Urban Ecological Research *Open Access*

Vol. 16(1), (Series 38): 129-150

DOI: 10.30473/grup.2024.68172.2791

E-ISSN: 2538-3949 P-ISSN: 2538-3930

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of Urban Growth with the Approach of Landscape Ecology, Case Study: Qom City

Ahmad Hatami[1]*, Somia Nowrozi Golekalae[2], Shahrzad Moinirad[3], Hossein Iraji[4]

1. Ph.D. Candidate, Department of Geography and Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Instructor, Department of Architecture and Urban Planning, Skill National University, Tehran, Iran.
3. Ph.D. Candidate, Department of Geography and Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Ph.D. Candidate, Department of Geography and Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran.

Correspondence
Ahmad Hatami
Email: ahmad.hatami@ut.ac.ir

Receive: 10/June/2023
Revise: 06/Mar/2024
Accept: 13/Sep/2024

How to cite
Hatami, A., Nowrozi Golekalae, S., Moinirad, Sh., & Iraji, H. (2024). Evaluation of Urban Growth with the Approach of Landscape Ecology, Case Study: Qom City. *Urban Ecological Research*, 16(1), 129-150.

ABSTRACT

The growth and development of cities is so fast that the evaluation of the physical development process of cities has become one of the most important issues for urban planners. Among the influencing factors on the physical expansion of cities, the frequent change of agricultural land use around cities is due to the increase in urban population. The current research aims to explain the patterns of the space of Qom city in the last 50 years. This research is practical in nature and descriptive-analytical in terms of method and based on remote sensing data. In such a way that first the images of 1972, 1986, 1997, 2008 and 2021 from Landsat 5 and 8 satellites are converted into organic land use maps in four classes using ENVI software and urban monitoring classification methods in M agricultural and TM VOLI sensors. And it melted. In order to analyze the appearance of the land, through the Fragasta software, spatial metrics were extracted (PALAN-PD-NP-LSI-LPI-AWMFD-ENN-MN) and by using Shannon's entropy model, the growth pattern of Qom city in 50 It was last year. Was obtained. The results showed that the main reason for the growth of Qom city was population growth due to migration, which was different in different periods. In this way, the city of Qom has had a significant natural growth between 1950 and 1965. This is despite the fact that in the years 1965 to 1985, with the increase in the urban population, the growth of the city was not accelerated during the period, and it was mostly in the existing empty space and the previous height.

KEYWORDS
Urban Growth, Ecology, Land Scape, Qom City.

© 2024, by the author (s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه علمی

پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری

سال شانزدهم، شماره یک، (پیاپی سی و هشتم)، بهار ۱۴۰۴، (۱۵۰-۱۲۹)

DOI: 10.30473/grup.2024.68172.2791

E-ISSN: 2538-3949 P-ISSN: 2538-3930

«مطالعه پژوهشی»

ارزیابی رشد شهری با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین، مطالعه موردی: شهر قم

احمد حاتمی[1*]، سمیه نوروزی گله‌کلایی[2]، شهرزاد معینی‌راد[3]، حسین ایرجی[4]

۱. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. مربی، گروه معماری و شهرسازی، فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۳

نویسنده مسئول: احمد حاتمی
رایانامه: ahmad.hatami@ut.ac.ir

استناد به این مطالعه:
حاتمی، احمد؛ نوروزی گله‌کلایی، سمیه؛ معینی‌راد، شهرزاد، ایرجی، حسین (۱۴۰۳). ارزیابی رشد شهری با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین، مطالعه موردی: شهر قم. *فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۶(۱)، ۱۵۰-۱۲۹.

چکیده

امروزه رشد و توسعه شهرها آن‌چنان سریع می‌باشد که ارزیابی روند گسترش کالبدی شهرها را به یکی از مهم‌ترین موضوعات برنامه‌ریزان شهری تبدیل کرده است. از جمله عوامل تأثیرگذار بر نحوه گسترش کالبدی شهرها، تغییر مکرر کاربری اراضی کشاورزی اطراف شهرها به‌دنبال افزایش نرخ رشد جمعیت شهری است. پژوهش حاضر تلاشی در جهت تبیین الگویی‌های فضایی شهر قم در ۵۰ سال اخیر است. این پژوهش از نظر ماهیت، کاربردی و از نظر روش، توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر داده‌های سنجش از دور است. به‌گونه‌ای که ابتدا تصاویر سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۶، ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۲۱ از ماهواره لندست ۵ و ۸ در سنجنده‌های MMS و TM و OLI را با استفاده از نرم‌افزار ENVI و روش طبقه‌بندی نظارت شده تبدیل به نقشه‌های کاربری اراضی در چهار کلاس شهری، کشاورزی، کوه و آب گردید. برای تحلیل سیمای سرزمین، از طریق نرم‌افزار Fragastas اقدام به استخراج متریک‌های فضایی (PALAN-PD-NP-LSI-LPI-AWMFD-ENN-MN) شد و با استفاده از مدل آنتروپی شانون، الگوی رشد کالبدی شهر قم در ۵۰ سال اخیر حاصل گردید. نتایج نشان داد که علت اصلی رشد فیزیکی شهر قم، رشد جمعیت بر اثر عامل مهاجرت بوده که در دوره‌های متفاوت الگوهای متفاوتی داشته است. بدین ترتیب شهر قم در حد فاصل سال‌های ۵۰ تا ۶۵ رشد فیزیکی چشمگیری داشته است. این در حالی است که طی سال‌های ۶۵ تا ۸۵ نیز با وجود افزایش جمعیت شهری اما رشد فیزیکی شهر همانند دوره قبلی شتابان نبوده و بیش‌تر در فضاهای خالی موجود و ارتفاعی بوده است.

واژه‌های کلیدی

رشد شهری، بوم‌شناسی، سیمای سرزمین، شهر قم.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۴ ©.
ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
This is an open access article under the CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

شهرنشینی یک فرایند طبیعی- تاریخی برای توسعه تمدن بشری است. شهرنشینی دومین موجی است که بعد از صنعتی شدن جهان را فرا گرفت و از قرن هجدهم به نیروی محرکه مستقیم تحول اقتصاد جهانی و تغییرات محیطی مبدل گردیده است. شهرنشینی هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی و جغرافیایی یک فرایند ناهمگون بوده، به‌طوری‌که افزایش جمعیت شهری ابتدا به‌صورت آرام شروع شده است (Satterthwaite, 2009).

در سال ۱۹۸۵ جمعیت شهری جهان به ۱/۸۵ میلیارد نفر و در سال ۲۰۱۰ به ۳/۴۹ میلیارد نفر رسید. با توجه به روند رو به رشد شهرنشینی انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ میلادی حدود ۷۰ درصد جمعیت جهان (۶/۳ میلیارد نفر) در مناطق شهری ساکن باشند شهرها ممکن است درصد کمی از مساحت جهان را اشغال کنند؛ اما بیش‌تر جمعیت جهان را در خود جای داده و مراکز متمرکز فعالیت هستند. این فعالیت‌ها در نهایت به شکل‌دهی استفاده از زمین در یک منطقه بسیار بزرگ‌تر منجر می‌شوند و بر تصمیم‌های مالکان زمین و تصمیمات سیاستی دولت‌ها در گستره‌های جغرافیایی در حال گسترش تأثیر می‌گذارند (UN-Habitat, 2018).

پیشرفت شهرنشینی، به‌ویژه پس از دهه ۱۹۵۰، با تخریب محیط زیست جهانی، افزایش مصرف منابع طبیعی، از بین رفتن زیستگاه و تغییر اکوسیستم همزمان شده است (Grunewald et al, 2019). شهرنشینی شتابان که توسط توسعه اقتصادی و انفجار جمعیت هدایت می‌شود، منجر به بسیاری از مشکلات اکولوژیکی جهانی شده است. بنابراین جای تعجب نیست که تحلیلگران اغلب شهرها را منشاء بسیاری از مشکلات معرفی می‌کنند (Pickett et al, 2001).

مردم ساکن در شهرها بار سنگین و نامتناسبی را بر اکوسیستم‌های زمین تحمیل می‌کنند؛ زیرا منابع زیادی باید در مناطق شهری متمرکز شوند تا نیازهای روزانه ساکنان را برآورده کنند. بر این اساس ردپای اکولوژیکی یک شهر، منطقه‌ای که برای تأمین منابع و خدمات به شهروندانش از محیط زیست لازم است، بسیار بزرگ‌تر از مساحت خود شهر است (Kroll et al, 2012).

تغییرات کاربری زمین که برای برآوردن نیازهای زیرساختی جمعیت شهری رخ می‌دهد، اغلب منجر به تخریب اکوسیستم و از دست دادن تنوع زیستی می‌شود که می‌تواند با برنامه‌ریزی ضعیف بیش‌تر تشدید شود (Haase et al, 2017). به همان اندازه که شهرنشینی افزایش می‌یابد و شهرها رشد پیدا می‌کنند به همان اندازه نیز از اراضی کشاورزی، جنگل‌ها، تالاب‌ها و ... کم می‌شود (Jantz et al, 2004). تغییرات پوشش زمین یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های بعد انسانی تغییر جهانی است (Turner et al, 1990). تجزیه و تحلیل روند رشد شهری و همچنین اتخاذ برنامه‌های مناسب استفاده پایدار از اراضی اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند. اطلاعات مستمر، تاریخی و دقیق در مورد تغییر پوشش زمین شهری پیش‌نیاز تحلیل بیش‌تر و توسعه پایدار است که بسیار مورد تأکید قرار گرفته است. استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] برای درک بهتر روند رشد شهری و موضوعات اخیر، رشد شهری توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است (Deng et al, 2009).

یکی از کامل‌ترین روش‌ها برای بررسی تغییرات پوشش و کاربری زمین در دوره‌های مختلف استفاده از روش بوم‌شناسی سیمای سرزمین است. در این روش به وضوح می‌توان تغییرات و توالی الگوهای مختلف سیمای سرزمین را تداعی کرد (Turner & Gardner, 2015). این روش‌ها به تصمیم‌گیران اجازه می‌دهند، برای مدیریت محیط شهری دید وسیع‌تری را نسبت به سیستم شهری و مؤلفه‌های آن داشته باشند (منصوریان و همکاران، ۲۰۱۵).

در سال‌های اخیر به سبب دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای و قابلیت بسیار مناسب آن‌ها برای تحلیل فضایی- زمانی رشد شهری، مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور برای تجزیه و تحلیل رفتار فضایی- زمانی رشد شهرها صورت گرفت. از این‌رو هدف اصلی در این پژوهش نیز این است که چگونگی رشد فیزیکی شهر قم در یک دوره ۵۰ ساله مورد ارزیابی قرار گیرد.

شهر قم در مرکز ثقل جغرافیایی کشور ایران واقع شده و در هر دوره به سبب عوامل خاصی یکی از مقصدهای مهم مهاجران بوده است و در دهه چهل به بعد نیز مقصد مهاجران روستایی بوده که اراضی خود را به سبب اصلاحات اراضی از دست داده بودند و در دوره بعد از انقلاب اسلامی مقصد مهاجران خارجی (عراقی و افغانی) و مناطق جنگ‌زده داخلی بوده و در دهه‌های اخیر به سبب نقش فرهنگی و مذهبی و مدارس حوزه علمیه و همچنین نزدیک بودن به پایتخت اداری و سیاسی ایران مورد توجه مهاجران بوده است. بدین سبب ورود خیل عظیم مهاجران به این شهر باعث رشد فیزیکی شهر در برخی از دوره‌ها شده که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

مبانی نظری

چارچوب نظری

شهرنشینی و رشد شهری

شهرنشینی به مفهوم ساده آن بیانگر «حرکت مردم از روستاها به مناطق شهری با رشد جمعیت برابر با مهاجرت شهری» است (United Nations, 2012).

1. Geographic Information System (GIS)

شهرنشینی همچنین یک فرایند اجتماعی است که شامل تغییر رفتار و روابط اجتماعی در نتیجه زندگی مردم در مناطق شهری می‌شود (Bhatta, 2010). اساساً این عامل شامل تغییر پیچیده سبک‌های زندگی است که شهرها بر جامعه دیکته می‌کنند (Bhatta et al., 2010).

امروزه از شهرنشینی به معنای وسیع‌تر آن یاد می‌شود و فراتر از رشد ساده جمعیت شهری است که شامل رشد فیزیکی مناطق شهری و همچنین تغییر در ساختارهای اقتصادی و سیاسی یک منطقه، در نتیجه مهاجرت جمعیت به مناطق شهری است (Cohen, 2004; Deng et al., 2009; Li et al., 2013).

شهرنشینی یک پدیده پیچیده و پویا است که در سراسر جهان اتفاق می‌افتد این روند با سرعت منجر به تغییرات قابل توجهی در پوشش زمین و الگوهای چشم‌انداز می‌شود (Braimoh & Onishi, 2007; Deng et al., 2009).

