص مرکزیت بالا باشد بدین معنی است که شکل شهر کشیده است و بر عکس. مرکزیت را می توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\frac{\sum_1^N D_i/N-1}{R} = \frac{\sum_i^N D_i/N-1}{\sqrt{s/\pi}}$$

فرمول (۳)

در این فرمول Di فاصله مرکز قطعه i تا مرکز بزرگترین قطعه، N تعداد قطعات، R شعاع دایره ای به وسعت قطعه si و s مجموع مساحت کل قطعات می باشد. در حقیقت در این فرمول قصد دارد میانگین فاصله قطعات با همدیگر و فاصله آنها با قطعه اصلی را بسنجد.

فشردگی

شاخص فشردگی(CI) نه تنها شکل قطعات مجزا بلکه حتی چندپارچگی کل چشم انداز شهری را اندازه گیری می کند. هر چه شکل قطعه منظم تر و تعداد قطعات کمتر باشد، مقدار شاخص فشردگی بیشتر است. همانطور که بیان گردید، بزرگترین قطعه اغلب به جای کل محدوده شهر به حساب می آید به ویژه برای شهرهای کشورهای در حال توسعه. همچنین شاخص فشردگی بزرگترین قطعه (CLIP) که عمدتا شکل کلی یک شهر را نشان می دهد، محاسبه شده است.

برای محاسبه میزان فشردگی یک شهر و لکه های مختلف آن، دو فرمول ارائه شده است.

فرمول اول که معروف به شاخص فشردگی (CI[1]) است به صورت ذیل است

$$\frac{\sum_i P_i/p_i}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi\sqrt{s_i/\pi}/p_i}{N^2}$$

فرمول(۴)

در این فرمول، pi محیط لکه i، Pi محیط دایره ای به وسعت si، N تعداد لکه ها یا قطعات و si مساحت قطعه i می باشد.

روش دوم برای اندازه گیری میزان فشردگی یک شهر، روش شاخص فشردگی بزرگترین قطعه ($CILP$[2]) می باشد که در این روش، تنها میزان فشردگی بزرگترین لکه که همان لکه اصلی شهر می باشد بر اساس فرمول ذیل محاسبه می گردد:

1 . CI :Compactness index

2 . CILP: Compactness index of the largest patch

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

$$\frac{2\pi\sqrt{s/\pi}}{p}$$

فرمول (۵)

در این فرمول، p محیط بزرگترین لکه شهر مورد نظر و s مساحت بزرگترین لکه شهر می باشد.

تخلخل

چهارمین متریک فضایی مورد بررسی برای شناخت الگوی رشد فضایی شهر شاخص تخلخل می باشد. مناطق پوشش گیاهی و لکه های آبی، زمین های کشاورزی، زمین های بایر، فضاهای خالی و بلااستفاده در محیط شهر، همانند حفره های خالی در داخل مناطق شهری می باشند که در تصاویر ماهواره ای طبقه بندی شده پدیدار شده و به خوبی قابل تشخیص می باشند. شاخص تخلخل، کل این فضاهای خالی را در رابطه با کل منطقه شهری مورد محاسبه قرار می دهد. شاخص تخلخل همچنین به عنوان «نرخ فضای باز» (ROS[1]) تعریف شده است که فرمول ان به صورت زیر است:

$$\left(\frac{s'}{s}\times 100\right) \qquad (۶$$

در این فرمول، s مساحت زمین های خالی داخل شهر و s' کل مساحت و وسعت شهر می باشد.

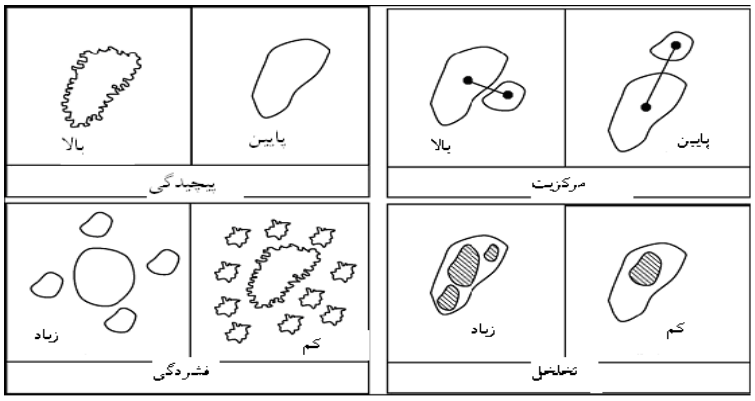
تراکم

سرانجام ، تراکم جمعیتی به عنوان بعد دیگری از فشردگی یا گستردگی اندازه گیری می شود. تراکم جمعیت به طور ساده از تقسیم جمعیت منطقه شهری بر وسعت آن بدست می آید.

[1] . ROS :Ratio of open space

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]



شکل (۳). الگوی شماتیک معیارهای فضایی (Huang et al., 2007).

معرفی محدوده مورد مطالعه

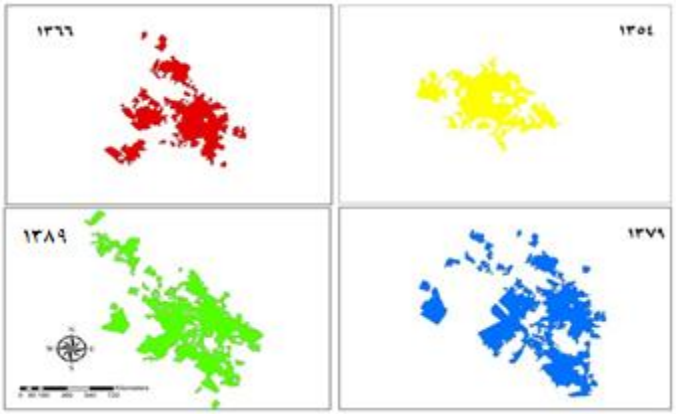
شهر یزد مرکز استان و شهرستان یزد در مسیر راه اصفهان - کرمان در مختصات جغرافیایی ′۵۴ و °۳۱ عرض شمالی و ′۲۳ و °۵۴ طول شرقی قرار دارد. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۲۱۵ متر و فاصله هوایی آن تا تهران ۵۰۸ کیلومتر است. این شهر که در کنار کویر مرکزی ایران قرار گرفته است دارای اقلیمی گرم و خشک است که به همین لحاظ از گذشته دور با مشکل کم آبی مواجه بوده است. اگرچه این شهر در گذشته، شهری فشرده بوده و وسعت فضایی کوچکی را اشغال کرده بوده است، اما از دهه ۱۳۴۰ به بعد همراه با شهرنشینی سریع، جمعیت و خیلی بیشتر از آن، وسعت شهر هم رشد و افزایش چشمگیری داشته است؛ به گونه ای که امروز محدوده فضایی بسیار وسیعی را تحت اشغال خود درآورده است. شهر یزد در حال حاضر دارای ۳ منطقه شهری، ۹ ناحیه و ۵۴ محله می باشد.

