**Urban Design Discourse**
a Review of Contemporary Litreatures and Theories. 2024;5(4):39-53 ISSN: 2717-0748

# The Quantitative Study of Socio-Ecological Landscape Identity with Spatial Resilience Approach and Satellite Data

**ARTICLEINFO**

***Article Type***
**Original Research**

***Author***
Erfan Khodaparast[1]
Fatemeh Eshaghi[2]
Amir Houshang Ehsani[3*]

**How to cite this article**
Khodaparast, Erfan, Eshaghi, Fatemeh and Ehsani, Amir Houshang. The Quantitative Study of Socio-Ecological Landscape Identity with Spatial Resilience Approach and Satellite Data. Urban Design Discourse. 2024; 5(4): 39-53

Doi:
doi.org/10.48311/UDD.5.4.39

[1]PhD student in Environmental Design Engineering, Department of Environmental Design Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
[2]PhD student in Environmental Design Engineering, Department of Environmental Design Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
[3]Associate Professor, Department of Environmental Design Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

**** Correspondence***
Address: Department of Environmental Design Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
Email: ehsani@ut.ac.ir

***Article History***
Received: July 23, 2023
Accepted: September 30, 2023
Published: December 5, 2024

**ABSTRACT**

**Aims:** Recent advances in landscape ecology and satellite data have provided an opportunity to change approaches in sustainable urban planning and have created a high potential for enhancing resilience in the interactions of social-ecological systems. In this research, by using the concept of spatial resilience and measuring the critical components and relationships of the Social-ecological landscape over time, the thresholds related to identity were quantitatively extracted to provide a solution for linking concrete management objectives and the theory of resilience.

**Methods:** By evaluating the ecological landscape of Qom city using PLAND, CA, NP, AREA-MN metrics and satellite data, the changes in landscape resilience of this city during thirty years based on the theory of spatial resilience were analyzed.

**Findings:** By defining and extracting identity thresholds, identity changes in the city landscape were predicted concerning resilience in the coming years. Then, by identifying the spatial-identity patterns of the city in different periods and measuring them based on resilience dimensions, measurable suggestions were presented to policymakers and planners to place the urban landscape in a new, resilient, and sustainable balance.

**Conclusion:** The landscape of the city of Qom in 2009 and 2019 has crossed the first and second thresholds of identity, and with the continuation of the current trend, in the next 20 years, traveling the third threshold (complete transformation of landscape identity) will happen, and if the process of reducing the green area structures continues, the landscape will reach an irreparable stage in terms of resilience.

**Keywords:** Urban Landscape, Sustainable Development, Remote Sensing, Landscape Ecology, Landscape Spatial-Identity Patterns.

**CITATION LINKS**

[1] IEA, G.E., CO2 Status Report 2018. ... [2] Sabri, S., et al., Geospatial Under ... [3] Pettit, C., et al., Planning suppor ... [4] He, W., et al., How Do Two-and Thre ... [5] Ujjwal, K., et al., A cloud-based f ... [6] Korolov, V., et al., Methodology fo ... [7] Ladds, M., et al., How much do disa ... [8] Marzialetti, F., et al., Monitoring ... [9] Huang, Y., L. Peng, and Y. Li, Land ... [10] Marcus, L., M.B. Pont, and S. Barth ... [11] Lee, A., et al., A geospatial platf ... [12] Wu, J., Linking landscape, land sys ... [13] Martin-Breen, P. and J.M. Anderies, ... [14] Lucini, B., Disaster resilience fro ... [15] Davis, A.G., D.R. Huggins, and J.P. ... [16] Hines, E.A., et al., Efficacy of re ... [17] de Kloet, E.R. and M. Joëls, The co ... [18] Zapata-Barrero, R., Urban migration ... [19] Ostadi, B., et al., A systematic li ... [20] Hao, H., et al., Towards next gener ... [21] Felicioni, L., A. Lupíšek, and J. G ... [22] Perera, A. and T. Hong, Vulnerabili ... [23] Dastjerdi, M.S., et al., A conceptu ... [24] Brunetta, G. and O. Caldarice, Spat ... [25] Sharifi, A., Resilient urban forms: ... [26] Sharifi, A., Resilient urban forms: ... [27] Lu, Y., et al., Risk reduction thro ... [28] Godschalk, D.R., Urban hazard mitig ... [29] Davic, R.D. and H.H. Welsh Jr, On t ... [30] Holling, C.S., Resilience and stabi ... [31] Rescia, A.J. and M. Ortega, Quantit ... [32] Sharma, M., et al., Establishing Co ... [33] Shi, C., et al., Assessing Urban Re ... [34] Folke, C., Resilience: The emergenc ... [35] Meerow, S., J.P. Newell, and M. Stu ... [36] Aldunce, P., et al., Resilience for ... [37] Musacchio, L.R., The scientific bas ... [38] Pearson, D.M. and C.A. McAlpine, La ... [39] Cumming, G.S., Spatial resilience: ... [40] Olds, A.D., et al., Synergistic eff ... [41] Allen, C.R., et al., Quantifying sp ... [42] Cumming, G.S. and J. Collier, Chang ... [43] Cumming, G.S., et al., An explorato ... [44] Shamsuddin, S., Resilience resistan ... [45] Büyüközkan, G., Ö. Ilıcak, and O. F ... [46] Herrera, H. and B. Kopainsky, Using ... [47] Shi, Y., et al., Assessment methods ... [48] Dianat, H., et al., Choosing a holi ... [49] Mehmood, A., Of resilient places: p ... [50] Crowe, P.R., K. Foley, and M.J. Col ... [51] Bush, J. and A. Doyon, Building urb ... [52] Boyd, E. and S. Juhola, Adaptive cl ... [53] Duit, A., et al., Governance, compl ... [54] Zeng, X., et al., Urban resilience ... [55] Barnes, A. and V. Nel. Putting spat ... [56] Shafiei-dastjerdi, M., A. Ghaffari, ... [57] Ortega, M., et al., Land-use and sp ... [58] Han, F. and S. Zhang, Evaluation of ... [59] Hallegatte, S., Economic resilience ... [60] Ouyang, M., L. Dueñas-Osorio, and X ... [61] Cutter, S.L., The landscape of disa ... [62] QBPO, Landscape of qom. Qom Budget ... [63] Gholami, M., Floristic and habitat ... [64] QMO, Climate analysis of qom provin ... [65] Deliri, H. and N. Mehrgan, Measurin ... [66] Khodaparast, E., F. Eshaghi, and H. ...

*Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform,and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.*

[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

**گفتمان طراحی شهری**
مروری بر ادبیات و نظریه‌های معاصر. ۱۴۰۳؛ ۵ (۴): ۳۹-۵۳.

# مطالعه‌ی کمّی هویت منظر اجتماعی- اکولوژیک با رویکرد تاب‌آوری فضایی و داده‌های ماهواره‌ای

## اطلاعات مقاله:

**نوع مقاله:** پژوهشی اصیل

**نویسندگان:**
عرفان خداپرست[۱]
فاطمه اسحقی[۲]
امیرهوشنگ احسانی[۳*]

**نحوه استناد به این مقاله:**
خداپرست، عرفان، اسحقی، فاطمه و احسانی، امیرهوشنگ. مطالعه‌ی کمّی هویت منظر اجتماعی- اکولوژیک با رویکرد تاب‌آوری فضایی و داده‌های ماهواره‌ای. گفتمان طراحی شهری مروری بر ادبیات و نظریه‌های معاصر، ۵ (۴)، ۳۹-۵۳.

۱. دانشجوی دکتری مهندسی طراحی محیط زیست، گروه مهندسی طراحی محیط، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری مهندسی طراحی محیط زیست، گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*** نویسنده مسئول:**
**دکتر امیرهوشنگ احسانی**
**نشانی:** دانشیار گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
ایمیل: ehsani@ut.ac.ir

**تاریخ مقاله**
**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۵/۱
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۷/۸
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۳/۹/۱۵

## چکیده

اهداف: پیشرفت‌های اخیر در مباحث بوم‌شناسی منظر و داده‌های ماهواره‌ای فرصتی را برای تغییر رویکردها در برنامه‌ریزی پایدار شهری فراهم آورده و پتانسیل بالایی برای بهبود تاب‌آوری در تعاملات سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیک ایجاد نموده است. در این پژوهش با استفاده از مفهوم تاب‌آوری فضایی و سنجش مولفه‌ها و روابط کلیدی منظر اجتماعی-اکولوژیکی در طول زمان، آستانه‌های مرتبط با هویت به صورت کمی استخراج گردید تا راهکاری را برای پیوند اهداف ملموس مدیریتی و نظریه‌ی تاب‌آوری ارائه نماید.
روش‌ها: با ارزیابی منظر اکولوژی شهر قم به‌وسیله‌ی متریک‌های PLAND، CA، NP، AREA-MN و داده‌های ماهواره‌ای، تغییرات تاب‌آوری منظر این شهر طی یک دوره سی ساله مبتنی بر نظریه‌ی تاب‌آوری فضایی مورد تحلیل قرار گرفت.
یافته‌ها: با تعریف و استخراج آستانه‌های هویتی، تغییرات هویتی منظر شهر در ارتباط با تاب‌آوری در سال‌های آتی پیش‌بینی شد. سپس با شناسایی الگوهای فضایی-هویتی شهر در دوره‌های مختلف و سنجش آنها بر اساس ابعاد تاب‌آوری، پیشنهاداتی قابل‌اندازه‌گیری و سنجش برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در راستای قرارگیری منظر شهر در تعادلی جدید، تاب‌آور و پایدار ارائه گردید.
نتیجه‌گیری: منظر شهر قم در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ از آستانه‌ی اول و دوم هویتی عبور کرده است و با ادامه‌ی روند کنونی در ۲۰ سال آینده عبور از سومین آستانه (دگرگونی کامل هویت منظر) اتفاق خواهد افتاد و چنانچه روند کاهش مساحت ساختارهای سبز ادامه یابد، منظر به مرحله‌ی جبران‌ناپذیری از لحاظ تاب‌آوری می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** منظر شهری، توسعه‌ی پایدار، سنجش از دور، اکولوژی منظر، الگوهای فضایی-هویتی منظر.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

حق چاپ © ۲۰۲۰، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط مجوز بین‌المللی *Creative Commons Attribution-NonCommercial* 4.0 منتشر شده است که به اشتراک‌گذاری (کپی و توزیع مجدد مطالب در هر رسانه یا قالبی) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را اجازه می‌دهد.

## ۱. مقدمه

جمعیت شهرنشین جهان در بالاترین سطح خود از ابتدای تاریخ قرار دارد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ سهم شهرها دو سوم جمعیت جهان باشد [۱]. روند رو به افزایش شهرنشینی، روش‌های سنتی برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت شهری را با چالشی جدی مواجه کرده است. رشد و گسترش سریع شهرها، هم به صورت افقی و هم به شکل عمودی بر پیچیدگی و آسیب‌پذیری جمعیت آنها در برابر تغییرات طبیعی، اقتصادی و اجتماعی افزوده است. به نظر می‌رسد شیوه‌های طراحی و برنامه‌ریزی شهری به نوع پیشرفته‌تری از داده‌ها و فناوری‌ها برای مدیریت توسعه شهری پایدار از نظر اکولوژیکی نیازمند است [۲]. در این راستا برنامه‌ریزان و طراحان شهری در پی تغییر روش‌های سنتی سیاست‌گذاری، بدنبال استفاده از داده‌ها و فناوری‌های جدید برای توسعه استراتژی‌ها برای دستیابی به شهرهای هوشمند، تاب‌آور و پایدار خواهند بود [۳].