شهرنشینی گسترده به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه همچنان یکی از موضوعات مهم تغییرات جهانی خواهد بود که بر ابعاد انسانی تأثیر می‌گذارد (Deng et al., 2009). شهرنشینی شتابان موجب گسترش فضایی مناطق ساخته شده است؛ زیرا افراد ساکن مناطق شهری برای تولید کالا و خدمات و مسکن نیازمند زمین هستند و این زمین ناگزیر از تالاب‌ها، زمین‌های کشاورزی، اراضی جنگل‌ها تأمین می‌شود (Dewan & Yamaguchi, 2009). در حالی‌که مناطق شهری در حال حاضر تنها ۳ درصد از زمین را پوشش می‌دهند؛ اما تغییرات حاصل از رشد شهری از انواع مهم‌ترین تغییرات کاربری زمین توسط انسان است و اثرات زیست‌محیطی رشد شهری تا محدوده‌هایی فراتر از مرزهای شهری کشیده شده‌اند (Barron et al., 2013; Yang et al., 2011).

الگوهای رشد شهری

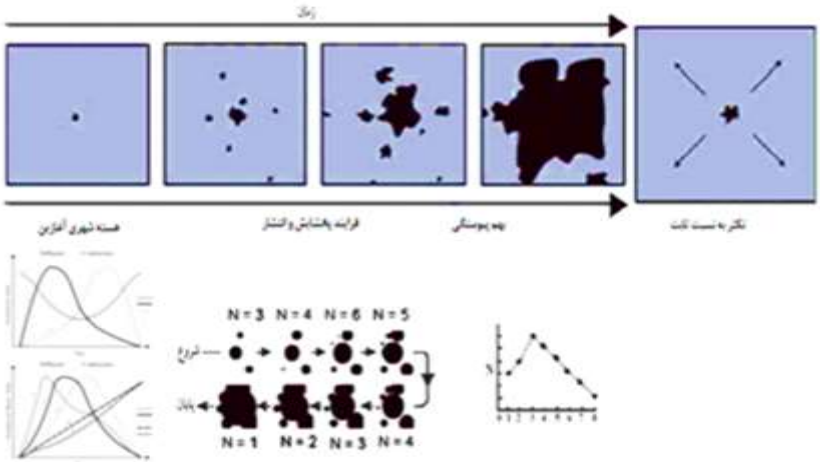
روند رشد شهری را می‌توان به‌عنوان تغییر در منطقه شهری یا سرعت تبدیل زمین غیرشهری به کاربری‌های شهری توصیف کرد (Seto & Fragkias, 2005). ادبیات مربوط به الگوهای رشد شهری بسیار گسترده است، از جمله طیف گسترده‌ای از مطالعات در بسیاری از رشته‌های مختلف، از جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری تا محیط زیست‌منظر یا مدل‌سازی شهری را در بر می‌گیرد. افرادی مانند مورفولوژیست‌های شهری نیز علاقه‌مند به مطالعه ساختار فضایی شهرها و تغییرات آن در طول زمان بوده‌اند. اما به‌طور قطع مطالعات مربوط به ساختار فضایی شهرها و تجزیه و تحلیل الگوهای فضایی آن در طول زمان در حیطه جغرافی‌دانان شهری است (Hasse & Lathrop, 2003; Jantz et al., 2004). مطالعات این پژوهشگران در اواخر دهه ۱۹۵۰ بیانگر پدیده‌ای از گسترش و رشد شهری در ایالات متحده آمریکا بود که از آن به‌عنوان رشد پراکنده شهری[1] یاد می‌کنند.

یونیک و همکاران[2] (۲۰۰۲)، رشد پراکنده شهری را نوعی از رشد شهری تعریف کرد که دارای تراکم مسکونی بسیار پایین است در این نوع رشد شهری، کاربری‌های شهری از هم تفکیک شده‌اند و مناطق تجاری، صنعتی و مسکونی از یکدیگر کاملاً جدا هستند همچنین بارنز[3] و همکاران (۲۰۰۱)، معتقد بودند که رشد پراکنده شهری یک الگوی فضایی خاص است که در آن گسترش نامحدود بیرونی و جهشی، تراکم کم با جدایی کاربری‌ها مدنظر است. در این‌باره باید گفت که هر چند توافق کلی در مورد رشد پراکنده شهری نیست، اما اعتقاد کلی به الگوی فضایی پراکنده، تراکم کم و اثرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی در بین افراد وجود دارد (Aguilera et al., 2011; Hasse & Lathrop, 2003; Yuan et al., 2005) به‌طور کلی باید گفت اثرات منفی رشد پراکنده شهری بر کسی پوشیده نیست و این موضوع باعث گردید، در سال‌های اخیر مشکلات رشد سریع شهری به چالشی برای توسعه پایدار معرفی گردد (McGranahan & Satterthwaite, 2003). این وضعیت باعث شده است، فرم پایدار شهری به موضوعی تبدیل شود که در مرکز توجه‌ها قرار گیرد. در این باره جنسن و همکاران[4] (۲۰۰۹)، بیان کرده‌اند که بین فرم شهری و توسعه پایدار رابطه معناداری وجود دارد. هر چند که اثبات این رابطه کار ساده‌ای نیست. پراکندگی شهرها موجب ناکارآمدی انرژی (Bhatta, 2010)، افزایش زیرساخت‌ها و هزینه‌های خدمات عمومی (Nelson, 1990; Tan et al., 2005; Zhang et al., 2007). تفکیک کاربری‌ها و از بین رفتن زمین‌های کشاورزی می‌شود. بنابراین گسترش فضایی شهر به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های توسعه پایدار و برنامه‌ریزی فضایی در نظر گرفته می‌شود. از این‌رو شهر پایدار باید دارای فرمی متناسب با مقیاس پیاده‌روی، دوچرخه سواری و حمل‌ونقل عمومی کارآمد باشد و همه این ویژگی‌ها در شهری با فرم فشرده گرد هم آمده است (Arbury, 2005). بنابراین ایده شهر فشرده می‌تواند پاسخی به حرکت رو به رشد شهرها به نام پراکندگی باشد. رشد شهری هم به‌عنوان یک الگوی کاربری زمین شهری، یعنی آرایش فضایی یک ناحیه کلان‌شهری در لحظه زمانی و هم به‌عنوان یک فرایند تغییر در ساختار فضایی شهرها در طول زمان در مرکز توجه است. اگر رشد شهری به عنوان یک الگو در نظر گرفته شود، پدیده‌ای ایستا است و اگر به‌عنوان یک فرایند در نظر گرفته شود، پدیده‌ای پویا تلقی می‌شود. برخی از محققان

1. Urban Sprowl
2. Younic
3. Barnez
4. Gensen

رشد شهری را به‌عنوان پدیده‌ای ایستا مدنظر دارند. در حالی‌که برخی دیگر آن را به‌عنوان پدیده‌ای پویا تلقی و تحلیل کرده‌اند.

هرولد و همکارانش (۲۰۰۵)، با استفاده از تصویرسازی مفهومی و کلی شمایی فرضی از فرایند رشد شهری ارائه کرده‌اند. شکل ۱، بر مبنای این چارچوب گسترش شهری از یک هسته یا مرکز قدیمی آغاز می‌شود، رشد می‌کند و به سمت مراکز توسعه منفرد جدید پخش می‌گردد. این فرایند پخش در امتداد خط سیر رشد ارگانیک و توسعه از بیرون استمرار می‌یابد. پس از آن، تغییرات فضایی تکاملی و پیوسته به سمت به هم پیوستگی لکه‌های منفرد شهری حرکت می‌کند. این مرحله انتقالی در اصل شامل توسعه فضاهای باز، بین هسته مرکزی شهر و مراکز پیرامونی است. این الگوی مفهومی رشد ادامه می‌یابد و سیستم به سمت وضعیت اشباع و متراکم شدن پیشروی می‌کند. در شکل ۱، این انباشت نهایی می‌تواند به‌عنوان یک هسته شهری مجدد در محدوده‌ای با وسعت بیش‌تر و با جزئیات کم‌تر در نظر گرفته شود. در اغلب مطالعات سنتی شهری، این افزایش اندازه مقیاس با تغییر دادن گستره فضایی دوایر متحدالمرکز پیرامون هسته مرکزی شهر نمایش داده شده است (کاویانی و همکاران، ۱۳۹۴).



N نمودار پایین سمت راست نشانگر فراوانی انباشت‌ها در مراحل زمانی متوالی است.

شکل ۱. تصویرسازی مفهومی و شمای فرضی از فرایند رشد شهری

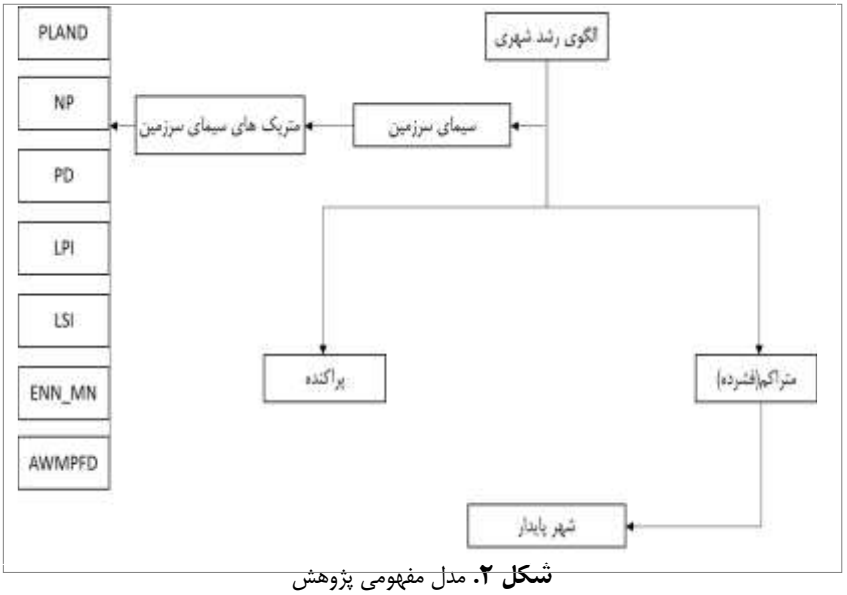
بوم‌شناسی سیمای سرزمین

علم مطالعه الگوهای سیمای سرزمین و ارتباطات متقابل بین اکوسیستم‌ها است و اینکه این الگوها و ارتباطات متقابل چگونه در طی زمان تغییر می‌کنند. این رویکرد از متریک‌های سیمای سرزمین بهره می‌گیرد. متریک‌های سیمای سرزمین از دهه ۱۹۸۰ در محیط زیست برای تعیین کمیت شکل و الگوی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (Aguilera et al, 2011).

متریک‌های سیمای سرزمین شاخص‌هایی هستند که الگوهای کاربری اراضی را در یک منطقه شهری توصیف می‌کنند (Herold et al, 2005). آن‌ها به‌عنوان عبارات ریاضی قادرند ویژگی‌های پوشش مناطق را در قالب لکه‌ها، کریدورها و چشم‌انداز مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند (Huang, 2007). در ۱۵ سال گذشته برای توصیف شکل شهری از متریک‌های سیمای سرزمین بسیار استفاده شده است. روند معمول در این بررسی ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های مختلف است در این باره باید گفت که نقشه‌های پوشش اراضی مستخرج از داده‌های سنجش از دور در سری‌های زمانی به‌طور واضح پویش رشد شهری را نمایش می‌دهند. اما برخی الگوها و ویژگی‌های پنهان به‌وضوح دیده نمی‌شود. متریک‌های سیمای سرزمین، به‌طور قابل اعتمادی الگوهای فرایندهای فضایی- زمانی رشد شهری را به‌صورت کمی ارائه کرده، توصیف و درک ساختار و ریخت‌شناسی نواحی شهری ناهمگن را بهبود بخشیده که پیوندی بین ساختار، الگو، فرایندها و کارکردها در مطالعات بوم‌شناختی شهری فراهم می‌کنند (Herold et al, 2002). این رویکرد در تحلیل‌های خود از ۳ مفهوم کلیدی بهره می‌گیرد و از آنجایی که در این پژوهش نیز از این مفاهیم استفاده شده است، در زیر به اختصار توضیح داده می‌شوند:

- لکه: لکه‌ها عناصر ساختاری سیمای سرزمین هستند.
- لکه‌ها اجزای غیر خطی هستند که از نظر پوشش اراضی با محیط پیرامون خود متفاوت هستند.
- کریدور: کریدورها اجزا خطی و یا نواری باریکی هستند که پیش‌تر پیرامون خود متفاوت هستند و معمولاً لکه‌های مشابه را به هم وصل می‌کنند. به‌عنوان مثال جاده یک کریدور محسوب می‌شود.

- بستر: بستر عنصر غالب سیمای سرزمین است و در عملکرد سیمای سرزمین نقش اساسی دارد. به‌طور کلی مساحت بستر خیلی زیاد است و سایر عناصر سیمای سرزمین همچون لکه و کریدور را احاطه کرده است (Turner & Gardner, 2015).



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش

پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر به سبب دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای و قابلیت بسیار مناسب آن‌ها برای تحلیل فضایی- زمانی رشد شهری مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور برای تجزیه و تحلیل رفتار فضایی- زمانی رشد شهرها صورت گرفت.