یافته های تحقیق و تجزیه و تحلیل

قبل از بررسی شکل فضایی شهر یزد با استفاده شاخص ها و معیارهای فضایی می توان به طور ساده از روش اندازه متروپل یا نقشه رشد و گسترش شهر بدست آمده از تصاویر ماهواره ای چهار دوره مورد بررسی استفاده کرد. البته شایان ذکر است نقشه هایی از مراحل رشد و گسترش شهر و مرزها، محدوده ها و حد و حدود شهر در دوره های مختلف توسط سازمانهای شهری مانند شهرداری، سازمان مسکن و شهرسازی استان، وزارت مسکن و شهرسازی تهیه شده است، اما برای بالابردن دقت کار و مشخص کردن دقیق محدوده گسترش شهر یزد در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

دوره های مختلف از تصاویر ماهواره ای استفاده شده است. این تصاویر در محیط ArcGIS با استفاده از روش تفسیر بصری و رقومی سازی محدوده زمینهای ساخته شده[1]، مرز و حد و حدود دقیق شهر در چهار دوره متوالی ۱۳۵۴، ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ ترسیم و تبدیل به نقشه شده است که در ذیل نشان داده شده است. البته برای تفکیک محدوده های ساخته شده از محدوده های ساخته نشده، از روش های طبقه بندی تصویر استفاده شده است ولی با توجه به اینکه یک سری از مناطق با زمین های بایر و خالی دچار اختلاط گردید و خطاهایی مشاهده شد، با رقومی سازی اشکالات و اشتباهات برطرف گردید.



شکل (۴). مراحل رشد و گسترش شهر یزد در دوره های مختلف.

چنانکه در شکل بالا نمایان است، شهر یزد در اولین دوره مورد بررسی محدوده فضایی کمی (۱۸۴۳ هکتار) را اشغال کرده بوده است. بخش عمده توسعه شهر در این دوره در اطراف بافت تاریخی و مرکز قدیمی شهر بوده است. در دوره بعدی مورد مطالعه، رشد و گسترش شهر به سمت جنوب و شمال غرب (که مسیر جاده های اصلی مانند شهر شاهدیه) در آنجا قرار دارد گسترش یافته و طی این دوره ۷ ساله، وسعت شهر حدود ۲ برابر (۳۱۰۷ هکتار) می شود. در سومین تصویر ماهواره ای، رشد و گسترش سریع شهر باز هم ادامه می یابد به طوریکه در این سال (۱۳۷۹) وسعت شهر به ۷۶۷۴ هکتار (یعنی بیش از ۲ برابر وسعت دوره قبل) می رسد. مسیر و سمت توسعه همچنان به سمت جنوب و شمال غرب می باشد. در آخرین تصویرماهواره ای که مربوط به آخرین گسترش شهر یزد می گردد رشد لجام گسیخته شهر همچنان ادامه

[1] . Built-up area

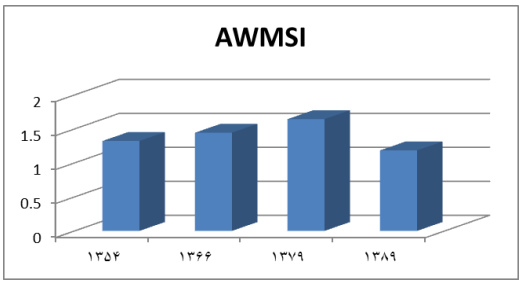
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

دارد به طوریکه وسعت شهر در طی یک دوره ده ساله از ۷۶۷۴ هکتار به ۱۳۳۸۴ هکتار می رسد.

اما بعد از بررسی اجمالی رشد و گسترش شهر از طریق نقشه های بدست آمده از تصاویر ماهواره ای، در این بخش، نتایج حاصل از محاسبه شاخص ها و پارامترهای فضایی ارائه و مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

پیچیدگی

این شاخص که بی نظمی شکل قطعات را اندازه گیری می کند با دو معیار شاخص میانگین مساحت وزن داده شده(AWMSI[1]) و بعد میانگین مساحت وزن قطعه(AWMPFD[2]) مورد محاسبه قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از محاسبات شاخص میانگین مساحت وزن داده شده (AWMSI) که در نمودار زیر نشان داده شده است حاکی از آن است که مقدار این شاخص در اولین سال مورد مطالعه (۱۳۵۴)، ۱/۱۸۴ بوده است که در سال های بعد میزان پیچیدگی شهر یزد افزایش یافته و بیشترین مقدار آن در سال بوده است که در دوره بعد یعنی در سال ۱۳۸۹ برابر با ۱/۶۴۳ به دست آمده که با کاهش نسبتا کمی مواجه بوده است. ارقام به دست آمده نشان از افزایش بی نظمی شکل قطعات شهر یزد در دوره های مختلف به استثناء دوره آخر بوده است.