ارزیابی داده‌های مکانی مرتبط با زیرساخت‌ها، به شکل قابل توجهی همواره از فرآیندهای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری پشتیبانی نموده است [۴]، که می‌توان نمونه‌هایی از آن را در سیستم‌های حمایتی برنامه‌ریزی [۵]، زیرساخت‌های تولید داده‌های تحلیل شهری [۶]، تحلیل‌های چند بعدی [۷] و تحلیل منظر بوم‌شناختی شهرها [۸] در جهت دستیابی به زیست‌پذیری، پایداری و رفاه در شهرها مشاهده نمود. تغییرات سریع و گسترده مناظر در سراسر جهان باعث توسعه رشته جدیدی به نام «بوم‌شناسی منظر» شده [۹] که تمرکز اصلی آن بر روابط افقی واحدهای منظر است. یکی از فرضیات اصلی در بوم‌شناسی منظر این است که فرآیندهای بوم‌شناختی را می‌توان از الگوهای فضایی استنباط کرد؛ ایده‌ای که در ریخت‌شناسی شهری ناآشنا نیست [۱۰]. با توسعه‌ی این علم تحت تأثیر پیشرفت‌های جدید در تعداد باندها، وضوح و قدرت تفکیک داده‌های ماهواره‌ای، همچنین رشد چشمگیر فناوری‌های تحلیل رایانه‌ای [۱۱, ۱۲]، بوم‌شناسی منظر فرصتی را برای تغییر شیوه‌ها و نتایج برنامه‌ریزی تاب‌آور شهری فراهم می‌کند [۹].

تاب‌آوری، یک اصطلاح چند بعدی با سابقه طولانی است که در حوزه‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی و دیگر موارد بکار برده شده است [۱۳, ۱۴]. از اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰، محققان رشته‌های مختلفی همچون اکولوژی [۱۵]، پزشکی [۱۶] روانشناسی [۱۷]، علوم اجتماعی [۱۸]، اقتصاد [۱۹]، مهندسی عمران [۲۰]، معماری [۲۱] و مطالعات شهری [۲۲] مفهوم تاب‌آوری را مطالعه و به تکامل آن کمک کرده‌اند [۲۳]. تاب‌آوری در هر یک از این رشته‌ها به طور متفاوتی مفهوم‌سازی شده است [۲۴] و معنا و تفسیر آن اغلب به حوزهای که در آن استفاده می شود و زمینه‌ها و مقیاس‌های مختلفی که در آن کاربرد دارد بستگی دارد [۲۵, ۲۶]. هم اکنون تاب‌آوری به یک نگرش جذاب در تحقیقات بوم‌شناختی منظر و برنامه‌ریزی شهری نیز بدل گشته است [۲۷]. با این حال معنا و تفسیر واحدی از آن وجود ندارد [۲۱].

محققان برای اولین بار تاب‌آوری را در اکوسیستم پیچیده‌ی شهر، عمدتاً برای پرداختن به مسائل شهری مرتبط با تغییرات آب و هوایی و بلایای طبیعی و با تأکید بر اقدامات پیشگیری و کاهش [۲۸] به کار گرفتند. از این نگاه تاب‌آوری شهری توانایی جذب و واکنش به بلایا پیش از بازسازی ساختار و سازماندهی مجدد شهر و پس از تغییرات ناشی از مداخلات است [۲۹]. هولینگ (۱۹۷۳) در مقاله‌ای این اصطلاح را در بعد نظری و عملی بوم‌شناسی برای توضیح پایداری سیستم‌های بوم‌شناختی معرفی نمود [۳۰]. لو و همکاران (۲۰۲۱) با یک رویکرد سیستمی به منظر، تاب‌آوری را به عنوان «توانایی یک سیستم برای پاسخگویی به اختلالات درونی و بیرونی از طریق جذب، سازگاری و تبدیل، با حفظ ساختار و عملکرد اصلی» تعریف نمودند [۲۷]. به طور کلی، «برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری» به معنای در نظر گرفتن جریان‌های خارجی اثرگذار بر آسیب‌پذیری یک سیستم است که فرآیندهای مختلف (اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی) را برای افزایش ظرفیت سیستم جهت مقابله با تغییرات آهسته و سریع به هم مرتبط می‌کند [۳۱]. با این حال تاب‌آوری شهری مفهومی نسبتاً جدید در زمینه‌ی مطالعات شهری است [۳۲].

بروزرسانی مفهوم تاب‌آوری در خصوص مکانیسم سیستم‌های پیچیده و مدل‌های توسعه‌ی پایدار سبب اتخاذ موضع یکپارچه‌تری توسط نظریه‌پردازان محیطزیست و اجتماعی گردید [۳۳]. فولک (۲۰۰۶) مفهوم «تاب‌آوری» را به سه نوع مختلف متمایز کرد: تاب‌آوری مهندسی، تاب‌آوری بوشناختی و تاب‌آوری اجتماعی-اکولوژیکی [۳۴]. تحقیقات کنونی در مورد تاب‌آوری شهری بیشتر بر روی «سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی» با تأکید بر ارتباط متقابل بین اختلالات اجتماعی و محیطی [۳۵] و نیاز سیستم‌های پیچیده به شکستن تعادل و تکامل توام با تغییرات محیط داخلی و خارجی تمرکز دارد تا از این طریق منظر به توسعه پایدار و تاب‌آور سیستمی دست یابد [۳۶].