نوروزی گله‌کلایی و همکاران (۱۴۰۱)، در پژهشی با عنوان «تحلیل الگوهای رشد فضایی شهر کرمانشاه با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین» الگوهای رشد فضایی شهر کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود دریافتند شهر کرمانشاه در ۲۵ سال اخیر الگوهای رشد متفاوتی را طی کرده است. این الگوها را می‌توان در ۳ دوره دسته‌بندی کرد. دوره اول (سال ۱۳۷۴) به دلیل رشد شتابان شهرنشینی و عدم کفایت الگوهای برنامه‌ریزی شهری، شهر دوره‌ای از رشد پراکنده را در لکه‌های شهری مجزا سپری می‌کند. در دوره دوم (۱۳۸۴) شهر به دلیل کاهش مهاجرت‌ها و توسعه شهر در محدوده لکه‌های موجود دوره‌ای از الگوی فشرده را سپری می‌کند. اما مجدداً در دوره سوم (۱۳۹۹) شهر کرمانشاه به دوره‌ای از الگوی پراکندگی گام نهاده است. به‌گونه‌ای که در تمامی متریک‌های سیمای سرزمین تمایل به الگوی فضایی شهر پراکنده مشاهده می‌شود.

داز و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی به بررسی تحلیل تغییرات کاربری فضای سبز شهری گرگان در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۶ پرداختند. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات طی ۲۷ سال نشان داد که فضای سبز به میزان قابل توجهی علی‌رغم گسترش کالبدی شهر کاهش یافته، به‌طوری‌که از ۱۶/۴۰ کیلومترمربع در سال ۱۳۶۶ به میزان ۹/۸۷ کیلومترمربع در سال ۱۳۹۳ رسیده است.

حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل الگوهای رشد فضایی شهر خرم‌آباد با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین» الگوهای رشد فضایی شهر خرم‌آباد را بررسی کردند. طبق نتایج، شهر خرم‌آباد در ۳۵ سال اخیر الگوهای رشد متفاوتی را طی کرده است این الگوها را می‌توان در ۴ دوره دسته‌بندی کرد: دوره اول (سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵) به دلیل رشد شتابان شهرنشینی و عدم‌کفایت الگوهای برنامه‌ریزی شهری، شهر دوره‌ای از رشد پراکنده را در لکه‌های شهری مجزا سپری می‌کند. در سال (۱۳۸۵) شهر به دلیل کاهش مهاجرت‌ها و توسعه شهر در محدوده لکه‌های موجود دوره‌ای از الگوی فشرده را سپری می‌کند اما مجدداً در سال (۱۳۹۵) شهر خرم‌آباد به دوره‌ای از الگوی پراکندگی گام نهاده است. به‌گونه‌ای که در تمامی متریک‌های سیمای سرزمین تمایل به الگوی فضایی شهر پراکنده مشاهده می‌شود. اما مجدداً در سال ۱۳۹۹ متریک‌های فضایی بیانگر الگوی رشد فشرده و تمایل به توسعه درونی شهر خرم‌آباد را گویا بوده‌اند.

مهیم مهیمی و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی شاخص‌های فضایی -کالبدی در تبیین الگوی پراکنده‌رویی شهری با استفاده از داده‌های سنجش از دور (شهرکرمان)» دریافتند که بیش‌ترین پراکنده‌رویی شهر کرمان

در سال ۱۳۶۳ و کم‌ترین میزان آن در سال ۱۳۹۷ رخ داده است. همچنین از دیگر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه می‌توان به رشد شهری بندرعباس با استفاده از سنجش از دور و GIS طی ۶ دهه گذشته اشاره کرد. این مطالعه نشان می‌دهد شهر بندرعباس از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۲ از ۴۰۳ هکتار به ۴۹۵۹ هکتار رسیده، این میزان تقریباً ۵ برابر رشد جمعیت مشاهده شده بوده است.

منصوریان (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای با عنوان «پویش جمعیتی و الگوهای پوشش زمین در منطقه کلان‌شهری تهران» به بررسی پویش جمعیتی و الگوهای پوشش زمین در منطقه کلان‌شهری تهران پرداخت. نتایج نشان داد که متناسب با پویش فضایی- زمانی جمعیت شهری و تغییرات پوشش زمین، الگوهای فضایی متفاوت شامل الگوی متمرکز و تک‌هسته‌ای، الگوی نیمه‌متمرکز و الگوی منظومه‌ای، مهم‌ترین الگوهای رشد شهری ناشی از تحولات جمعیتی در منطقه کلان‌شهری تهران هستند.

کاویانی و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان «تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین» با استفاده از سیمای سرزمین، الگوی رشد شهر تهران را بررسی کردند. طبق نتایج مطالعه صورت گرفته، فرایند فضایی و زمانی رشد شهر تهران در ۳ مرحله اصلی تشکیل هسته اولیه رشد شهری، بخشایش و همگرایی است.

مولاتو[1] و همکاران (۲۰۲۴)، در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات کاربری زمین و سیمای سرزمین محدوده غربی اتیوپی از طریق تحلیل تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. یافته‌ها براساس تحلیل تغییرات کاربری حاکی از کاهش قابل توجهی از پوشش گیاهی و در مقابل رشد کالبدی سکونتگاه‌ها می‌باشد. براساس یافته‌های حاصل از سیمای سرزمین می‌توان گفت رشد کالبدی محدوده مورد مطالعه اغلب به‌صورت لکه‌ای و پراکنده است.

در مطالعه‌ای دیگر آرثور[2] و همکاران (۲۰۲۲)، ضمن تاکید بر نقش زیرساخت‌های سبز شهری در تنوع‌سازی زیستی و ارائه انواع خدمات شهری به بررسی میزان فضاهای سبز شهر سن خوزه کاستاریکا از طریق تکلیل سیمای سرزمین می‌پرازد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد اغلب فضاهای سبز موجود در شهر سن خوزه به‌صورت لکه‌ای و پراکنده بوده که در تنوع بخشی زیستی و ارائه خدمات شهری نقش ناچیزی داشته است. بنابراین می‌توان گفت الگوی پراکنش فضاهای سبز شهری به‌صورت تکه‌تکه (لکه‌ای) در بهبود کیفیت زیست‌محیطی شهری تأثیری ناچیزی دارد.

یان‌پینگ و ژن[3] (۲۰۱۹)، با مطالعه توسعه شهری با استفاده از تغییرات پویایی فضایی و زمانی در سطح غیر قابل نفوذ در نانجینگ دریافتند که شهر نانجینگ در ۳ دهه گذشته به‌طور چشمگیری رشد کرده و از ۴۲۷/۳۶ کیلومتر مربع به ۱۷۸۰ کیلومتر مربع رسیده است. مرکز ثقل ساخت‌وساز در این شهر به سمت جنوب است و تغییرات آن با تأثیر عوامل توپوگرافی و اقتصادی است.

روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر داده‌های سنجش از دور و تجزیه و تحلیل‌های مکانی در ARC GIS PRO است. در بخش اول برای دست‌یابی به اهداف پژوهش تصاویر ماهواره‌ای دریافت گردید. سپس این تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI مورد پردازش قرار گرفتند. این تصاویر از ماهواره لندست1 سنجنده MSS برای سال ۱۳۵۱ و لندست ۵ و سنجنده TM برای تصاویر سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و سال ۱۳۸۵ و لندست ۸ سنجنده OLI برای سال ۲۰۲۱ استفاده شده است. اطلاعات دقیق در مورد تصاویر سنجش از دور در جدول۱، بیان شده است.

1. Kassahun Mulatu
2. Nils Arthur
3. Yan Ping & Zhen

جدول ۱. مجموعه تصاویر اخذ شده

ماهواره	سنجنده	سال اخذ تصویر	دقت مکانی	سیستم تصویر
لندست ۱	MSS	۱۹۷۲	۳۰ متر	WGS84 UTM Zone ۳۹ N
لندست ۵	TM	۱۹۸۶	۳۰ متر	WGS84 UTM Zone ۳۹ N
لندست ۵	TM	۱۹۹۸	۳۰ متر	WGS84 UTM Zone ۳۹ N
لندست ۸	OLI	۲۰۰۸	۳۰ متر	WGS84 UTM Zone ۳۹ N
لندست ۸	OLI	۲۰۲۱	۳۰ متر	WGS84 UTM Zone ۳۹ N

ماخذ: سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده[۳]

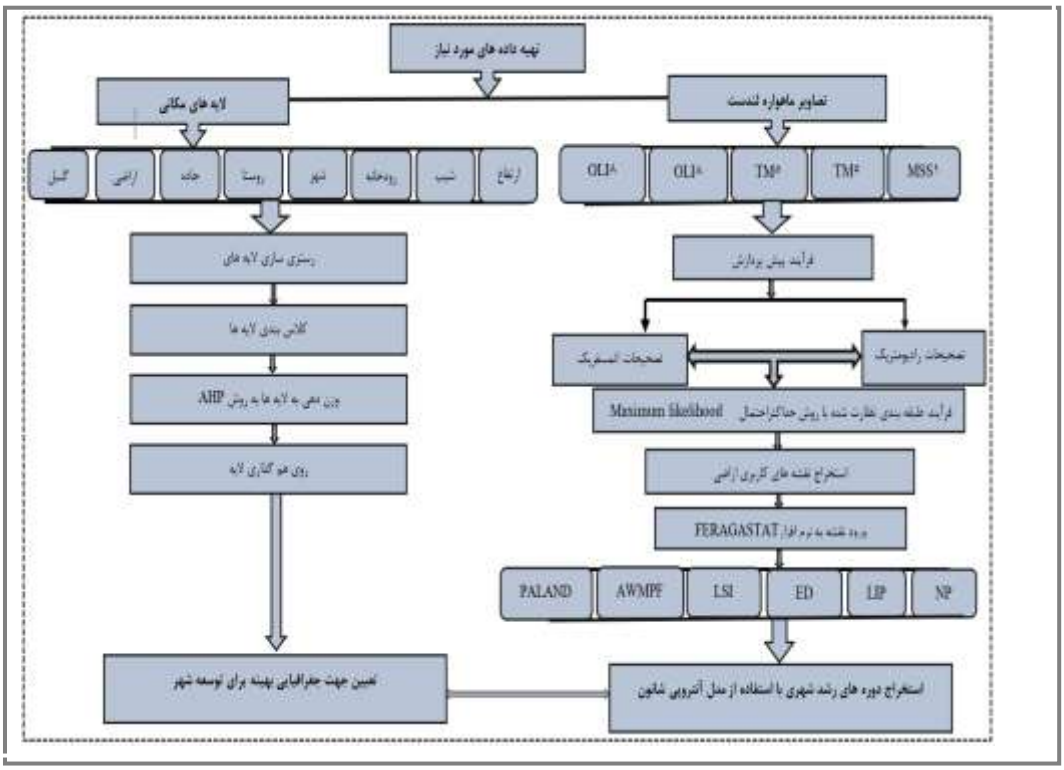
اولین مرحله بعد از دانلود تصاویر، اضافه‌کردن آن‌ها به نرم‌افزار ENVI و انجام تصحیح‌های رادیومتریک و اتمسفریک بوده است. در این پژوهش از طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم بیشینه احتمال در نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. در این روش که از سایر روش‌های موجود برای طبقه‌بندی رایج‌تر است، میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود به بیان دیگر، برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه از ماتریس واریانس و بردار میانگین استفاده می‌شود که خود واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند. با استفاده از عامل شدت احتمال، هر یک از پیکسل‌های تصویر پس از آزمون آماری و محاسبه احتمال تعلق آن‌ها به گروه‌های طیفی نمونه، به گروه مربوطه تعلق می‌گیرد. همچنین باید گفت که طبقه‌بندی انجام گرفته با استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. در این باره از ابزار Confusion Matirx Using Truth Roi در نرم‌افزار ENVI نیز کمک گرفته شد و مقدار ۹۰/۸۷، ۹۰/۷۴، ۹۰/۶۲، ۹۰/۵۰، ۹۰/۶۴ برای سال‌های ۱۹۷۲,۱۹۸۶,۱۹۹۸, ۲۰۰۸,۲۰۲۱,۲۰۲۱ بوده است. این مقدار بیانگر تطابق و دقت بالا در کلاس‌بندی تصاویر و واقعیت است.

در این پژوهش طبقه‌بندی اراضی در ۴ کلاس شهری، کشاورزی، کوه و آب انجام گرفته است. خروجی پردازش‌های صورت گرفته نقشه‌های کاربری اراضی بوده‌اند که رشد شهر قم را در یک دوره ۵۰ ساله نشان دادند. در مرحله بعدی نقشه‌های تولید شده با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS PRO آماده‌سازی گردیدند. تا در مرحله نهایی با استفاده از نرم‌افزار Fragastas مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. در این مرحله نیز از متریک‌های سیمای سرزمین بهره گرفته شد.