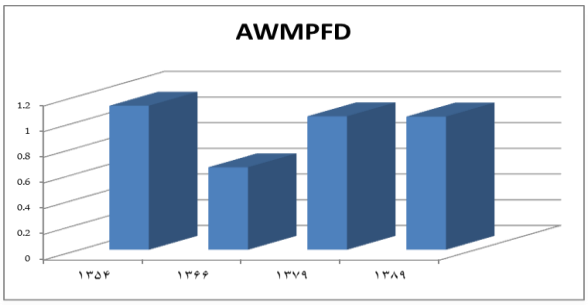
شکل (۵). میانگین مساحت وزن داده شده برای شهر یزد در سال های مختلف (ترسیم بر اساس محاسبات انجام شده در GIS با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تصاویر ماهواره ای).

روش دوم برای محاسبه پیچیدگی قطعات و لکه های شهری شاخص بعد فراکتال میانگین مساحت وزنی قطعات (AWMPFD) است. نتایج به دست آمده از محاسبه این فرمول برای دوره های مختلف هم در نمودار زیر به نمایش گذاشته شده است. برای تحلیل و تشریح اعداد

[1] . Area weighted mean shape index
[2]. Area weighted mean patch fractal dimension

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

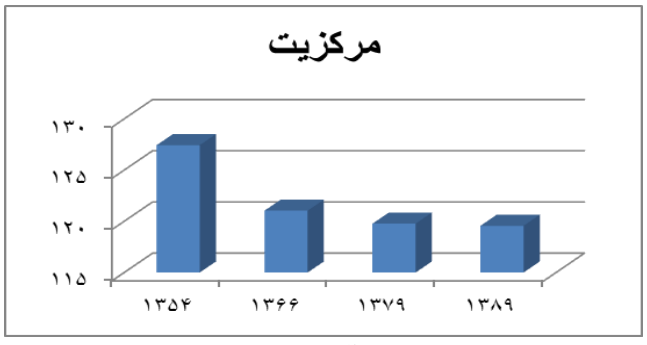
به دست آمده می توان گفت که این روش هم روش قبلی را تایید می نماید که پیچیدگی و بی نظمی شکل قطعات و لکه های شهر یزد در اولین دوره زیاد بوده است که این روند در دوره بعد تغییر یافته و مقدار آن در سال ۱۳۶۵ کاهش زیادی یافته است. اما بعد از این دوره دوباره روند رو به افزایش گذاشته است و میزان پیچیدگی و بی نظمی شکل شهر در دو دوره بعدی افزایش قابل توجهی پیدا کرده است که اعداد ان در شکل نمایش داده شده است.



شکل (۶) شاخص بعد فراکتال میانگین مساحت وزنی قطعات برای شهر یزد در سال های مختلف (ترسیم بر اساس محاسبات انجام شده در GIS با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تصاویر ماهواره ای).

شاخص پیچیدگی صاف بودن یا دندانه دار بودن مرزهای شهر را نمایش می دهد و اگر مقدار ان افزایش یابد به این معنی است که مرزهای شهر صاف نیست بلکه دارای پیچیدگی ها و بی نظمی هایی است که می تواند دلایل مختلفی داشته باشد. از جمله اینکه به علت اینکه رشد شهر بدون برنامه ریزی در حال افزایش است، مرزهای شهر به صورت منظم و پیوسته افزایش نمی یابد بلکه در بعضی جهات سریع و در برخی دیگر رشد آرامی دارد.

مرکزیت: در این تحقیق میانگین فاصله بخش های جدا افتاده را از بخش مرکزی شهر، که به عنوان مرکز بزرگترین قطعه تعریف شده است، اندازه می گیرد.



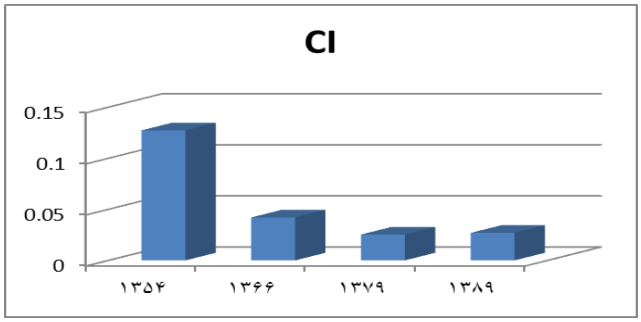
شکل (۷). مقدار مرکزیت بدست آمده برای شهر یزد در سال های مختلف

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

نتایج بدست آمده از محاسبات فرمول نشان می دهد که قطعات کوچک اطراف قطعه اصلی شهر که در دوره های اول کمتر بوده و در دوره اخر تعداد آنها به بسیار افزایش یافته است، رفته رفته فاصله بیشتری از قطعه اصلی پیدا کرده و به عبارتی پراکنده تر و متفرق تر شده اند. چنانکه در نمودار بالا مشخص است در اولین دوره عدد به دست آمده ۱۲۷/۴۳ بوده که این مقدار در دوره بعد کاهش یافته به عبارتی تمایل به تفرق و کشیدگی کل شهر در دوره های بعد افزایش یافته و به کمترین میزان در سال ۱۳۸۹ یعنی ۱۱۹/۲۵ رسیده است.

فشردگی

شاخص فشردگی(CI[1]) نه تنها شکل قطعات منفک بلکه حتی چند پارچگی کل چشم انداز شهری را اندازه گیری می کند. هر چه شکل قطعه منظم تر و تعداد قطعات کمتر باشد، مقدار شاخص فشردگی بیشتر است. همانطور که بیان گردید، بزرگترین قطعه اغلب به جای کل محدوده شهر به حساب می آید به ویژه برای شهرهای کشورهای در حال توسعه. همچنین شاخص فشردگی بزرگترین قطعه (CLIP[2]) که عمدتا شکل کلی یک شهر را نشان می دهد، محاسبه شده است (Glaster et al., 2001).