در این راستا بوم‌شناسی منظر، با پیشینه‌ی خود در تجزیه و تحلیل الگویی-فرایندی صریح فضایی می‌تواند به مدیریت و توسعه‌ی پایدار و تاب اور مناظر شهری یاری رساند [۳۷, ۳۸]. اما الگوهای فضایی در فرایندهای اجتماعی اغلب پویاتر و تشخیص آنها دشوارتر از الگوهای فضایی در پوشش زمین است و بوم‌شناسی منظر هنوز به خوبی با این دو ادغام نشده است [۳۹]. ادغام بوم‌شناسی منظر و ایده‌های مربوط به تاب‌آوری در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی از طریق مفهوم «تاب‌آوری فضایی» از موضوعات جدید و مورد توجه محققان می‌باشد [۴۰].



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

تاب‌آوری فضایی به عنوان یکی از شاخه‌های جدید نظریه‌ی تاب‌آوری، در خط مقدم تلاش‌ها برای عملیاتی کردن و کمی کردن مفاهیم تاب‌آوری در مناظر شهری قرار دارد. تاب‌آوری فضایی بر اهمیت موقعیت فضایی، ارتباطات و اتصالات و بستر، تمرکز دارد و بر این ایده‌ی اساسی استوار است که موقعیت فضایی و تنوع آنها در الگوها و فرآیندها در مقیاس‌های مختلف، هم بر تاب‌آوری سیستم اثر می‌گذارد و هم از آن تأثیر می‌پذیرد. تاب‌آوری فضایی را می‌توان به‌طور صریح‌تر به‌عنوان مفهوم نوظهور آرایش فضایی، تفاوت‌ها و تعاملات بین عناصر داخلی تاب‌آوری (یعنی عناصر درون سیستم مورد بررسی)، عناصر خارجی تاب‌آوری (یعنی آن‌هایی که خارج از سیستم مورد بررسی) و سایر عناصر مرتبط فضایی در نظر گرفت [۴۱].

بسیاری از پدیده‌های پیچیده، فارغ از نوع سیستم (فیزیکی، اجتماعی، اکولوژیکی یا اقتصادی) مکانیسم‌های زیربنایی مشترکی دارند. شباهت‌های بسیاری میان تعاملات الگو-فرایند در سیستم‌های اجتماعی و بوم‌شناختی وجود دارد [۳۹]. تاب‌آوری فضایی معادل حفظ مولفه‌ها و روابط کلیدی در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی و تداوم آنها در طول زمان است [٤۲]. بنابراین اگر این تاب‌آوری کم باشد، ممکن است هویت از بین برود و اگر هویت از بین برود، می‌توان نتیجه گرفت که تاب‌آوری فضایی پایین بوده است. بنابراین تاب‌آوری فضایی می‌تواند با کمی کردن هویت و ارزیابی پتانسیل تغییرات در هویت، عملیاتی شود [٤۳]. اگرچه هویت در اصل یک مفهوم ذهنی است، اما بر اساس آنچه که مردم در مورد آن به عنوان ضرورتی برای سیستم توافق دارند، تعریف هویت می‌تواند کمی باشد. به عنوان مثال، سطح آستانه‌ای که فراتر از آن هویت از بین می‌رود. مدیریت منظر و منظر شهری ممکن است مستلزم دور نگه داشتن سیستم از آستانه‌های تعریف شده را شامل شود [۳۹].

تعریف هویت به صورت کیفی امکان اعمال سلیقه و برداشت‌های غیرقابل سنجش را افزایش می‌دهد. تعریف اهدافی سنجش‌پذیر و کاملا شفاف برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به سوی توسعه‌ی پایدار، ضرورت تعیین معیارهای کمی هویت منظر شهری را ایجاب می‌کند. تمرکز بر هویت و آستانه‌های مرتبط با آن (یعنی نقاطی که هویت سیستم از بین می‌رود) راهکاری را برای پیوند اهداف مدیریتی ملموس و نظریه‌ی تاب‌آوری فراهم می‌کند.

مطالعه‌ی حاضر با فرض این‌که کلیه‌ی فرایندهای اثرگذار بر تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک پیچیده (همچون منظر شهری) دارای اثرات فضایی هستند، این پرسش‌ها را مطرح می‌نماید:

۱- آیا می‌توان با کمی‌سازی روند تغییرات منظر اکولوژی، به آستانه‌هایی رقومی دست یافت که معیاری را برای سنجش دگرگونی در هویت منظر تعیین نماید؟

۲- آیا می‌توان الگوهایی را در خلال تغییرات منظر اکولوژی شناسایی نمود و بر اساس معیارهای تاب‌آوری مورد سنجش قرار داد تا در روند برنامه‌ریزی توسعه‌ی پایدار، هدفی قابل سنجش و ملموس باشد؟

این پژوهش با هدف تعیین آستانه‌ها و شناسایی الگوهای فضایی-هویتی منظر، با تحلیل تغییرات منظر اکولوژی در ارتباط با تاب‌آوری، در یک دوره سی ساله، مبتنی بر مبانی نظری تاب‌آوری فضایی، منظر اکولوژی شهر قم را از طریق آنالیز داده‌های ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بدین صورت که ابتدا با استخراج تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آنها و سپس تحلیل نقشه‌های تولید شده با استفاده از متریک‌های منتخب، الگوی دگرگونی موزاییک منظر مورد واکاوی قرار گرفت. با روشی توصیفی-تحلیلی آستانه‌هایی برای هویت منظر تعریف گردید و از طریق بررسی متریک‌های منظر مقادیری برای آنها در نظر گرفته شد. با تحلیل رگرسیون و محاسبه‌ی خطوط روند، دگرگونی کامل هویت منظر در آینده پیش‌بینی گردید. سپس در قالب استدلال منطقی و با مقایسه تطبیقی مقوله‌ها الگوهای فضایی-هویتی شناسایی شد و با استفاده از معیارهای تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین صورت اهدافی قابل سنجش برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری در راستای مدیریت منظر شهر به سمت قرارگیری در تعادلی جدید، تاب‌آور و پایدار مشخص می‌گردد.