جدول ۲. فرمول متریک‌های مورد استفاده در پژوهش

نام متریک	فرمول	توضیح
PLAND	$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^{n} aij}{A}(100)$	این متریک از تقسیم مجموع لکه‌های یک کلاس کاربری خاص بر مساحت کل سیمای سرزمین به‌دست می‌آید
NP	$LSI = \frac{0/25\sum_{k=1}^{m} eik}{\sqrt{A}}$	این متریک تعداد لکه‌های هر کلاس کاربری خاص را در سیمای سرزمین محاسبه می‌کند
PD	$PD = \frac{ni}{A}(10000)(100)$	این متریک برای رشد پیوسته و یا پراکنده شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد
LPI	$LPI = \frac{\max(aij)}{A}(100)$	این متریک از حاصل تقسیم بزرگ‌ترین لکه شهری بر مساحت همه لکه‌های شهری به‌دست می‌آید
LSI	$LSI = \frac{0/25\sum_{k=1}^{m} eik}{\sqrt{A}}$	این شاخص از تقسیم مجموع طول لبه کاربری شهری بر حداقل طول لبه همان کلاس در فشرده‌ترین حالت ممکن به‌دست می‌آید
ENN_MN	$ENN-MN = hij * \frac{\sum_{j=1}^{m} xij}{ni}$	فاصله هر لکه با نزدیک‌ترین لکه از یک کلاس کاربری واحد بر حسب لبه به لبه محاسبه می‌شود هر چه میزان این متریک بیش‌تر باشد بیانگر انزوای لکه است
AWMPFD	$AWMPFD = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{2\ln(0/25pij)}{\ln aij}\right)\left(\frac{aij}{A}\right)\right]$	این متریک بیان می‌کند که لکه‌های شهری به روش نظام‌اند رشد می‌کنند و یا به‌صورت نامنظم و غیراصولی رشد می‌کنند

در مرحله آخر برای تعیین جهت مطلوب رشد و توسعه شهر قم مهم‌ترین عوامل و شاخص‌ها از داخل پژوهش‌های معتبر استخراج شد. این عوامل شامل ارتفاع، شیب، گسل، رودخانه، جاده، روستاها، شهرها و قابلیت اراضی برای کشاورزی بودند که پس از تهیه لایه‌های آن‌ها فرایند تعیین فواصل مناسب و کلاس‌بندی آن‌ها در بستر نرم‌افزار ArcGIS Pro انجام گرفت. سپس وزن آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) محاسبه گردید تا در نهایت با روی هم‌گذاری این لایه‌ها جهت‌های مناسب برای توسعه شهر قم نمایان گردد.



شکل۳. فرایند کلی پژوهش

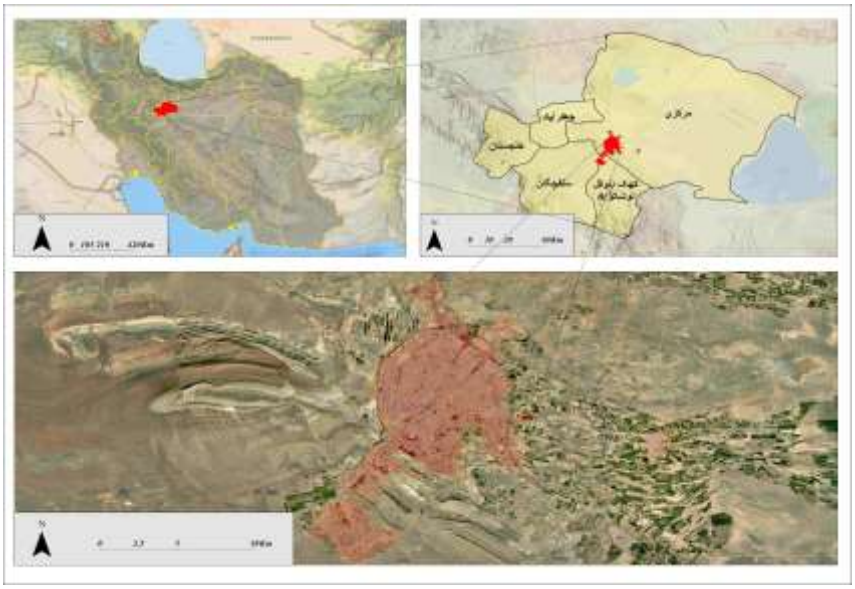
محدوده مورد مطالعه

شهر قم در مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۴ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۲ دقیقه و ۵۱ ثانیه طول شرقی در مرکز ثقل جغرافیایی ایران قرار گرفته است.

از نظر تاریخی شهر قم قبل از ورود اسلام به این خطه نیز وجود داشته است و این محل و بناهای آن متعلق به زرتشتیان بوده است. به‌طور کلی بنای اولیه شهر قم به عواملی همچون وجود اراضی حاصلخیز، منابع آب‌های سطحی (رودخانه قمرود) منابع آب زیرزمینی و چندین حصار و مزرعه و روستا نقش قابل توجهی داشته است و بعدها دو عامل مهم دیگر یعنی وجود مرقد مطهر حضرت معصومه (ع) و عبور مهم‌ترین محورهای مواصلاتی زمینی کشور (راه و راه‌آهن) که پایتخت را از قم به جنوب و جنوب‌غرب متصل می‌نماید، بر سرعت و توسعه کالبدی و رشد فیزیکی شهر قم تأثیر به‌سزایی داشته است. در سال‌های اخیر عوامل بسیاری در رشد و توسعه فیزیکی شهر قم اثرات چشمگیری داشته است که از آن جمله می‌توان به وقوع انقلاب اسلامی، اخراج عراقی‌های ایرانی‌الاصل از عراق و وقوع جنگ تحمیلی عراق علیه ایران موجب تشدید مهاجرت‌های داخلی و خارجی به شهر قم گردید و به تبع آن فضاهای شهری جدید همچون شهرک‌های یزدانشهر، صفاشهر، امام‌حسن، امام‌خمینی و شهر قائم در این مرحله به وجود آمدند. همچنین نزدیکی شهر قم به مرکز اداری و سیاسی کشور و وجود امکانات نسبی در آن از جمله عوامل مؤثر در جذب مهاجران و تبع رشد و توسعه فیزیکی شهر بوده است. در ادامه نیز وجود نقش فرهنگی شهر و وجود مدارس علوم دینی در آن همچنان انگیزه مهاجرت را برای این شهر حفظ کرده است و تبع آن شاهد رشد و پراکنش شهر به‌صورت افقی و عمودی بوده‌ایم. نمونه بارز این رشد و توسعه فیزیکی شهرک‌های جدید ساخت همچون مهدیه، قدس، فرهنگیان و پردیسان در جنوب شهر قم می‌باشد (مهندسان مشاورشرق آینده، ۱۳۹۳).

جدول ۳. محاسبه نرخ رشد جمعیت و مساحت شهر قم

سال	جمعیت (نفر)	نرخ رشد (درصد)	مساحت (هکتار)	نرخ رشد (درصد)
۱۳۵۵	۲۴۷۲۱۹	–	۹۳۰	–
۱۳۶۵	۶۱۶۹۶۳	۹/۵	۴۴۰۷	۱۶/۸
۱۳۷۵	۷۷۷۶۷۷	۲/۳	۶۰۰۰	۳/۱
۱۳۸۵	۹۵۹۱۱۶	۲/۱	۶۶۳۵	۱/۰۱
۱۳۹۵	۱۱۱۲۱۵۸	۱/۴	۱۰۵۲۳	۴/۷



شکل ۴. نقشه موقعیت جغرافیایی استان و شهر قم

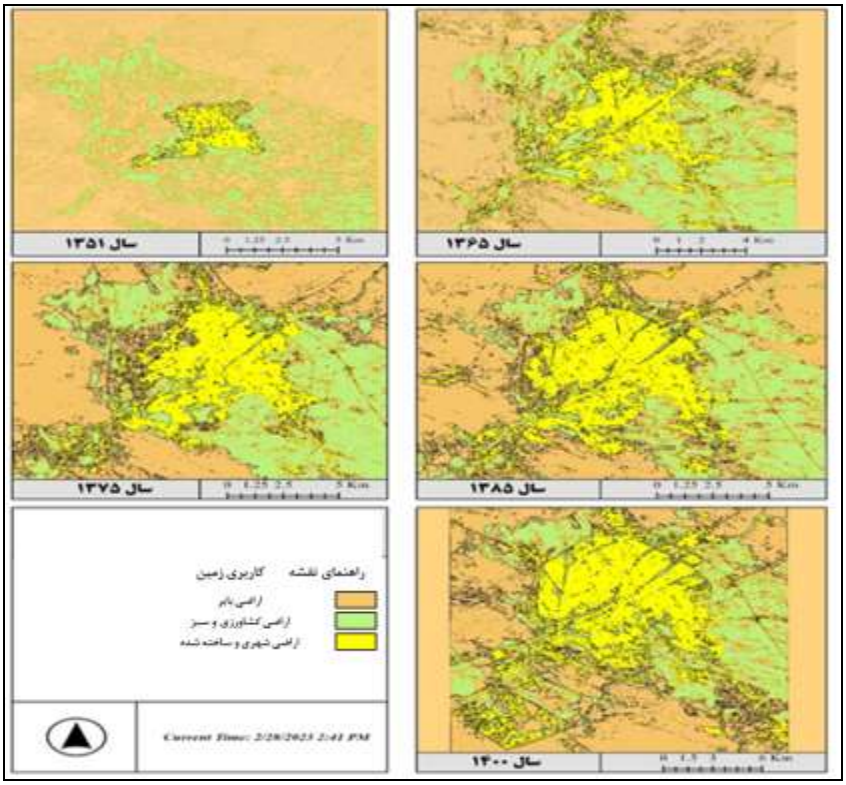
یافته‌ها

اولین متریک مورد بررسی در این پژوهش متریک درصد اراضی شهری از کل سیمای سرزمین (PALND) است. جدول۵، بیانگر اطلاعات به‌دست آمده برای درصد سیمای سرزمین در شهر قم است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۵۱ میزان درصد کلاس کاربری شهری برابر ۱۲/۱۸ درصد از کل سیمای سرزمین بوده که با گذشت زمان و ادامه روند شهرنشینی در سال ۱۳۶۵ با افزایش بیش از ۳ برابری به ۴۲/۴۹ درصد از کل سیمای سرزمین رسیده است. در بازه زمانی سال ۵۱ تا ۶۵ رشد جمعیت شهری در شهر قم ۷/۷ درصد بوده که این رشد جمعیت شهری شتابان خود را در کالبد و رشد فضایی شهر نشان داده است.

در ادامه روند شهرنشینی و دهه بعدی (۱۳۷۵) درصد اراضی شهری با حدود ۱۴ درصد افزایش به ۵۵/۴ درصد از کل اراضی رسیده که به‌تبع کاهش رشد شهرنشینی در این دهه نسبت به دهه قبلی از رشد فیزیکی شهری نیز کاسته شده است. در سال ۱۳۸۵ رشد فیزیکی شهر قم به حداقل رسیده و تغییرات چندانی نسبت به دوره قبلی نمایان نیست. طبق نتایج به‌دست آمده درصد اراضی شهر در سال ۱۳۸۵ با حدود ۲ درصد افزایش نسبت به دوره قبلی به ۵۷/۶ رسیده و در دوره آخر یعنی سال ۱۴۰۰ درصد اراضی شهری به ۶۸/۲۳ درصد از کل سیمای سرزمین رسیده است. به‌طور کلی اطلاعات حاصل شده از از متریک (PALND) بیانگر رشد فیزیکی شهر قم در یک دوره ۴۵ ساله است که به فراخور وضعیت مهاجرت‌های شهری و شهرنشینی شتابان در برخی دوره‌ها با افزایش شدید همراه بوده است. بالاترین میزان افزایش رشد فیزیکی شهر قم در بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۷۵ بوده که شهر در تمامی جهات جغرافیایی گسترش پیدا کرد. تغییرات کلی درصد اراضی شهری در یک دوره ۴۵ ساله حدود ۵۶ درصد افزایش فیزیکی شهر قم را نشان می‌دهد.

جدول ۴. اطلاعات به دست آمده از متریک (PALND) در شهر قم

نوع اراضی	درصد اراضی ۱۳۵۱	درصد اراضی ۱۳۶۵	درصد اراضی ۱۳۷۵	درصد اراضی ۱۳۸۵	درصد اراضی ۱۴۰۰	یرات اول و آخر دوره
شهری	۱۲/۱۸	۴۲/۴۹	۵۵/۴۲	۵۷/۶۰	۶۸/۲۳	۵۶
کشاورزی	۴۹/۱۶	۳۷/۷۰	۲۳/۶۴	۲۱/۰۳	۲۳/۴	-۱۷/۹۴
بایر	۳۸/۷۰	۱۲/۷	۱۳/۹۵	۱۲/۳۶	۸/۳۱	-۱/۲۵
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-



شکل ۵. نقشه‌های کاربری اراضی شهر قم (سال‌های ۱۳۵۱,۱۳۶۵,۱۳۷۵, ۱۳۸۵,۱۴۰۰)

در این بخش برای بررسی چگونگی رشد فیزیکی شهر قم از منظر فشردگی، پراکندگی، نظم و پیچیدگی از متریک‌های ENN_MN[1], NP[2], PD[3], LPI[4], LSI[5], AWMPFD[6] در بستر نرم‌افزار Fragastas استفاده شده است. برای نیل به این هدف ابتدا کلاس کاربری شهری که در فرایند سنجش از دوری استخراج شده بود، از ماتریس کلی سیمای سرزمین بریده شده است و وارد نرم‌افزار شده است.