شکل (۸). شاخص فشردگی برای شهر یزد در سال های مختلف

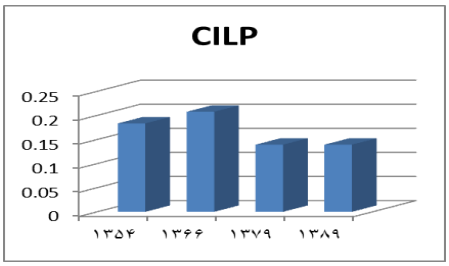
نتایج محاسبات به دست آمده از شاخص فشردگی که در نمودار زیر نمایش داده شده است نیز نشان می دهد که اندازه آن در همه دوره ها روند کاهشی داشته است. به نحوی که بیشترین فشردگی شهر در اولین دوره مورد بررسی یعنی در سال ۱۳۵۳ برابر با ۰/۱۲۷ بوده که مقدار آن در هر سه دوره بعد کاهش یافته و به کمترین میزان آن در سال ۲۰۱۰ و برابر با ۰/۰۵۲۹ بوده است. به عبارتی با توجه به شاخص فشردگی، شکل شهر یزد در گذشته بسیار

[1] . Compactness index
[2]. Compactness index of the largest patch

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

فشرده بوده است اما به مرور زمان، گسترده و پراکنده شده است و میزان فشردگی آن کاهش یافته است.

روش دوم برای اندازه گیری میزان فشردگی یک شهر، روش شاخص فشردگی بزرگترین قطعه (CILP) می باشد که در این روش، تنها میزان فشردگی بزرگترین لکه که همان لکه اصلی شهر می باشد.



شکل (۹). شاخص فشردگی بزرگترین لکه برای شهر یزد در سال های مختلف

نتایج به دست آمده از محاسبات برای این فرمول، هم به طور کلی نتایج شاخص فشردگی را تایید می کند با این تفاوت که در این روش میزان فشردگی بزرگترین قطعه در دوره دوم کمی افزایش نسبت به دوره اول را نشان می دهد (۰/۲۰۷۵ در مقابل ۰/۱۸۳۴). اما از این سال ۱۳۶۵ به بعد، میزان فشردگی قطعه اصلی شهر رو به کاهش گذاشته و به ۰/۱۳۹۲ در آخرین دوره می رسد. می توان نتیجه گرفت که هم میزان فشردگی کل شهر و تمام قطعات شهری و هم میزان فشردگی قطعه اصلی شهر در سال های مورد بررسی رو به کاهش گذاشته است به عبارتی شکل شهر یزد از حالت فشردگی زیاد (قسمت سمت چپ شکل زیر) به فشردگی پایین (قسمت سمت راست شکل) تغییر الگو و ماهیت داده است که این خود دلیل واضح و روشنی بر وجود پدیده پراکنش افقی یا اسپرال شهری در این شهر می باشد.

تخلخل

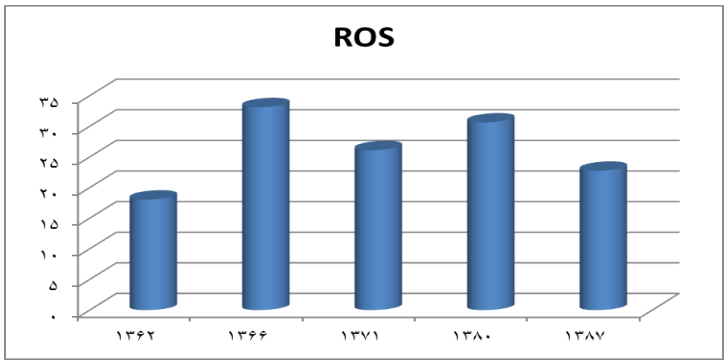
چهارمین متریک فضایی مورد بررسی برای شناخت الگوی رشد فضایی شهر شاخص تخلخل می باشد. شاخص تخلخل، نرخ فضای باز را در مقایسه با کل وسعت شهر مورد محاسبه قرار می دهد. شاخص تخلخل همچنین به عنوان «نرخ فضای باز» (ROS[1]) تعریف شده است.

[1] . ratio of open space

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

به علت بالا بردن دقت کار و ارتباط بیشتر با بخش های برنامه ریزی شهری یزد، برای محاسبه نرخ فضای باز در این شهر، نه از تصاویر ماهواره ای بلکه از نقشه ها و جداول کاربری اراضی در طرح های مختلف این شهر می باشد.



شکل (۱۰). اندازه نرخ فضای باز در شهر یزد در سال های مختلف

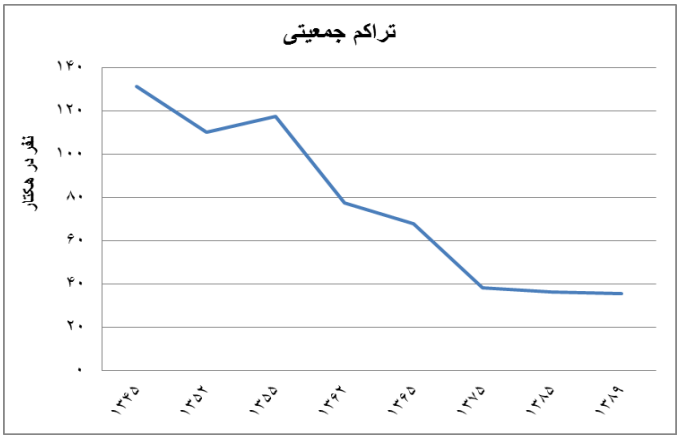
آنچه از جداول و نقشه های کاربری اراضی شهر در طرح های جامع شهر در دوره های مختلف برداشت شده است، حاکی از این است که به طور کلی در همه دوره های مقدار فضاهای خالی و رها شده زیادی در داخل این شهر وجود داشته که به دلایل مختلف، علیرغم وجود چنین فضاهایی، ساخت و ساز و توسعه شهر به سمت اراضی ناپیوسته و زمین های بکر و بایر یا زمین های کشاورزی حاشیه شهر پیش رفته است. در اولین آماری که ما از نقشه و جدول کاربری اراضی شهر داریم مربوط به طرح جامع تجدید نظر شهر در سال ۱۳۶۲ می باشد که در این سال نرخ فضای باز این شهر حدود ۱۸/۰۵ بوده است به عبارتی کمتر از یک پنجم وسعت شهر را فضاهای خالی تشکیل می داده است. علیرغم وجود برنامه ریزی و طرح ریزی برای شهر، میزان فضاهای خالی در دوره های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۱ (یعنی افق ۵ ساله و ۱۰ ساله طرح) افزایش یافته و به ۳۱/۱۳ درصد در سال ۱۳۶۶ و ۲۶/۱۱ درصد در سال ۱۳۷۱ می رسد. این مقدار در دوره بعد دوباره افزایش فوق العاده ای می یابد و به ۳۰/۶۴ درصد در جدیدترین طرح جامع و تفصیلی شهر یزد یعنی سال ۱۳۸۰ می رسد. البته به خاطر برنامه ریزی و دقت بیشتری که در استفاده از زمین باید در این شهر لحاظ شود اندازه فضاهای باز در جدیدترین دوره مورد بررسی کمی نسبت به دوره قبل کاهش نشان می دهد (۲۲/۷۵ درصد). چنانکه مشاهده می گردد در همه دروه ها نرخ فضای باز یا همان زمین های خالی و بایر در شهر مورد مطالعه بسیار بالا بوده است به طوری که در حال حاضر حدود یک چهارم فضای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