## ۲. پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در حال حاضر، حجم وسیعی از ادبیات در مورد تاب‌آوری شهری، با تمرکز بر مفهوم‌سازی و نظریه‌پردازی تاب‌آوری [۳۵, ٤٤, ٤٥] ، چارچوب ارزیابی [٤٦-٤٨]، برنامه‌ریزی و استراتژی‌های مدیریت [٤۹-۵۱] و عملکرد حاکمیتی [۵۲, ۵۳] تاب‌اوری وجود دارد. محقیق بسیاری سعی در تدوین شاخص‌هایی برای سنجش تاب‌اوری شهری نموده‌اند. به عنوان نمونه ژنگ و همکارانش (۲۰۲۲) با مرور سیستماتیک ادبیات موضوع سه بعد اصلی تاب‌آوری شهری را با رویکرد سیستمی شامل ظرفیت تطبیق‌پذیری، ظرفیت جذب و ظرفیت تحول‌آفرینی می‌دانند و برای هریک از این ابعاد عوامل اثرگذاری را تعیین می‌نمایند [۵٤]. باین حال بایست توجه داشت که تاب‌آوری فضایی به عنوان یک بررسی کمی در مطالعات منظر توسعه یافته است [٤۱].

با وجود تازگی بسیار مفهوم تاب‌آوری فضایی تاکنون برخی پژوهش‌ها با بهره‌گیری از این مفهوم صورت پذیرفته است. اما به نظر می‌رسد درک واحدی از مفهوم آن وجود ندارد [۵۵]. به عنوان نمونه در دیسیپلین طراحی شهری کلمه‌ی "فضایی" (Spatial) در ترکیب تاب‌آوری فضایی، با مفهوم مکان (Place)، در مبانی نظری این رشته، دارای قرابت معنایی فرض شده و بر این اساس تحلیلی صورت گرفته است [۲۳, ۵٦]. همچنین پژوهش‌های محدودی



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

نیـز بـا اتخـاذ رویکردهـای بوم‌شـناختی و مبانـی تـاب‌آوری فضایـی بـر روابـط فضایـی در تـاب‌آوری تاکیـد می‌نماینـد [۳۱, ۵۷, ۵۸]. بـا ایـن حـال مطالعاتـی کـه بـا ادغـام رویکـرد اکولـوژی منظـر در نظریـات تـاب‌آوری سـعی در توسـعه کمـی مفهـوم تـاب‌آوری فضایـی بوسـیله‌ی متریک‌هـای منظـر داشـته باشـند بسـیار نـادر اسـت.

آلـن و همکارانـش (۲۰۱۶) تعریفـی از تـاب‌آوری فضایـی بـه ایـن شـرح ارائـه می‌دهنـد: «سـهم ویژگی‌هـای فضایـی منظـر در ایجـاد بازخوردهـای تـاب‌آور در سیسـتم‌های پیچیـده (نظیـر منظـر شـهری) و بالعکـس سـهم بازخوردهـای تـاب‌آور در ایجـاد ویژگی‌هـای فضایـی منظـر». ایـن تعریـف امـکان کمی‌سـازی و عملیاتی‌سـازی تـاب‌آوری فضایـی را در مدیریـت فراهـم می‌کنـد [۴۱]. شـی و همکارانـش (۲۰۲۲) کمی‌سازی تـاب‌آوری را بسـته بـه نـوع مفهوم‌سـازی تـاب‌آوری در دو رویکـرد عمـده جـای داده‌انـد. ایـن دو رویکـرد شـامل فرآینـد تـاب‌آوری و ارزیابـی وضعیـت تـاب‌آوری سیسـتم اسـت [۳۳]. زمانـی کـه تـاب‌آوری شـهری بـه عنـوان یـک فرآینـد مفهوم‌سـازی می‌شـود، عمدتـاً منعکس‌کننـده فرآینـد پویـای انطبـاق و بازیابـی سیسـتم پـس از یـک شـوک اسـت. اندازه‌گیـری آن بـه صـورت عـددی در فرآینـدی پویـا، عملکـرد ویـژه‌ی سیسـتم را در طـول زمـان مشـخص می‌سـازد و بـر تجزیـه و تحلیـل فرآینـد تغییـر مـداوم در بازیابـی یـا عـدم توفیـق آن تمرکـز دارد [۵۹, ۶۰]. تـاب‌آوری شـهری بـه عنـوان یـک وضعیـت و یـا یـک حالـت، بـه عنـوان ظرفیـت ذاتـی در خـود سیسـتم مفهوم‌سـازی می‌شـود و اندازه‌گیـری آن بـا ارزش‌گـذاری ایـن ظرفیـت مشـخص می‌شـود [۶۱].