اولین متریک مورد بررسی در این بخش متریک NP می‌باشد. این متریک برای بررسی تعداد لکه‌های شهری به‌کار می‌رود مطابق نتایج به‌دست آمده برای این متریک در جدول ۵، در سال ۱۳۵۱ شهر قم دارای ۲۷ لکه شهری بوده است. در سال ۱۳۶۵ این میزان به ۴۶۵ لکه شهری رسیده است. این وضعیت بیانگر رشد فیزیکی پراکنده و شتابان شهری در شهر قم بوده است. در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ به ترتیب تعداد لکه‌های شهری به ۴۳۹ و ۳۹۴ لکه شهری کاهش یافته است. در این سال ها رشد شهری به‌صورت دورن‌زا و در محدوده لکه‌های موجود بوده است. به‌گونه‌ای که با ساخت‌وساز در محدوده لکه‌های موجود موجب اتصال و پیوست آنها به یکدیگر و کاهش تعداد لکه‌های شهری جدا از هم شده است. اما مجددا در سال ۱۴۰۰ تعداد لکه‌های شهری به ۵۸۹ لکه رسیده است این وضعیت بیانگر رشد فیزیکی پراکنده شهر قم در این دوره بوده است.

متریک مورد بررسی دیگر در این پژوهش متریک تراکم لکه‌های شهری[7] می‌باشد این متریک برای رشد پیوسته و یا

1. Euclidean Nearest-Neighbor Distance
2. Number Patch
3. Patch Density
4. Largest Patch Index
5. Landscape Shape Index
6. Area-Weighted Mean Patch Fractal Dimension
7. Petches (PD)

پراکنده شهری به‌کار گرفته می‌شود. طبق نتایج به‌دست آمده در سال ۱۳۵۱ مقدار این متریک ۲/۹۰ بوده است که حکایت از رشد متراکم شهر در این دوره دارد اما در سال ۱۳۶۵ و با افزایش شتابان جمعیت شهر و رشد فیزیکی آن مقدار تراکم لکه‌های شهری به ۱۰/۶ رسیده است. اما با ورود به سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ با اتصال و پیوستگی لکه‌های موجود از تراکم آن‌ها کاسته شده و به ترتیب به ۷/۱۳ و ۶/۱۱ رسیده است این میزان همچنان در سال ۱۴۰۰ نیز با کاهش همراه بوده است و به ۵/۶ کاهش یافته است. بنابراین به‌طور کلی شهر قم در دوره ۵۱ تا ۶۵ یک دوره رشد پراکنده و افسارگسیخته را پشت سر گذاشته است؛ اما در دوره بعدی رشد فیزیکی شهر بیش‌تر میان‌افزا بوده و کم‌تر پیرامونی بوده است.

از دیگر متریک‌های مورد بررسی در این پژوهش متریک بزرگ‌ترین لکه[1] است. طبق نتایج به‌دست آمده برای این متریک شهر قم در سال ۱۳۵۱ با مقدار ۹۲/۳ در بالاترین میزان بوده در این سال هنوز رشد شتابان شهرنشینی و توسعه افسارگسیخته شهر قم اتفاق نیافتاده است. اما با ورود به سال ۱۳۶۵ این متریک به پایین‌ترین میزان یعنی عدد ۶۹/۸ رسیده است. این وضعیت بیانگر وجود لکه‌های شهری پراکنده و جدا از هم می‌باشد؛ اما مجدداً در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ با رشد و توسعه میان‌افزا در شهر قم مقدار بزرگ‌ترین لکه افزایش یافته و به عدد ۸۲ و ۸۴ رسیده است. اما مجدداً در سال ۱۴۰۰ مقدار بزرگ‌ترین لکه کاهش یافته و به عدد ۷۲/۸ رسیده این وضعیت بیانگر توسعه مجزا در این سال‌ها بوده است.

از دیگر متریک‌های مورد بررسی در این پژوهش متریک لبه‌های کاربری شهری[2] در این متریک طول لبه‌های کاربری شهری در کل سیمای سرزمین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در دوره اول مورد بررسی (سال۱۳۵۱) میزان این متریک در شهر قم برابر ۱۰/۵۸ بوده که این دوره به دلیل فشرده و کوچک بودن شهر قم پایین ترین مقدار این متریک بوده است. در دوره دوم (۱۳۶۵) با افزایش جمعیت‌پذیری شهر قم و رشد پراکنده شهر در جهات مختلف، این متریک با جهش زیادی به عدد ۲۶/۵۱ می‌رسد. در دوره ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ به دلیل تمایل شهر قم به رشد فشرده این متریک با کاهش روبه‌رو است و به ترتیب عدد ۲۴/۰۱ و ۲۱/۹۱ را برای این سال‌ها نشان می‌دهد و اما مجدداً در دوره آخر یعنی سال ۱۴۰۰ به دلیل رشد پراکنده شهر به عدد ۲۶/۵۷ می‌رسد. اضافه شدن شهرک‌های مهدیه و پردیسان در این دوره به محدوده شهر قم را می‌توان از دلایل اصلی این افزایش دانست.

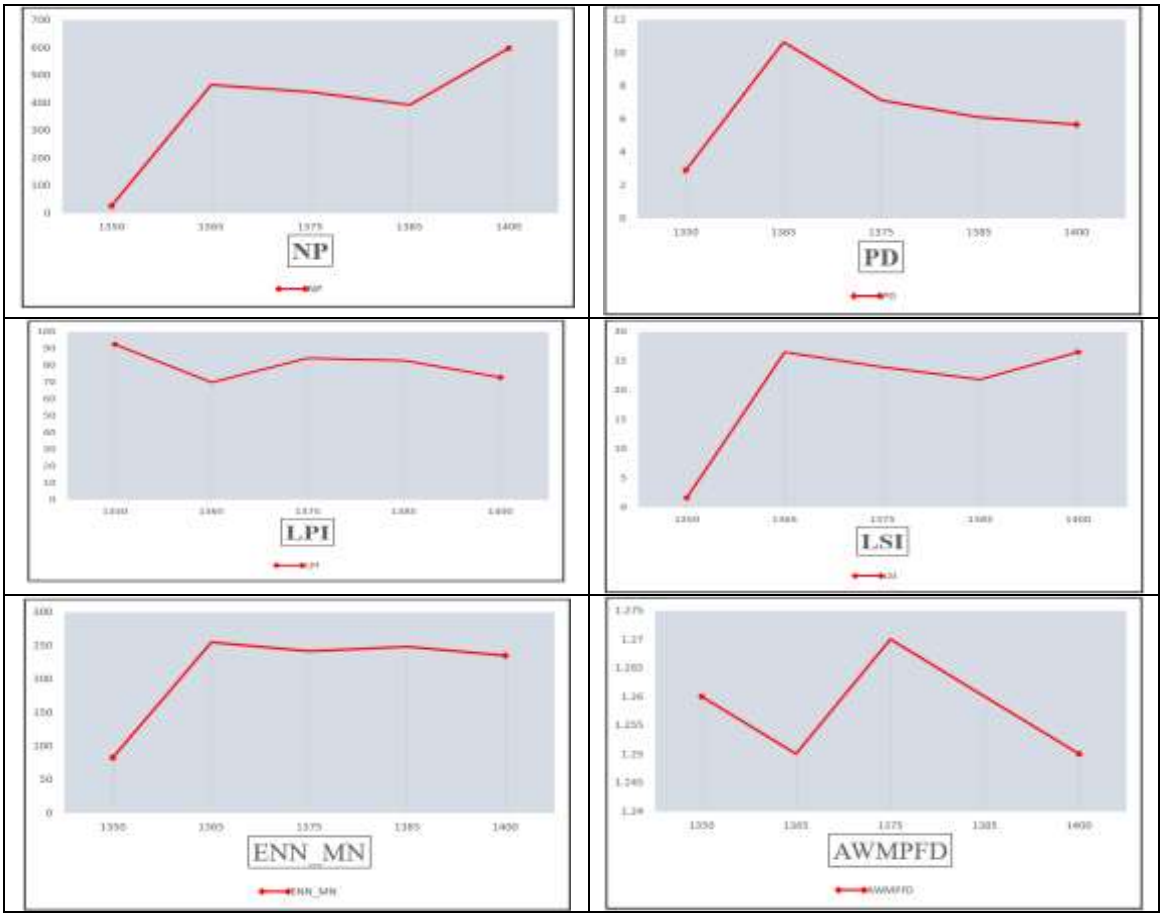
متریک بعدی مورد بررسی متریک میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک ترین همسایه[3] می‌باشد این متریک به بررسی میانگین حداقل فاصله میان لکه‌های یک کلاس کاربری خاص می‌پردازد در این باره شهر قم در دوره اول (۱۳۵۱) با میزان ۸۳/۲۱ پایین‌ترین میزان این متریک را داشته است. زیرا شهر به‌صورت یک هسته فشرده و نزدیک به هم بوده؛ اما در دوره دوم (۱۳۶۵) شهر با رشد پراکنده خود در جهات مختلف باعث فاصله گرفتن لکه‌های شهری از همدیگر می‌شود. در این سال میزان متریک مذکور با افزایش قابل توجهی به عدد ۲۵۵/۵ می‌رسد با عبور به سال ۱۳۷۵ و تمایل شهر قم به توسعه میان‌افزا از میزان این متریک کاسته می‌شود و به دلیل نزدیک‌تر شدن پچ‌های شهری به هم این میزان به عدد ۲۴۱/۴ می‌رسد؛ اما در سال ۱۳۸۵ به دلیل رشد پراکنده شهر در قسمت جنوب این میزان با افزایش همراه بوده و به عدد ۲۴۸/۸ رسیده است و در دوره آخر با رشد لکه‌های جدید شهری در قسمت جنوب شهری (مهدیه و پردیسان) و کم شدن فاصله شهر قم با آن‌ها میزان این متریک به ۲۳۵/۰۱ رسیده است.

آخرین متریک مورد بررسی در این پژوهش متریک میانگین وزنی بعد فراکتال است که به بررسی میزان نامنظم بودن و یا پیچیدگی یک کلاس کاربری خاص در سیمای سرزمین می‌پردازد. در این باره میزان این متریک در شهر قم در دوره اول (۱۳۵۱) برابر ۱/۴۱ بوده است. در این دوره شهر قم به دلیل جمع و جور بودن پایین‌ترین میزان این متریک را داشته است در دوره دوم ۱۳۶۵ به دلیل رشد پراکنده و نامنظم شهر شکل پیچیده‌تری به خود گرفته و میزان متریک بعد فراکتال به عدد ۱/۵۹ می‌رسد. در دوره ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ شکل شهر قم تمایل به نظم را نشان می‌دهد و میزان این متریک به ترتیب از ۱/۵۸ به ۱/۵۳ رسیده است و در دوره آخر ۱۴۰۰ نیز میزان متریک با میزان ۱/۵۴ تمایل به افزایش پیچیدگی را نشان داده است.

1. LPI
2. LSI
3. ENN_MN

جدول ۵. مقادیر به دست آمده در دوره‌های متفاوت رشد شهرقم

نوع متریک	سال۱۳۵۱	سال۱۳۶۵	سال ۱۳۷۵	سال ۱۳۸۵	سال ۱۴۰۰
تعداد لکه‌های شهری	۲۷	۴۶۵	۴۳۹	۳۹۴	۵۹۸
تراکم لکه‌های شهری	۲/۹	۶۵/۱۰	۱۳/۷	۱۱/۶	۶۷/۵
شاخص بزرگ‌ترین لکه	۹۲/۳۴	۸۵/۶۹	۲۶/۸۴	۹۲/۸۲	۸۳/۷۲
شاخص شکل منظر	۱۰/۵۸	۵۱/۲۶	۲۴/۰۱	۹۱/۲۱	۵۷/۲۶
متریک فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه	۸۳/۲۱	۲/۲۵۵	۴/۲۴۱	۸/۲۴۸	۱/۲۳۵
میانگین وزنی بعد فراکتال	۱/۳۶	۲۵/۱	۲۷/۱	۲۶/۱	۲۵/۱



شکل ۶. نمودار متریک‌های فضایی مورد بررسی در پژوهش

بررسی وضعیت دوره‌ای رشد فیزیکی شهر قم

برای بررسی کلی چگونگی رشد فیزیکی شهر قم در ۵۰ سال اخیر از مدل آنتروپی شانون استفاده شده است. در این باره ابتدا مقادیر هر متریک به‌دست آمده و سپس به یک ماتریس بی‌مقیاس تبدیل شده تا مقایسه متریک‌ها برای ما امکان‌پذیر شود. سپس اوزان هر متریک محاسبه شد و در متریک‌ها ضرب گردید و نتایج حاصله برای هر مقطع زمانی با یکدیگر جمع شده است. همان‌طور که در جدول ۶ نمایان است. در دوره اول یعنی سال ۱۳۵۱ شهر قم با وزن کلی ۰/۰۲۵۲ پایین‌ترین میزان را داشته است.