شهر هنوز خالی و بلااستفاده است و این زمینهای موجود داخل شهر می تواند اولویت اول برای اسکان ساکنان جدید این شهر مورد استفاده قرار گیرد.

تراکم

روند تغییرات تراکم جمعیتی شهر یزد از گذشته به امروز که در نمودار ذیل نشان داده شده است بیانگر این مطلب است که در گذشته نه چنان دور (سال ۱۳۴۵) این شهر دارای تراکم بسیار بالایی (۱۳۱ نفر در هکتار)بوده است؛ اما از همان سال به بعد روند تراکم تغییر منفی داشته و پیوسته در حال کاهش بوده است. به نحوی که در سال های اخیر به کمترین میزان خود (۳۵ نفر در هکتار) می رسد. این روند کاهش سریع تراکم از ۱۳۱ نفر به یک چهارم آن یعنی حدود ۳۵ نفر در هکتار، نشان از رشد سریع وسعت و مساحت شهر در مقایسه با رشد جمعیت و نیازهای جمعیت ساکن بوده است. به عبارتی سرانه زمین شهری به اندازه قابل توجهی افزایش یافته است.



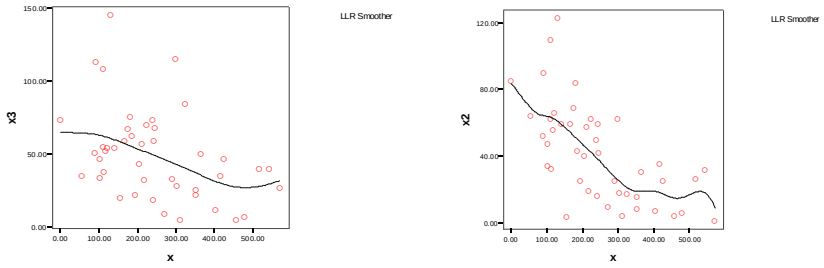
شکل (۱۱). نمودار تغییرات تراکم جمعیتی در شهر یزد

شیب تراکم جمعیتی: شیب تراکم معیاری برای سنجش میزان حومه ای شدن در شهرها است. معادله شیب بر مبنای دو عامل فاصله از مرکز شهر و تراکم جمعیتی تنظیم می شود و اولین بار توسط کلارک در سال ۱۹۷۱ مورد استفاده قرار گرفت (Ingram, 1998). بر مبنای این شاخص تراکم شهر از مرکز به پیرامون کاهش می یابد، اما اندازه این کاهش یا شیب خط خیلی مهم می باشد. هر قدر شدت کاهش شیب از مرکز به پیرامون بیشتر باشد فضای شهری گرایش بیشتر به سوی حومه ای شدن یا همان پراکنش افقی و گسترش بی رویه شهر در بخش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

های بیرونی و پیرامون دارد(قربانی، ۱۳۸۴:۱۲۶) و در نتیجه شکل یا فرم فضایی شهر از نوع الگوی گسترده است.

بررسی تغییرات شیب تراکم جمعیتی در شهر یزد برای سال ۱۳۷۵، بیانگر کاهش شیب از مرکز شهر به پیرامون شهر است. اما این کاهش دارای ویژگی های خاصی است که از فرآیند توسعه و تحول جمعیتی و فضایی شهر نشأت می گیرد. مرکز شهر یزد که در اینجا همان بافت های تاریخی و خیابان های احاطه کننده آنها و نقاطی مانند میدان امیرچخماق منظور شده است، به لحاظ تمرکز فعالیت های تجاری – خدماتی و حتی توریستی، از تراکم جمعیتی بالایی برخوردار است، این اندازه تراکم تا فاصله حدود یک کیلومتری از شهر هیچ تغییری نمی کند و همچنان تراکم بالاست. با فاصله گرفتن از مرکز شهر و و کاهش سهم فضاهای تجاری – خدماتی، تراکم جمعیت کاهش می یابد. کمتر شدن تراکم نواحی پیرامونی نسبت به بخش های مرکزی شهر به علت وجود باغات و اراضی بایر است.



شکل (۱۲). نمودار شیب تراکم جمعیتی شهر یزد در سال ۱۳۷۵ (سمت چپ) و سال ۱۳۸۵ (سمت راست) (ماخذ: ترسیم توسط نگارنده بر اساس آمار مستخرج از سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵، آمار مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵ و محاسبات انجام شده در نرم افزار ArcGIS).