## ۳. مواد و روش‌ها

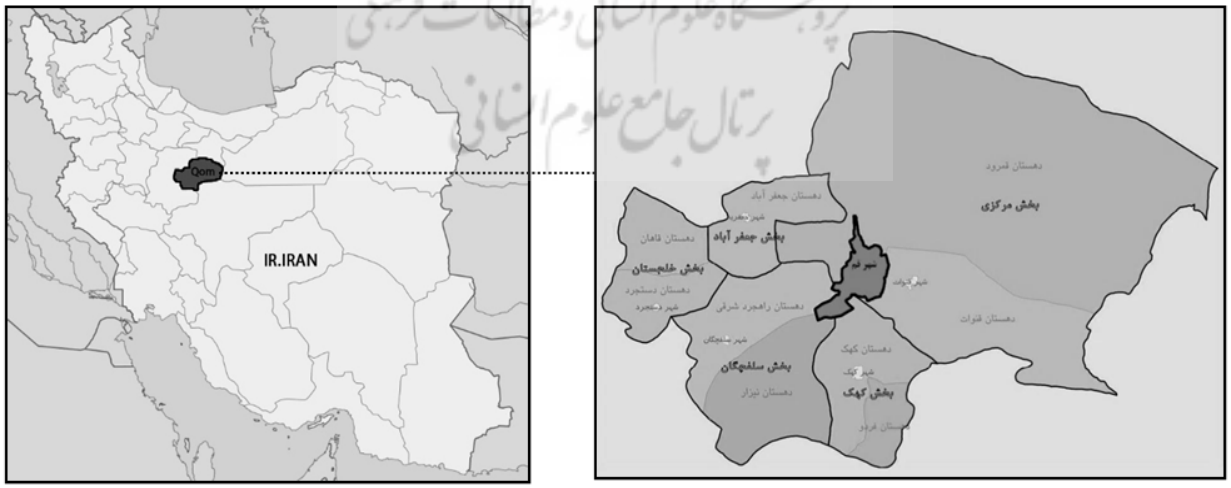
### ۳-۱. شناخت محدوده مطالعه

اسـتان قـم بـه لحـاظ موقعیـت جغرافیایـی مختصـات جغرافیایـی '۰۹ °۳۴ تـا '۱۱ °۳۵ عـرض شـمالی و '۰۶ °۵۰ تـا '۵۸ °۵۱ طـول شـرقی قـرار دارد. ایـن اسـتان مسـاحت ۱۱۲۳۸ کیلومترمربـع دارد [۶۲] و میـزان ارتفـاع در اسـتان از ۸۰۰ متـر در سـاحل دریاچـه نمـک تـا ۳۲۰۰ متـر در ارتفاعـات مرکـزی در نوسـان اسـت [۶۳].

آب و هـوای شـهر قـم در طبقه‌بنـدی اقلیمـی کشـور در زمـره آب وهـوای نیمـه بیابانـی )جـزء اقلیـم کویـری و خشـک( محسـوب می‌شـود [۶۴]. ظرفیـت زیسـتی پاییـن و کسـری اکولوژیـک بـالا [۶۵]، بـه لحـاظ پایـداری شـرایط بسـیار هشـدارآمیزی را رقـم زده اسـت. افزایـش روزافـزون جمعیـت و مهاجرپذیـری بـالا سـبب نـرخ رشـد زیـاد ۲/۳۳ درصـدی جمعیـت بیـن سـال ۹۰ تـا ۹۵ گشـته اسـت [۶۲]. تبعـات ایـن افزایـش جمعیـت سـریع شـهر و ظرفیـت زیسـتی پاییـن و کسـری اکولوژیـک بـالا بـه همـراه تنش‌هـای محیطـی همچـون گرمـای شـدید، گـرد و غبـار و خشـکی هـوا بـر لـزوم اتخـاذ سیاسـت‌های برنامه‌ریـزی تـاب‌آور تاکیـد مـی‌ورزد (شـکل ۱).

### ۳-۲. روش

بـه منظـور سـنجش فرایندهـای اثرگـذار بـر تـاب‌آوری فضایـی منظـر اجتماعی-اکولوژیـک شـهر قـم، ابتـدا سـاختارهای طبیعـی و انسان‌سـاخت تشـکیل دهنـده منظـر بـا کمـک تصاویـر ماهـواره‌ای در یـک دوره سـی سـاله از پایـگاه داده‌ی زمین‌شناسـی آمریـکا اسـتخراج گردیـد. داده‌هـای سـال ۱۹۸۹ از ماهـواره لندسـت۵ سـنجنده‌ی تـی‌ام () TM، سـال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ ماهـواره لندسـت۷ سـنجنده ای‌تـی‌ام (ETM+) و سـال ۲۰۱۹ ماهـواره لندسـت۸ سـنجنده اُلِ‌آی (OLI) مربـوط بـه یـک مـاه مشـخص (تیرمـاه) تهیـه شـده اسـت. ایـن تصاویـر جهـت شناسـایی موزاییـک منظـر، در چهـار رده زمین‌هـای خالـی، پوشـش سـبز، زمین‌هـای ساخته‌شـده و راه‌هـا در محیـط نرم‌افـزار




**شکل ۱. محدوده‌ی مطالعه- رشد سریع جمعیت و توسعه‌ی ناهماهنگ با ظرفیت اکولوژیک منظر شهر قم طی سه دهه‌ی اخیر، آن را به نمونه‌ی ارزشمندی برای پژوهش بر روی اثرات توسعه بر تاب‌آوری شهرهای گرم و خشک بدل ساخته است. (مأخذ: نگارندگان)**



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

انوی (ENVI) به‌روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و بیشترین شباهت کلاس‌بندی شده است (شکل ۲).

سنجه‌های کمی ساختار منظر شامل متریک‌های PLAND، CA، NP، AREA-MN متناسب با هدف انتخاب شده و محاسبات لازم جهت کمی‌سازی تغییرات توسط نرم‌افزار فرگستت (Fragstats) صورت گرفته است. برای پیش‌بینی روند تغییرات از تحلیل رگرسیون و تابع فُرکست (FORECAST) استفاده گردیده است. شاخص‌های اصلی تاب‌آوری شهری با رویکرد تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی بر اساس پژوهش ژنگ و همکارانش [۵۴] در سه بعد ظرفیت تطبیق‌پذیری، ظرفیت جذب و ظرفیت تحول‌آفرین تعیین و متناسب با رویکرد مطالعه مورد بازبینی قرار گرفت (جدول ۱).