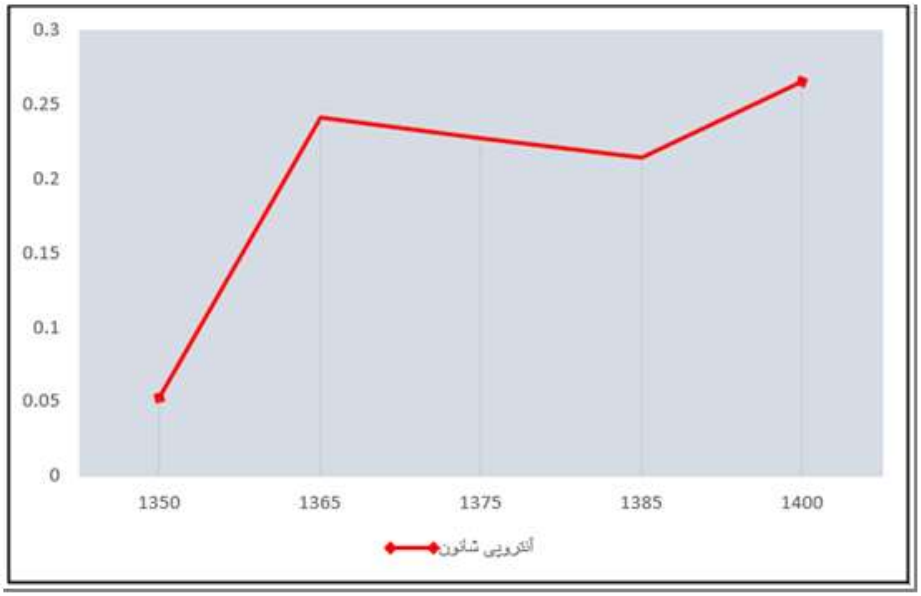
طبق نقشه‌های به دست آمده در این دوره شهر قم حدود ۹۳۰ هکتار وسعت داشته و شهر به‌صورت متمرکز بوده و پراکندگی کم‌تری داشته است. در دوره دوم یعنی سال ۱۳۶۵ مساحت شهر با روندی شتابان به حدود ۴۴۰۷ هکتار می‌رسد. در این دوره تمامی متریک‌های سیمای سرزمین تمایل به پراکنده‌رویی شهر را نشان می‌دهند. به‌طور کلی وزن به‌دست آمده برای این سال ۰/۲۴۱ بود. در دوره سوم سال ۱۳۷۵ مساحت شهر به حدود ۶۰۰۰ هکتار می‌رسد، در این دوره از شدت شتاب متریک‌های سیمای سرزمین کاسته شده و شهر بیش‌تر در محدوده موجود تکوین یافته است. وزن کلی در این دوره ۰/۲۲۷ بوده که نسبت به دوره قبل با کاهش همراه بود. دوره چهارم سال ۱۳۸۵ نیز همانند دوره قبل شهر رشد فیزیکی کمی داشته و

مساحت شهر با حدود ۶۳۵ هکتار افزایش به حدود ۶۶۳۵ هکتار رسیده است. در این دوره نیز تمامی متریک‌های سیمای سرزمین مقدار پایینی داشته‌اند که حاکی از رشد فیزیکی شهر در محدوده موجود بوده که در این دوره وزن کلی ۰/۲۱۴ است که نسبت به دوره قبلی با کاهش همراه بود.

در دوره آخر یعنی سال ۱۴۰۰ مساحت شهر با افزایش چشمگیری به حدود ۱۰۵۲۳ هکتار رسیده و تمامی متریک‌های سیمای سرزمین در این دوره گویای رشد فیزیکی پراکنده شهر هستند. وزن کلی در این دوره ۰/۲۶۵ بوده که بالاترین میزان وزن در بین کل دوره‌های مورد بررسی بوده است. به وجود آمدن شهرک‌های جنوبی شهر قم از جمله شهرک پردیسان و مهدیه در این دوره مؤثر بوده است.

جدول ۶. وزن‌های محاسبه شده برای پراکنده رویی شهر قم با استفاده از آنتروپی شانون

سال	شاخص‌ها							وزن کلی
	PALAND	LIP	LSI	ENN-MN	AWMPFD	NP	PD	
۱۳۵۱	۰/۱۱۶	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۹۷	۷/۵۹۰۰	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۵۴	۰/۰۵۲۵
۱۳۶۵	۰/۰۴۰۳	۰/۰۰۱۹	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲۹۶	۷/۵۳۰۰	۰/۰۹۳۸	۰/۰۹۳۸	۰/۲۴۱۱
۱۳۷۵	۰/۰۵۲۶	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۲۸۰	۷/۶۵۰۰	۰/۰۸۸۶	۰/۰۸۸۶	۰/۲۲۷۲
۱۳۸۵	۰/۰۵۶۴	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۸۹	۷/۵۹۰۰	۰/۰۷۹۵	۰/۰۷۹۵	۰/۲۱۴۱
۱۴۰۰	۰/۰۶۴۷	۰/۰۰۲۰	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲۷۳	۷/۵۳۰۰	۰/۱۲۰۷	۰/۱۲۰۷	۰/۲۶۵۱



شکل ۷. رشد فضایی قم در دوره‌های مختلف

تعیین جهت مناسب توسعه شهر قم

در این بخش برای تشخیص جهت جغرافیایی مناسب توسعه شهر قم از تکنیک مکان‌یابی در بستر نرم‌افزار ArcGIS Pro استفاده گردید. برای نیل به این امر ابتدا نقشه‌های پایه شامل نقشه فاصله از گسل، رودخانه، شیب، ارتفاع، اراضی کشاورزی، فاصله از روستاها، فاصله از شهرها و جاده‌ها که از مهم‌ترین و پایه‌ای‌ترین عوامل در مبحث توسعه شهری هستند تهیه گردید. در این خصوص پس تهیه لایه‌های موردنیاز فرایند رستری‌سازی آن‌ها صورت گرفت سپس اقدام به کلاس‌بندی آن‌ها گردید که در این بخش به چگونگی انجام این فرایند پرداخته می‌شود.

ارتفاع: لایه ارتفاعی در این پژوهش با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاعی[1] به‌دست آمده است. میزان این عامل در محدوده شهر قم از ۸۴۸ متر تا ۱۵۹۱ متر از سطح آب‌های آزاد است. در این پژوهش برای این عامل از کلاس‌بندی معکوس استفاده شده است. یعنی هر چه ارتفاع کم‌تر باشد، وزن بیش‌تری به آن اختصاص داده می‌شود و بالعکس اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

1. Digital Elevation Model

شیب: لایه شیب در این پژوهش یک لایه با فرمت رستری است که از لایه رقومی ارتفاعی منطقه به‌دست آمده است. میزان شیب در محدوده شهر قم از ۰ تا ۴۲ درصد بوده که در این پژوهش برای این عامل از کلاس‌بندی معکوس استفاده شده است. یعنی هر چه شیب زمین کم‌تر باشد، وزن بیش‌تری به خود گرفته است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

فاصله از رودخانه: لایه مورد استفاده برای رودخانه در این پژوهش یک لایه وکتوری است که نمایانگر خطوط آبراهه‌ای در محدوده شهر قم بوده است. این لایه پس از رسترسازی کلاس‌بندی شده است. در این کلاس‌بندی سعی شده ابتدا یک حریم ۵۰۰ متر با کم‌ترین میزان وزن برای رودخانه در نظر گرفته شود و سپس فاصله ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری به دلیل برخورداری از آب و هوای مطبوع اطراف رودخانه و چشم‌انداز آن بالاترین میزان وزن به آن اختصاص داده شده است و در ادامه به‌موازات فاصله گرفتن از رودخانه از میزان وزن آن کاسته شده است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

فاصله از جاده: لایه مورد استفاده برای جاده در این پژوهش یک لایه وکتوری بوده است که نمایانگر خطوط جاده‌ای در محدوده شهر قم بوده است. این لایه پس از رسترسازی کلاس‌بندی شده است. در این کلاس‌بندی سعی شده ابتدا یک حریم ۱۰۰ متری با کم‌ترین میزان وزن برای جاده در نظر گرفته شود و سپس فاصله ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متری به دلیل دسترسی مناسب زیرساخت‌های موجود حمل و نقلی بالاترین میزان وزن به آن اختصاص داده شده و در ادامه به‌موازات فاصله گرفتن از خطوط حمل‌ونقلی از میزان وزن آن کاسته شده است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

فاصله از گسل: لایه مورد استفاده برای گسل در این پژوهش یک لایه وکتوری بوده است که نمایانگر خطوط گسل در محدوده شهر قم بوده. این لایه پس از رسترسازی کلاس‌بندی شده است. برای این عامل از کلاس‌بندی مستقیم استفاده شده است. یعنی هر چه از مرکز گسل دور شویم وزن بیش‌تری اختصاص داده شده است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

فاصله از محدوده شهر: لایه مورد استفاده برای محدوده شهر قم یک لایه وکتوری بوده که بیانگر آخرین مرحله توسعه شهر قم است. این لایه پس از رستری‌سازی کلاس‌بندی شده است. برای این عامل از کلاس‌بندی مستقیم استفاده گردید. یعنی هر چه مکان توسعه نزدیک‌تر به محدوده فعلی شهر قم باشد، وزن بیش‌تری دریافت کرده است اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

فاصله از نقاط روستایی: لایه مورد استفاده برای توزیع فضایی نقاط روستایی موجود در اطراف شهر قم یک لایه وکتوری نقطه‌ای بوده که پس از رستری‌سازی به‌صورت مستقیم کلاس‌بندی گردید. بدین صورت که هر چه از نقاط روستایی فاصله بگیریم بر میزان وزن افزوده شده است. علت این امر جلوگیری از تداخل این روستاها در توسعه شهری است. در سال‌های اخیر روستاهای زیادی در رشد فیزیکی شهر قم داخل شدند که نمونه آخر آن روستای قلعه صدری[1] در غرب شهر قم است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

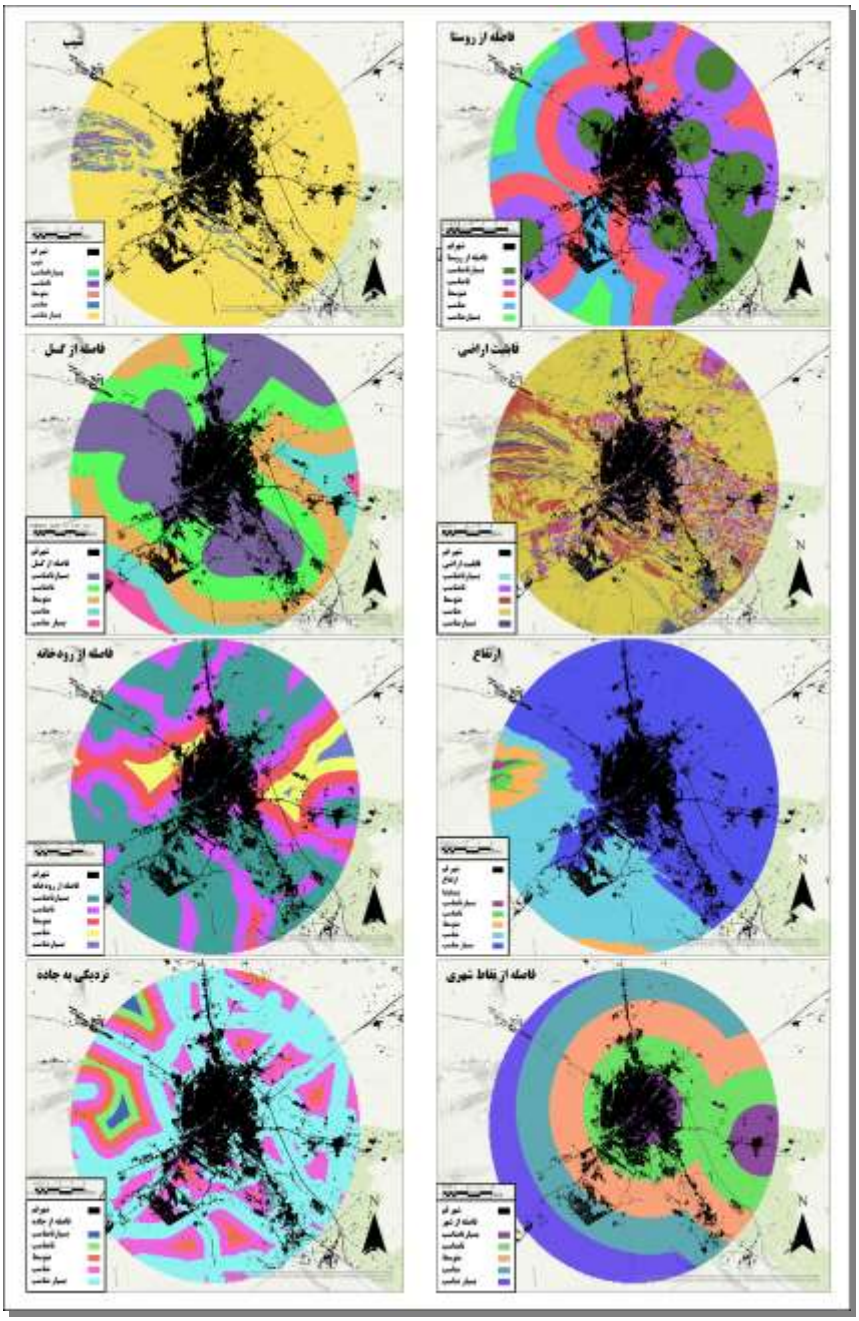
قابلیت اراضی: لایه مورد استفاده برای بررسی قابلیت اراضی در این پژوهش لایه رستری مدل نرمال شده پوشش گیاهی بوده که از تصاویر ماهواره لندست ۸ برای محدوده شهر قم ساخته شده است. طریقه کلاس‌بندی برای این عامل روش وزن‌دهی معکوس بوده بدین‌گونه که هر جا شاخص پوشش گیاهی بالاتر بوده، وزن کم‌تری دریافت کرده است و اراضی لخت و بایر وزن بالاتری دریافت کرده است. اطلاعات تکمیلی این فرایند در جدول ۷، آمده است.