نمودار شیب تراکم در سال ۱۳۸۵ (نمودار بالا سمت چپ) نیز همانند دوره قبل، کاهش شیب تراکم از مرکز به پیرامون را نشان می دهد. اما تغییرات محسوسی بین این دو دوره وجود دارد. در سال ۱۳۸۵، شیب تراکم از همان ابتدای دور شدن از مرکز شهر رو به کاهش عمیقی گذاشته است و چنانکه در نمودار به خوبی نمایان است با توجه با بالا بودن شیب خط، شیب تراکم به سرعت افت کرده و روبه کاهش گذاشته است. البته در این سال در مناطق پیرامونی شهر، شیب خط تا اندازه ای کاهش یافته به عبارتی در فاصله کمی نزدیک به حومه یا حاشیه شهر تراکم ها در حال شبیه شدن به همدیگر است، هر چند که به طور کلی تراکم ها در این مناطق پایین است اما تفاوت های فاحشی بین این مناطق وجود ندارد. به طور کلی با مقایسه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

شیب تراکم در سال ۱۳۷۵ و سال ۱۳۸۵ به وضوح می توان نتیجه گیری کرد که اگرچه در هر دو دوره شیب تراکم کاهشی بوده است اما با توجه به اینکه شدت کاهش شیب تراکم در سال ۱۳۸۵ بسیار بیشتر از شیب تراکم در سال ۱۳۷۵ بوده است، خود نشان از گرایش شهر به سوی حومه ای شدن، افزایش پراکنش و گسترش افقی بی رویه شهر در دهه ۸۵-۷۵ و رشد لجام گسخته شهر در مناطق پیرامونی می باشد.

هاروی و کلارک معتقدند فرم فضایی پراکنش افقی بی رویه یا اسپرال شهری؛ خود دارای سه الگوی متفاوت می باشد که در شهرها ممکن است اتفاق بیفتد: ۱- گسترش کم تراکم، ۲- گسترش نواری یا خطی و ۳- پراکنش و گسترش جسته و گریخته و منفک (CGIS at Towson University, 2010) .

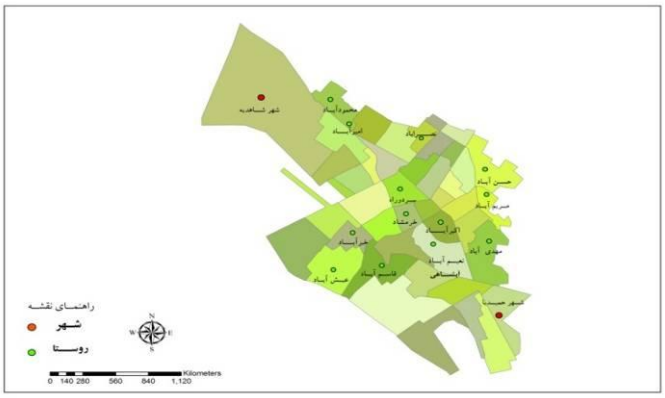
با توجه به مدل های هاروی و کلارک، چنانچه بخواهیم فرم فضایی – زمانی شهر یزد را با این مدل مقایسه کنیم شهر یزد هر سه نوع پراکنش افقی شهری را از سر گذرانده است. اولین نوع همان گسترش کم تراکم یا پراکنش فضایی تنک بود که در جدول نشان داده شد که علیرغم اینکه شهر یزد در گذشته نه چندان دور یک شهر متراکم و فشرده بوده است با تراکم ۱۳۱ نفر در هکتار در سال ۱۳۴۵ ، اما رشد و گسترش شهری سریع آن باعث شده از از تراکم این شهر به شدت کاسته شود و امروزه به کم تراکم ترین شهر بالای ۱۰۰ هزار نفر ایران تبدیل شود (با تراکم ۳۵ نفر در هکتار در سال ۱۳۹۰). این روند کاهش سریع تراکم از ۱۳۱ نفر به یک چهارم آن یعنی حدود ۳۵ نفر در هکتار، نشان از رشد سریع وسعت و مساحت شهر در مقایسه با رشد جمعیت و نیازهای جمعیت ساکن بوده است. به عبارتی سرانه زمین شهری به اندازه قابل توجهی افزایش یافته است. پس سرانه کاربری های شهری از ۶۷ متر مربع به بیش از ۳۰۰ متر مربع در همین دوره رسیده است.

علاوه بر مدل پراکنش افقی کم تراکم، نوع دوم پراکنش افقی یعنی گسترش نواری و خطی شکل شهر نیز در روند رشد و گسترش این شهر اتفاق افتاده است. نگاهی به نقشه های روند رشد و گسترش افقی شهر یزد در دوره های گذشته نشان می دهد که گسترش کالبدی – فضایی سریع این شهر بیشتر در جهت شمال غربی – جنوب شرقی بوده است که در بخش شمال غربی بزرگراه یزد-اصفهان و همچنین شهر شاهدیه است. در بخش جنوب غربی هم بزرگراه یزد-کرمان و شهر حمیدیا است. رشد و گسترش شهر یزد در سال های مورد بررسی به اندازه ای سریع بوده است که دو شهر حمیدیا (در جنوب شرقی شهر با جمعیت ۲۷۶۱۱ نفر در سال ۱۳۸۵) و شهر شاهدیه (در شمال غربی شهر یزد با جمعیت ۱۴۳۷۳ نفر در سال ۱۳۸۵) در شهر یزد ادغام و از نظر فضایی جزء متصل و پیوسته شهر یزد شده و هر سه تای آنها به یک

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

شهر تبدیل شده اند. بهتر است بگوییم شهر کنونی یزد از گسترش این شهر در اطراف به سمت شهرها و روستاهای نزدیک و از بهم پیوستن سه شهر (یزد، حمیدیا و شاهدیه) و ۱۴ نقطه روستایی به نام های عیش آباد، خیرآباد، نعیم آباد، خرمشاه، سر دوراه، قاسم آباد، حسن آباد، عنبرآباد، مهدی آباد، مریم آباد، نصرآباد، محمودآباد، اکبرآباد و آبشاهی تشکیل شده است. بعد از بهم پیوستن این روستاها به بدنه کالبدی و فیزیکی شهر یزد، هر کدام از این روستاها امروزه محله ای از این شهر شده اند که دقیقا به همان نام روستایی خود نامگذاری و شناخته شده اند،



شکل (۱۳). نام و موقعیت شهرها و روستاهای ادغام شده در شهر یزد.