## ٤. یافته‌های پژوهش

تمامی نتایج مطالعه‌ی متریک‌های ساختاری منظر طی ۳۰ سال گذشته نشان داد که بطور کلی سهم زیرساخت‌های طبیعی به نفع زیر ساخت‌های انسانی همواره طی این دوره کاهش یافته است. متریک PLAND نشان می‌دهد نسبت مساحت هریک ساختارها چه درصدی از کل منظر را تشکیل می‌دهد. سهم زیرساخت‌های سبز از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ ده درصد کاهش و در عوض سهم زمین‌های خالی افزایش یافته است. این امر می‌تواند نتیجه‌ی آبگیری سد ۱۵ خرداد و سد ساوه در سال ۱۹۹۵ و خشکی ناگهانی عرصه‌های سبز باشد [۶۶]. از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ کاهش سهم زمین‌های خالی و پوشش گیاهی و در عوض افزایش سهم عناصر انسان‌ساخت منظر مشاهده می‌شود. به طور کلی مساحت پوشش گیاهی به یک سوم و مساحت حوزه مصنوع به حدود ۴ برابر رسیده است (شکل ۳)، که می‌تواند حاکی از سیاست‌های برنامه‌ریزی مدرن و ماشینی در این دوره باشد.

مقایسه سه متریک CA(مساحت کلاس)، NP (تعداد لکه‌ها)،

**جدول ۱. ابعاد و عوامل اصلی سنجش تاب‌آوری در ارتباط با اثرات فضایی بر سیستم اکولوژیکی-اجتماعی شهر**
**(مأخذ: Zang et al. 2022 و بازبینی توسط نگارندگان)**

| ابعاد اصلی تاب‌آوری شهر به مثابه یک سیستم اکولوژیکی - اجتماعی | | | |
|---|---|---|---|
| عوامل اثرگذار | | اثرات فضایی | متریک‌های سنجنده |
| **بعد اول - ظرفیت تطبیق پذیری:**<br>**توانایی سیستم برای تطبیق با شرایط جدید** | | وسعت مناسب پوشش گیاهی، تعداد مناسب لکه‌های سبز، وجود زمین‌های خالی، تعداد مناسب لکه‌های زمین خالی، اختلاط مناسب لکه‌های مسکونی، زمین‌های خالی و پوشش گیاهی | PLAND<br>درصد مساحت هر کلاس (بدون واحد)<br>CA<br>مساحت کلاس (هکتار)<br>NP<br>تعداد لکه‌ها (بدون واحد)<br>AREA-MN<br>متوسط اندازه لکه (هکتار) |
| | ۱ میزان دسترسی به منابع آب و غذا | | |
| | ۲ میزان دسترسی کافی به زمین | | |
| | ۳ میزان تسهیلات زندگی و اقامت | | |
| | ۴ سلامتی | | |
| | ۵ زیرساخت‌های شبکه‌های اجتماعی | | |
| **بعد دوم - ظرفیت جذب:**<br>**توانایی سیستم برای جذب اختلال** | | مساحت لکه‌های راه، تعداد لکه‌های راه، وسعت مناسب پوشش گیاهی و زمین‌های خالی | |
| | ۱ دسترسی به حمل و نقل | | |
| | ۲ حمایت جامعه | | |
| | ۳ زیرساخت‌های سبز شهری | | |
| | ۴ زیرساخت‌های حفاظتی و مدیریت بلایا | | |
| **بعد سوم - ظرفیت تحول آفرین:**<br>**توانایی سیستم برای تحول و رسیدن به نقطه‌ی تعادل جدید** | | گستردگی کافی، تعداد و تنوع اندازه و پراکنش لکه‌های سبز و زمین‌های خالی در ارتباط با لکه‌های مسکونی | |
| | ۱ میزان دسترسی به طبیعت و منابع طبیعی | | |
| | ۲ میزان دسترسی به منابع انسانی و اجتماعی | | |
| | ۳ میزان کیفیت زندگی | | |
| | ۴ میزان ایمنی در مقابل خطرات | | |
| | ۵ میزان امنیت و هزینه‌های نظارت | | |

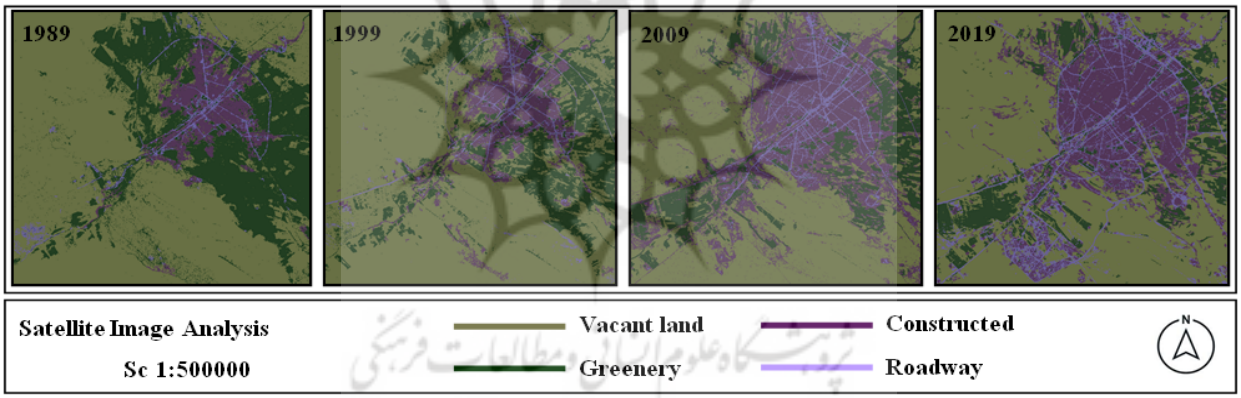
[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]
[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