---

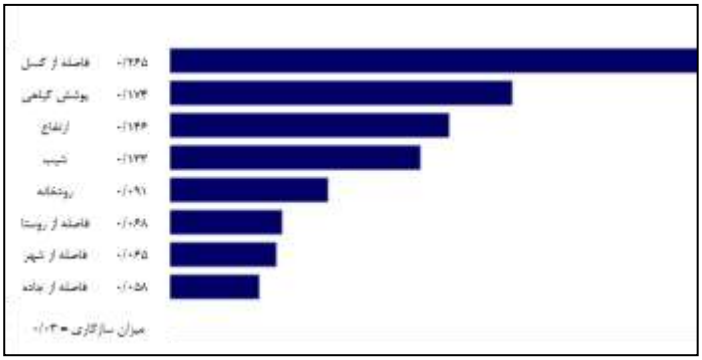
۱. روستای قلعه صدری نمونه‌ای از سکونتگاه های پیراشهری است مجاورت این روستا و قرارگیری در حریم شهر قم موجب رشد سرسام آور فعالیت های خدماتی در آن شده است. این روستا در دوره گذار از ماهیت روستایی به شهری قرار دارد. این رویه باعث شده است که در این زمان نظارت مناسبی در روستا از سوی سازمان های زیربط وجود نداشته باشد و مقدار زیادی از اراضی کشاورزی روستا به صورت غیرقانونی تغییر کاربری داده و به ساختمان های مسکونی، مغازه، انبار و گاراژ و ... تبدیل شود.

جدول ۷ . وزن‌بندی عوامل مورد استفاده برای پژوهش

لایه	تعداد طبقات	طبقه‌بندی لایه	امتیاز	وزن کلی
شیب	۱	۰ تا ۱/۵ درصد	۵	۰/۱۳۳
	۲	۱/۵ تا ۳/۵ درصد	۴	
	۳	۳/۵ تا۵ درصد	۳	
	۴	۵ تا ۶/۵ درصد	۲	
	۵	۶/۵ به بالا	۱	
ارتفاع	۱	۸۴۸ تا ۹۱۷ متر	۵	۰/۱۴۵
	۲	۹۱۷ تا ۹۹۹ متر	۴	
	۳	۹۹۹ تا ۱۱۰۹ متر	۳	
	۴	۱۱۰۹ تا ۱۲۶۸ متر	۲	
	۵	۱۲۶۸ تا ۱۵۹۱ متر	۱	
فاصله از رودخانه	۱	۰–۵۰۰ متر	۱	۰/۹۱
	۲	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری	۵	
	۳	۱۰۰۰– ۱۵۰۰ متری	۴	
	۴	۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری	۳	
	۵	۲۰۰۰ به بالا	۲	
فاصله از جاده	۱	۰تا ۱۰۰ متر	۱	۰/۵۸
	۲	۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۵	
	۳	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	۴	
	۴	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	۳	
	۵	۳۰۰۰ به بالا	۲	
فاصله از گسل	۱	۰ تا ۲۰۰ متر	۱	۰/۲۶۵
	۲	۲۰۰–۴۰۰ متر	۲	
	۳	۴۰۰ تا ۶۰۰ متر	۳	
	۴	۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۴	
	۵	۱۰۰۰ به بالا	۵	
فاصله از محدوده فعلی شهر	۱	۰ تا ۲۰۰ متر	۵	۰/۶۵
	۲	۲۰۰–۴۰۰ متر	۴	
	۳	۴۰۰ تا ۶۰۰ متر	۳	
	۴	۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۲	
	۵	۱۰۰۰ به بالا	۱	
فاصله از نقاط روستایی	۱	۰ تا ۲۰۰ متر	۱	۰/۵۸
	۲	۲۰۰–۴۰۰ متر	۲	
	۳	۴۰۰ تا ۶۰۰ متر	۳	
	۴	۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۴	
	۵	۱۰۰۰ به بالا	۵	
قابلیت اراضی	۱	۱– تا ۰/۱(بدون پوشش)	۵	۰/۱۷۴
	۲	۰/۱ تا ۰/۲(زمین شنی)	۴	
	۳	۰/۲ تا ۰/۳(پوشش کم)	۳	
	۴	۰/۳ تا ۰/۴(پوشش متوسط	۲	
	۵	۰/۴ یا بالاتر	۱	



شکل ۸. نقشه‌های کلاس بندی شده براساس شاخص‌های پژوهش

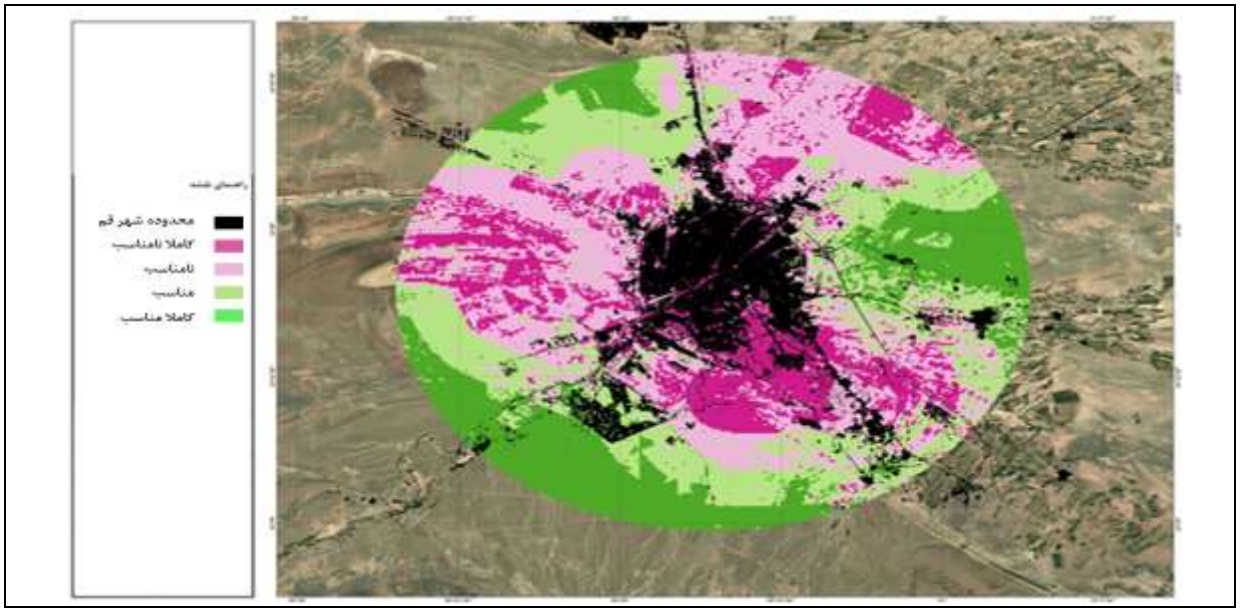


شکل ۹. وزن‌های به‌دست آمده برای شاخص‌های پژوهش با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

پس از اتمام مراحل مکان‌یابی و روی هم‌گذاری لایه‌ها نمایان گردید که شهر قم در ۴ جهت جغرافیایی فضای مناسب را طبق شاخص‌های پژوهش برای توسعه دارد. این جهت‌ها شامل جنوب، جنوب غربی، شمال شرقی و شمال غربی می‌باشد و در ۳ جهت نیز مطابق شاخص‌های پژوهش امکان توسعه وجود ندارد. در جهت شرقی شهر قم وجود اراضی قابل کشاورزی و هسته‌های روستایی از مهم‌ترین عوامل بازدارنده است و در قسمت غربی وجود اراضی ناهموار و پرشیب مهم‌ترین عامل بازدارنده است. در قسمت شمالی شهر قم وجود هسته‌های صنعتی و قابلیت اراضی برای کشاورزی از عوامل بازدارنده است. اما مطابق نقشه نهایی به دست آمده در بخش‌های جنوبی شهر قم به دلیل قابلیت پایین اراضی برای کشاورزی و نبود هسته‌های روستایی و همچنین دور بودن از گسل‌های لرزه‌خیز منطقه و مطلوبیت نسبی سایر شاخص‌ها در این جهت وضعیت مناسبی برای توسعه شهری دارد. طبق بررسی‌های به عمل آمده در نقشه‌های رشد فیزیکی شهر قم نمایان شد. در سال ۱۳۶۵ رشد و توسعه فیزیکی شهر قم بدون برنامه و در تمامی جهات بوده و توجهی به جهت بهینه برای رشد فیزیکی شهر نبوده است. این غفلت باعث شده است.

علی‌رغم کمبود اراضی قابل کشت در محدوده شهر قم بسیاری از اراضی قابل کشاورزی با رشد و توسعه شهری بروند به‌طوری‌که طبق متریک سیمای سرزمینPALAND اراضی کشاورزی در موجود در ماتریس سیمای سرزمین از ۴۹ درصد سال ۱۳۵۱ به ۳۷ درصد در سال ۱۳۶۵ رسیده است.

در دوره‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ نیز تا حدودی دخل و تصرف در اراضی کشاورزی صورت گرفته است. مقدار اراضی قابل کشت به ترتیب به ۲۳ و سپس ۲۱ درصد از ماتریس سیمای سرزمین رسیده است. اما خوشبختانه در دوره ۱۴۰۰ رشد و توسعه فیزیکی شهر تا حدود بسیاری در جهت مناسب بوده است. این رشد و توسعه در قسمت جنوبی شهر اتفاق افتاده از که علی‌رغم دور بودن از نقاط دارای گسل و روستا و شهر از هدر رفت اراضی کشاورزی واقع در محدوده شرقی شهر قم نیز جلوگیری شده است. نمونه شاخص این تحرکات شهرک پردیسان می‌باشد. این شهرک در قالب طرح‌های آماده‌سازی زمین به شهر قم الحاق شده است.



شکل ۱۰. نقشه نهایی مکان‌یابی جهات مطلوب توسعه شهر قم

بحث و نتیجه‌گیری

شهرنشینی یک پدیده پیچیده و پویا است که در سراسر جهان اتفاق می‌افتد. این روند به‌طور قابل‌توجهی منجر به تغییرات کاربری اراضی و الگوهای چشم‌انداز می‌شود. شدت تأثیرات این پدیده در ایران به مثابه کشوری در حال توسعه در چند دهه اخیر به اوج خود رسیده است.

شهر قم در سال‌های اخیر به دلایل بسیاری رشد و توسعه فیزیکی چشمگیری داشته است. از جمله عوامل می‌توان به مهاجرت‌هایی اشاره کرد که هر دوره به فراخور اوضاع و احوال خودش اتفاق افتاده است. در دهه چهل به بعد مهاجرت‌ها به دلیل انجام اصلاحات ارضی رخ داده است و عمده مهاجران روستاییانی بوده‌اند که به دلیل از دست دادن زمین به شهر سرازیر شده‌اند. طبق بررسی‌های انجام شده در دوره اول (سال ۱۳۵۱) رشد شهر قم

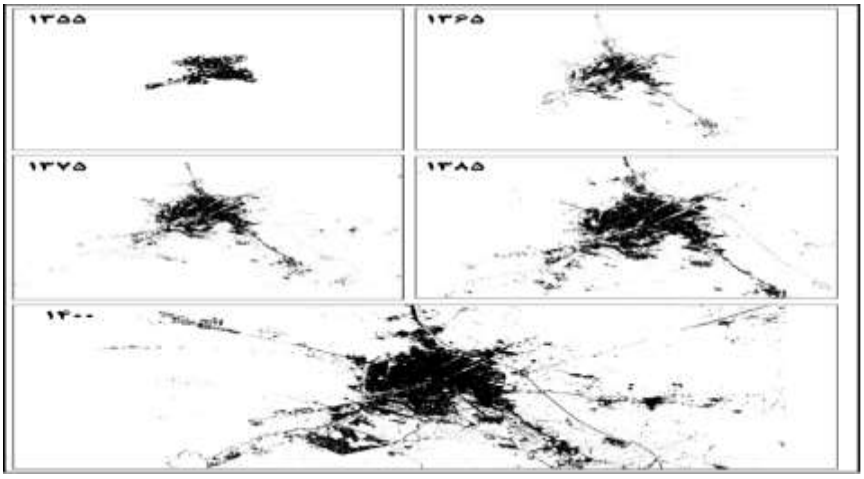
بیش‌تر تک هسته‌ای و در محدوده موجود شهر (محدوده مرکزی با محوریت ایستگاه راه‌آهن) و تا حدودی به تبعیت از مسیر حمل‌ونقل بوده است. طبق متریک‌های بررسی شده این دوره شهر دارای کم‌ترین میزان پراکندگی بوده است. مساحت شهر قم حدود ۹۳۰ هکتار بوده است که جمعیتی بالغ بر ۲۴۷۲۱۹ نفر را در خود جاری داده است. در این دوره محدوده شهری تنها ۱۲/۱۸ درصد از ماتریس سیمای سرزمین را شامل می‌شد و عمده آن به اراضی کشاورزی تعلق داشته است.