البته این مسیر (شمال غربی-جنوب شرقی) مسیر اصلی رشد و توسعه شهر در دهه های مختلف بوده و بیشترین گسترش شهر در این بخش صورت گرفته است. اما روند رشد و توسعه کالبدی گذشته شهر حکایت دارد که توسعه در جهت بزرگراهها، نواحی شهری و روستایی اطراف بیشتر است. چنانکه در نقشه زیر مشاهده می گردد در اطراف شهر کنونی یزد و در مسیر رشد و گسترش این شهر چندین روستا و شهر دیگر قرار دارد. به ویژه در جهت شمال غربی شهر که در فاصله کوتاهی از آخرین نقطه شهر یزد (در بخش شاهدیه) دو شهر دیگر به نام شهر زارچ (با جمعیت ۹۹۷۹ نفر در سال ۱۳۸۵) و شهر اشکذر (با جمعیت ۱۳۸۰۰ نفر در سرشماری ۸۵) قرار دارند که چنانچه مرزهای شهر و میزان گسترش افقی این شهر کنترل نشود بدون شک این دو شهر همانند شهرهای شاهدیه و حمیدیا جزئی از شهر یزد خواهند شد و بدین ترتیب شهر یزد تبدیل به شهری خطی یا طولی با جهت جنوب شرقی – شمال غربی خواهد شد که فاصله بین مراکز شهری بسیار دور از هم خواهد بود و مشکلاتی که شهرهای طولی یا خطی دارند را خواهد داشت و مشکل گسترش افقی این شهر نه کاهش بلکه افزایش هم خواهد یافت. البته ناگفته نماند که شهرهای زارچ و اشکذر از نظر تقسیمات سیاسی جزء

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

شهرستان یزد نیستند بلکه زیر مجموعه شهرستان صدوق هستند، اما رشد و گسترش و فرم فضایی شهر، مرز سیاسی نمی شناسد و هم گسترش این شهرها به سمت یزد و هم گسترش شهر یزد به سمت این دو شهر احتمال اتصال و ادغام این دو شهر را در بدنه کالبدی شهر یزد در آینده نزدیک بالا می برد. شایان ذکر است مسیر توسعه فعلی و آتی شهر دقیقا در جایی است که بهترین زمین های کشاورزی و باغات قرار گرفته اند یعنی در شمال غربی شهر به سمت شهرهای شاهدیه، زارچ و اشکذر اغلب زمین های مناسب جهت کشت و زرع می باشند که به لحاظ وجود آب از طریق چند قنات در این قسمت ها در حال حاضر زیر کشت انواع محصولات کشاورزی هستند.

نوع سوم پراکنش و گسترش افقی شهری که در یزد هم اتفاق افتاده است، پراکنش جهشی، جسته و گریخته و یا توسعه تخته شطرنجی (شکوئی، ۱۳۷۳: ۱۰۲) است. که رشد شهر به صورت جسته و گریخته، توسعه تخته شطرنجی و در قطعاتی منفصل از همدیگر صورت می گیرد. چنانکه نقشه های ترسیم شده از تصاویر ماهواره ای نشان می دهد در اولین دوره مورد بررسی شهر یزد دارای سه قطعه (یعنی یک قطعه اصلی و بزرگ و دو قطعه کوچک در کنار آن) که با رنگ زرد در نقشه نمایش داده شده است، تشکیل شده بود اما در دوره های بعد هم تعداد قطعات بیشتر شده، هم میانگین اندازه قطعات کوچکتر می شود و هم فاصله قطعات از هم بیشتر شده است. در دوره دوم مورد بررسی یعنی در سال ۱۳۶۶ تعداد قطعات و لکه های ساخته شده شهر به ۱۵ قطعه جدا افتاده و دور از هم هستند که خود نشان از گسترش بی برنامه و سریع شهر دارد که در نقشه با رنگ قرمز نشان داده شده است. در سومین تصویر ماهواره ای، رشد و گسترش سریع شهر باز هم ادامه می یابد به طوریکه مسیر و سمت توسعه همچنان به سمت جنوب و شمال غرب می باشد. تعداد قطعات تشکیل دهنده شهر باز هم افزایش یافته و به ۲۶ لکه می رسد. در آخرین تصویرماهواره ای که مربوط به آخرین گسترش شهر یزد می گردد رشد لجام گسیخته شهر همچنان ادامه دارد به چنانکه تعداد قطعات و لکه های شهر از ۲۶ قطعه به ۲۸ قطعه افزایش می یابد.

جدول (۲). وسعت شهر یزد، تعداد قطعات شهر، فاصله و مساحت قطعات در دوره های مختلف.

دوره	وسعت شهر	تعداد قطعات	میانگین فاصله قطعات از همدیگر	میانگین فاصله قطعات از قطعه اصلی	مساحت بزرگترین قطعه
۱۳۵۴	۱۸۴۳	۳	۱/۳	۱/۱	۱۵۱۰
۱۳۶۶	۳۱۰۷	۱۵	۳/۶	۲/۹	۲۱۰۹
۱۳۷۹	۷۶۴۷	۲۶	۷/۲	۴/۳	۴۳۱۸
۱۳۸۹	۱۳۳۸۴	۲۸	۹/۱	۶	۹۶۴۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

چنان که یافته های پژوهش نشان داد شهر یزد که در گذشته دارای تراکم بالایی بوده است و محدوده فضایی کوچکی را اشغال کرده بوده است، امروزه به شهری وسیع، کم تراکم و با قطعاتی پراکنده از هم تبدیل شده است که می توان از این پدیده به تغییر در فرم فضایی – مکانی این شهر از شکل فشرده به شکل گسترده و پراکنش افقی سریع نام برد.