با ورود به سال‌های بعد از وقوع انقلاب اسلامی و جنگ تحمیلی موج جدیدی از مهاجرت‌ها شکل می‌گیرد که روند رشد شهر قم را شدت چشمگیری می‌بخشد. مهاجران افغانی و عراقی و همچنین مهاجران داخلی که از مناطق جنگ‌زده به این شهر مهاجرت کرده‌اند موجب می‌شود که جمعیت شهر قم به ۶۱۶۹۶۳ نفر و مساحت آن به حدود ۴۴۰۷ هکتار برسد و در یک دوره ده ساله مساحت شهر چندین برابر شود.

طبق نتایج به دست آمده این دوره یکی از دوره‌هایی است که شهر قم پراکندگی بسیار زیادی را تجربه می‌کند و تمامی متریک‌های سیمای سرزمین افزایش و پراکنش فیزیکی شهر را نشان می‌دهند. رشد شهر قم در حد فاصل این سال‌ها بدون توجه به جهت بهینه برای رشد و توسعه در تمامی جهات رشد می‌کند و بسیاری از اراضی قابل کشاورزی را در بر می‌گیرد. در این دوره شهرک‌ها و محلات زیادی همچون سالاریه، یزانشهر، صفاشهر، امام حسن، امام خمینی و قائم به محدوده شهر اضافه می‌شوند.

در دوره سوم (سال ۱۳۷۵) با اتمام جنگ تحمیلی دلایل مهاجرت‌های قبلی از بین رفته و مهاجرت‌ها بیش‌تر به دلیل نقش فرهنگی و مذهبی قم و وجود مدارس علوم دینی در آن ادامه می‌یابد. اما از شدت آن به‌طور چشمگیری کاسته می‌شود. در این دوره جمعیت شهر به ۷۷۷۶۷۷ نفر افزایش پیدا می‌کند و مساحت شهر نیز به حدود ۶۰۰۰ هکتار می‌رسد. در این دوره نسبت به دوره قبل متریک‌های سیمای سرزمین کاهش پراکندگی را نشان داده است. در این دوره علاوه بر اینکه فضاهای خالی به وجود آمده در دوره قبلی پر شده است. چندین روستا به بافت شهر الحاق شده‌اند. در این دوره نیز تلاشی جهت هدایت رشد و توسعه شهر قم در جهت بهینه صورت نمی‌گیرد و شهر جهات نامطلوب رشد می‌کند.

در دوره چهارم (پس از سال۱۳۸۵) جمعیت شهر قم به ۹۵۹۱۱۶ نفر و مساحت شهر نیز به حدود ۶۶۳۵ هکتار می‌رسد. طبق داده‌های به‌دست آمده توسط متریک‌های سیمای سرزمین این دوره نیز همانند دوره قبل رشد شهر بیش‌تر در فضاهای خالی موجود و بلند مرتبه سازی صورت گرفته است. در این دوره تمامی متریک‌های سیمای سرزمین کاهش پراکندگی را نشان داده‌اند. البته در اواخر این دوره بنای شهرک‌های جنوبی همچون پردیسان نهاده می‌شود و در دوره آخر (سال ۱۴۰۰) جمعیت شهر قم به از مرز یک میلیون عبور می‌کند و به ۱۱۱۲۱۵۸ نفر می‌رسد. در این دوره نیز رشد جمعیتی شهر قم چشمگیر بوده و در مقابل آن رشد و توسعه فیزیکی شهر افزایش زیادی داشته است. در این دوره مساحت شهر به حدود ۱۰۵۲۳ هکتار می‌رسد. در حد فاصله سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ تمامی متریک‌های سیمای سرزمین افزایش رشد و پراکندگی شهر قم را نشان می‌دهند. شهرک‌های جنوبی شهر قم توسعه و تکوین می‌یابند. از سال‌های ۱۳۸۵به بعد رشد شهر قم در قسمت جنوبی اتفاق می‌افتد. این محدوده علی‌رغم دور بودن از نقاط دارای گسل و روستا و شهر از هدررفت اراضی کشاورزی واقع در محدوده شرقی شهر قم نیز جلوگیری شده است.



شکل ۱۱. دوره رشد و توسعه فیزیکی شهر قم

References

Aguilera, F., Valenzuela, L.M., & Botequilha-Leitão, A. (2011). Landscape metrics in the analysis of

urban land use pattern: A case study in a Spanish metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*, 99(3-4), 226-238. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.10.004

Arbury, J. (2005). *From Urban Sprawl to Compact City – An Analysis of Urban Growth Management in Auckland*. University of Auckland.

Arthur, N., & Hack, J. (2022). A multiple scale, function, and type approach to determine and improve Green Infrastructure of urban watersheds. *Urban Forestry & Urban Greening*, *68*, 127459. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127459 .

Barnes, K. B., Morgan III, J. M., Roberge, M. C., & Lowe, S. (2001). Sprawl development: its patterns, consequences, and measurement. *Towson University, Towson*, *1*, 24.

Barron, O. V., Barr, A. D., & Donn, M. J. (2013). Effect of urbanisation on the water balance of a catchment with shallow groundwater. *Journal of Hydrology*, 485, 162-176. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.027

Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Springer Science & Business Media.

Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, *30*(1), 96-111. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.001

Braimoh, A. K., & Onishi, T. (2007). Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria. *Land use policy*, 24(2), 502-515. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.09.001

Cohen, B. (2004). Urban growth in developing countries: a review of current trends and a caution regarding existing forecasts. *World development*, 32(1), 23-51. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.04.008

Dadras, M., Shafri, H. Z. M., Ahmad, N., Pradhan, B., & Safarpour, S. (2014, June). Six decades of urban growth using remote sensing and GIS in the city of Bandar Abbas, Iran. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 20, No. 1, p. 012007). IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/20/1/012007

Daz, S., Gaffari Ghilandeh, A., & Azizi, A. (2023). Analyzing the Changes in Urban Green Space of Gorgan City-Iran During 1987-2014. *Journal of Urban Ecology Researches*, 14(Vol 2. (Series 31)), 51-66. https://doi.org/10.30473/grup.2020.39884.2150

Deng, J. S., Wang, K., Hong, Y., & Qi, J. G. (2009). Spatio-Temporal Dynamics and Evolution of land use change and Landscape Pattern in Response to Rapid Urbanization. *Landscape and urban planning*, 92(3-4), 187-198. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.001

Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied geography*, 29(3), 390-401. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005

Grunewald, K., Richter, B., & Behnisch, M. (2019). Multi-indicator Approach for Characterising Urban Green Space Provision at City and City-District Level in Germany. *International journal of Environmental Research and Public Health*, 16(13), 2300. https://doi.org/10.3390/ijerph16132300

Hasse, J. E., & Lathrop, R. G. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied geography*, 23(2-3), 159-175. DOI:10.1016/j.apgeog.2003.08.002

Hataminejad, H., Hatami, A., & Moradi, A. (2021). Analysis of Spatial Growth Patterns of Khorramabad City with the Ecological Approach of the Landscape. *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas (JGSMA)*, 2(3), 39-62. (In Persian) Doi:10.52547/gsma.2.3.39

Herold, M, Scepan, J, & Clarke, K. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning*, 34(8), 1443-1458. https://doi.org/10.1068/a3496

Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, environment and urban systems*, 29(4), 369-399. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2003.12.001

Huang, J, Lu, X., & Sellers, J. (2007). A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 82(4), 184-197. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.010

Iran Statistics Center, general population and housing censuses of 1355, 1365, 1375, 1385, 1395. (In Persian)

Jantz, C. A., Goetz, S. J., & Shelley, M. K. (2004). Using the Sleuth Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Baltimore-Washington metropolitan area. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(2), 251-271. DOI:10.1069/b2983

Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.

Kaviani, A., Farhoodi, R.A., & Rajabi, A. (2016). Analysis of Urban Growth Pattern in Tehran City by Landscape Ecology Approach. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 3(4), 407-429. (In Persian) Dor:10.22059/jurbangeo.2015.57410

Kroll, F., Müller, F., Haase, D., & Fohrer, N. (2012). Rural-Urban Gradient Analysis of Ecosystem Services Supply and Demand Dynamics. *Land Use Policy*, 29(3), 521-535. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.008

Li, H., Long, R., & Chen, H. 2013. Economic transition policies in Chinese resource-based cities: an overview of government efforts. *Energy Policy*, 55, 251-260 https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.007.

Mansourian, H. (2017). Population Dynamics and Land Cover Patterns in Tehran Metropolitan Region. *Geographical Urban Planning Research, (GUPR)*, 4(4), 613-633. Doi:10.22059/jurbangeo.2016.62198

McGranahan, G., & Satterthwaite, D. 2003. Urban centers: An assessment of sustainability. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 243-274. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105541

Mohd Noor, N., Alias, A., Mazlan, H., & Zainora, M. A. (2012). Managing urban land in developing countries using GIS and remote sensing: towards resilient cities. *Department of Urban and Regional Planning, IIUM, Gombak, Malaysia*.

Mohimi, A.M., Fadaei Qotbi, M., Esmaeily, A., & Ghazanfarpour, H. (2021). Evaluating the Physical-Spatial Indices in Determination of Urban Sprawl Patterns Using Remote Sensing, Case Study: City of Kerman. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 38(10), 107-126. (In Persian) DOI: 10.30488/gps.2021.164892.2974

Mulatu, K, K, Hundera (2024), Analysis of land use/ land cover changes and landscape fragmentation in the Baro-Akobo Basin, Southwestern Ethiopia, Heliyon,Volume 10, Issue 7
, 15 April 2024, e28378. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e28378

Nelson, A.C. 1990. Economic critique of prime farmland preservation policies in the United States. Journal of Rural Studies, 6(2), 119-142. https://doi.org/10.1016/0743-0167(90)90001-O.

Norouzi Gelehkolaie, S., Hatami, A., & Parvizy, S. (2023). Analysis of Kermanshah Spatial Growth Patterns on Ecological Landscape Performance. *Journal of Physical Development Planning*, 7(27), 49-64. (In Persian) https://doi.org/10.30473/psp.2022.62702.2573

Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 127-157. DOI:10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012

Satterthwaite, D. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and urbanization*, 21(2), 545-567. https://doi.org/10.1177/0956247809344361

Schwarz, N. (2010). Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), 29-47. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.01.007

Seto, K.C., & Fragkias, M. 2005. Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics. *Landscape Ecology*, 20(7), 871-888. DOI:10.1007/s10980-005-5238-8.

Sharq Aindeh Consulting Engineers. (2013). Qom province Land Survey Plan Studies. (In persian).

Srivastava, P.K., Han, D., Rico-Ramirez, M.A., & Bray, M. (2012). Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation. *Advances in Space Research*, 50(9), 1250-1265. https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.06.032

Szuster, B.W., Chen, Q., & Borger, M. (2011). A Comparison of Classification Techniques to Support Land Cover and Land Use Analysis in Tropical Costal Zones. *Applied Geography*, 31(2), 525-532. DOI:10.1016/j.apgeog.2010.11.007

Tan, M., Li, X., Xie, H., & Lu, C. 2005. Urban land expansion and arable land loss in China-a case study of Beijing-Tianjin-Hebei Region. *Land Use Policy*, 22(3), 187-196. DOI: 10.1016/j.landusepol.2004.03.003

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V., (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer-Verlag, New York.

UN-Habitat. (2018). org/qatar-ambassador-jabor-bin-ali-al-dosari-and-un-habitat executive-directohold-talks.

Wu, Jianguo G., Jenerette, Darrel., Buyantuyev, Alexander, & Redman, Charles L. (2011). Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity*, 8(1), 1-8. 3-503. DOI: 10.1016/j.ecocom.2010.03.002

Yanping, Q., & Zhen, W. (2019). Study on Urban Expansion Using the Spatial and TemporalDynamicChangesin the Impervious Surface in Nanjing. *Journal Sustainability Sustainability*, 11(3), 933. https://doi.org/10.3390/su11030933

Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., & Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98(2-3), 317-328. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.006

Zhang, X., Chen, J., Tan, M., & Sun, Y. 2007. Assessing the impact of urban sprawl on soil resources of Nanjing city using satellite images and digital soil databases. *Catena*, 69(1), 16-30. DOI: 10.1016/j.catena.2006.04.020