نتیجه گیری

با افزایش و رشد جمعیت شهرها، نیاز به رشد و توسعه کالبدی نیز افزایش می یابد و بر مساحت و وسعت شهرها افزوده می گردد. اما شکل و فرم رشد و گسترش شهرها در طول زمان و در بخش های مختلف حاشیه و پیرامون شهر متفاوت می باشد که همین مساله، موضوع فرم فضایی- زمانی شهر را به وجود می آورد. در این مقاله برای بررسی و اندازه گیری فرم فضایی – زمانی شهر یزد، محدوده مورد مطالعه، از تصاویر ماهواره ای مربوط به چهار دوره و از معیارها یا متریک های فضایی و فرمول های مربوطه به آنها استفاده شد. نتیجه حاصله این بود که نقشه های بدست آمده از تصاویر ماهواره ای رشد و گسترش فضایی –زمانی سریع این شهر را نشان می دهد به نحوی که مساحت این شهر در یک دوره ۲۵ ساله نزدیک به ۹ برابر شده است که این میزان رشد، در مقایسه با رشد جمعیت چند برابر بیشتر است. اما معیارهای فضایی بررسی شده در این تحقیق یعنی، پیچیدگی، مرکزیت، فشردگی، تخلخل و تراکم هم این نتیجه را تایید می کردند. بدین معنی که به طور کلی میزان پیچیدگی شکل این شهر در حال حاضر بسیار بیشتر از پیچیدگی آن در دوره های قبل بوده است؛ مرکزیت کاهش یافته است یعنی فاصله قطعات و لکه های ساخته شده شهری از همدیگر بیشتر شده است و اجزاء و بخش های مختلف شهر از همدیگر دور شده اند. فشردگی هم کاهش یافته است بدین معنی که علاوه بر افزایش تعداد قطعات و لکه های ساخته شده شهری و پیچیدگی بیشتر مرزهای شهر، فاصله قطعات از همدیگر و فاصله قطعات از قطعه اصلی نیز بیشتر شده است، میزان تخلخل یا اندازه فضای باز هم بیشتر شده است به عبارتی، فضاهای خالی و بلا استفاده و رها شده زیادی امروزه در بخش های داخلی و درون محدوده قانونی شهر وجود دارد. همچنین میزان تراکم جمعیتی این شهر در چند دوره اخیر به شدت کاهش پیدا کرده است به نحوی که میزان تراکم از ۱۳۱ نفر در هکتار در سال ۱۳۴۵ به حدود ۳۵ نفر در هکتار در سال ۱۳۸۹ رسیده است. همه این شواهد این موضوع است که رشد و گسترش شهر یزد به شکل پراکنش افقی بی رویه و به شدت گسترده در بخش های پیرامونی و حاشیه شهر است که چنانچه برنامه ای برای کنترل مرزهای گسترش این شهر اندیشیده نشود، این شکل و فرم فضایی در سال

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

های آتی هم ادامه خواهد یافت و شکل خطی و جسته و گریخته این شهر را نابسامان تر و خطی تر خواهد کرد که این خود مسائل و مشکلات زیادی برای شهر و شهروندان به همراه خواهد داشت.

منابع و مآخذ

۱. پریور، پرستو، یاوری احمدرضا و احد ستوده (۱۳۸۷). **تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین**، مجله محیط شناسی، شماره ۳۴ (۴۵)، ۷۳-۸۴.

۲. شکوئی، حسین (۱۳۷۳). **دیدگاههای نو در جغرافیای شهری**، انتشارات سمت، تهران.

۳. قربانی، رسول (۱۳۸۴). **تحلیل پراکنش تراکم های جمعیتی شهر تبریز با استفاده از روش حوزه بندی آماری**، مجله پژوهش های جغرافیایی ، سال سی و هفتم ، شماره ۵۴.

۴. مرکز آمار ایران (۱۳۷۵ و ۱۳۸۵). **سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵**.

Barnes, K.B., Morgan, J.M., III, Roberge M.C. and Lowe, S. (2001). ***Sprawl Development: Its Patterns, Consequences, and Measurement***. A white paper, Towson University.

Ewing, R., Pendall, R., Chen, D. (2002). ***Measuring Sprawl and its Impact***. Smart Growth America, Washington, DC.

Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M.R., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J. (2001). ***Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept***. Hous. Pol. Debate 12 (4), 681–717.

Hardin, P.J., Jackson, M.W. and Otterstrom, S.M. (2007). ***Mapping, measuring, and modeling urban growth.*** In: R.R. Jensen, J.D. Gatrell and D. McLean (eds.), Geo-Spatial Technologies in Urban Environments, 2nd ed., Springer, Berlin, 141–176.

Harvey, Robert O., and William A.V., Clark. (1965). ***The Nature and Economics of Sprawl.*** Land Economics 41(1), 109- 117.

Herold, M., Hemphill, J., Dietzel, C. and Clarke, K.C. (2005). ***Remote sensing derived mapping to support urban growth theory***.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]

Proceedings of the ISPRS joint conference 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, USA.

Huang, J., Lu, X.X., and Sellers, J.M. (2007). ***A global comparative analysis of urban form: applying spatial metrics and remote sensing***. Landscape and Urban Planning, 82, 184–197.

Ingram, G. K. (1998). ***Pattern of metropolitan development: what have we learned?*** Urban Studies, Vol 35, No. 7.

Longley, P.A., Mesev, V. (2000). ***On the measurement and generalization of urban form***. Environal Planning. A 32, 473–488.

McGarigal, K., and Marks, B.J. (1995). ***FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure***. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351.

Song, Y., Knaap, G.J. (2004). ***Measuring urban form: is Portland winning the war on sprawl?*** J. Am. Plann. Assoc. 70 (2), 210–225.

Torrens, P.M., Marina, A. (2000). ***Measuring Sprawl***. Centre for Advanced Spatial, London.

Tsai, Y.H. (2005). ***Quantifying Urban Form: Compactness versus 'Sprawl'***. Urban Stud. 42 (1), 141–161.

Wassmer, R.W. (2000). ***Urban Sprawl in a U.S. Metropolitan Area: Ways to Measure and a Comparison of the Sacramento Area to Similar Metropolitan Areas in California and the U.S. Project Paper.*** Access date: 13 February 2005.

Wilson, E.H., Hurd, J.D., Civco, D.L., Prisloe, S. and Arnold, C. (2003). ***Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth***. Remote Sensing of Environment, 86(3), 275–285.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.38.2.2]