Area-MN (میانگین مساحت لکه‌ها) با یکدیگر نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۹ میانگین مساحت لکه‌های سبز طی ۱۰ سال گذشته تقریبا ثابت مانده است، اما تعداد لکه‌ها و مساحت مجموع ساختار سبز حدودا ٪۳۵ کاهش یافته است که حاصل توسعه مسکونی و بیابان‌زاییست. با آن‌که کاهش کلی پوشش گیاهی طی ده سال بعدی یعنی تا سال ۲۰۰۹ نیز ادامه می‌یابد اما روندی کاملا متفاوت را در پیش گرفته است. تعداد لکه‌ها کاهش بسیار شدید ٪۹۳ را تجربه می‌کند در حالی که میانگین مساحت لکه‌ها تقریبا ۱۳ برابر می‌شود که دلیل آن از بین رفتن لکه‌های کوچک و کمتر تاب‌آور در اثر تنش وارد شده است. مساحت کلی در دهه‌ی بعد و تا سال ۲۰۱۹ همچنان کاهش می‌یابد اما تعداد لکه‌ها افزایش ۱۶ برابری و میانگین مساحت لکه‌های کاهش ۲۵ برابری را تجربه می‌کند که می‌توان آن را با سیاست‌های زیباسازی شهرداری مرتبط نمود(شکل ٤).

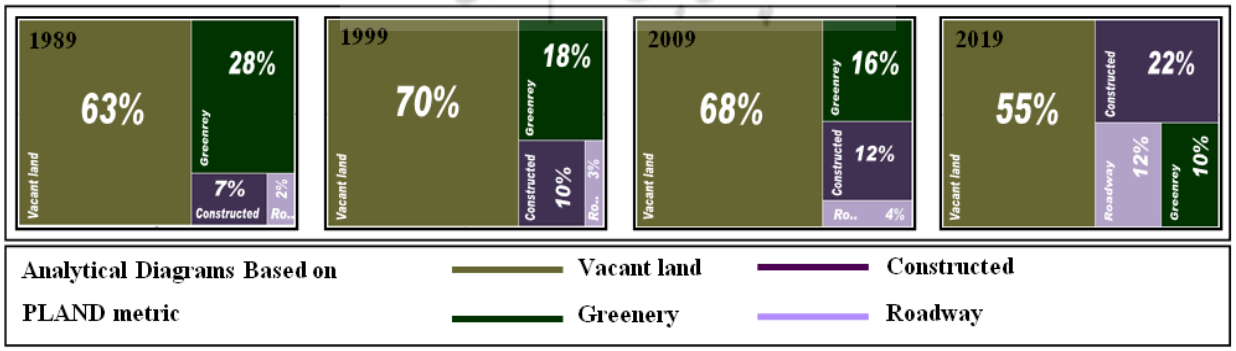
متریک مساحت کلاس همچنین نشان می‌دهد زمین‌های خالی در ابتدای دوره بدلیل بیابان‌زایی حاصل از آبگیری سدها با افزایش ٪۱۰ و سپس با کاهش‌های به ترتیب ٪۲ و ٪۲۲ در دهه‌های بعدی مواجه شده است، اما تعداد لکه‌ها به طور دائم افزایش و میانگین اندازه لکه‌ها کاهش یافته است. در زمین‌های ساخته‌شده نیز مساحت کلاس نشان می‌دهد در ده سال اول ٪۴۴ و در دهه‌های بعدی نیز به ترتیب ٪۲۳ و ٪۸۰ افزایش اتفاق افتاده است. این در حالیست که تعداد لکه‌ها با افزایش بیش از ۷ برابری در ده سال اول و حدودا سه برابر و یک و نیم برابر در دهه‌های بعدی مواجه شده و میانگین لکه‌ها ابتدا ٪۴۰ و سپس ٪۶۰ کاهش یافته و در دهه آخر ٪۲۰ افزایش یافته است. که همه‌ی این‌ها به دلیل الگوهای مختلف توسعه‌ی شهری، تفکیک اراضی و ساخت و ساز است. نهایتا بررسی راه‌ها در مساحت کلاس نشان می‌دهد که ابتدا ٪۱۰ و سپس ٪۵۰ و در دهه پایانی نزدیک به ۳ برابر رشد داشته است. تعداد لکه‌ها ابتدا ۶ برابر و سپس یک و نیم برابر اما در ده سال آخر نصف شده است. میانگین مساحت لکه‌ها ابتدا ٪۸۰ درصد کاهش یافته و طی ده سال بعدی ثابت مانده است. اما در دهه‌ی پایانی حدودا ۷ برابر بزرگ شده است (شکل ۴). برای فهم این تغییرات نیز می‌توان الگوهای مختلف گسترش راه‌ها و تکمیل پروژه‌های شبکه‌ی حمل و نقل شهری را دنبال نمود.

## ۵. بحث

در تحلیل متریک‌های منظر با رویکرد تاب‌آوری فضایی بر آستانه‌هایی تمرکز می‌شود که عبور از آنها هویت منظر اکولوژیک شهر را مخدوش می‌سازد. روند کمی‌سازی هویت




**شکل ۲. نقشه‌های کلاس‌بندی منظر اکولوژیک شهر قم بر اساس آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI (مأخذ: نگارندگان)**




**شکل ۳. تغییرات نسبت مساحت ساختارها در موزاییک منظر شهر قم در بازه‌های ده ساله مبتنی بر متریک PLAND . سهم مساحتی ساختارهای طبیعی به نفع ساختارهای مصنوع در طول دوره سی ساله همواره در حال کاهش است. (مأخذ: نگارندگان)**



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

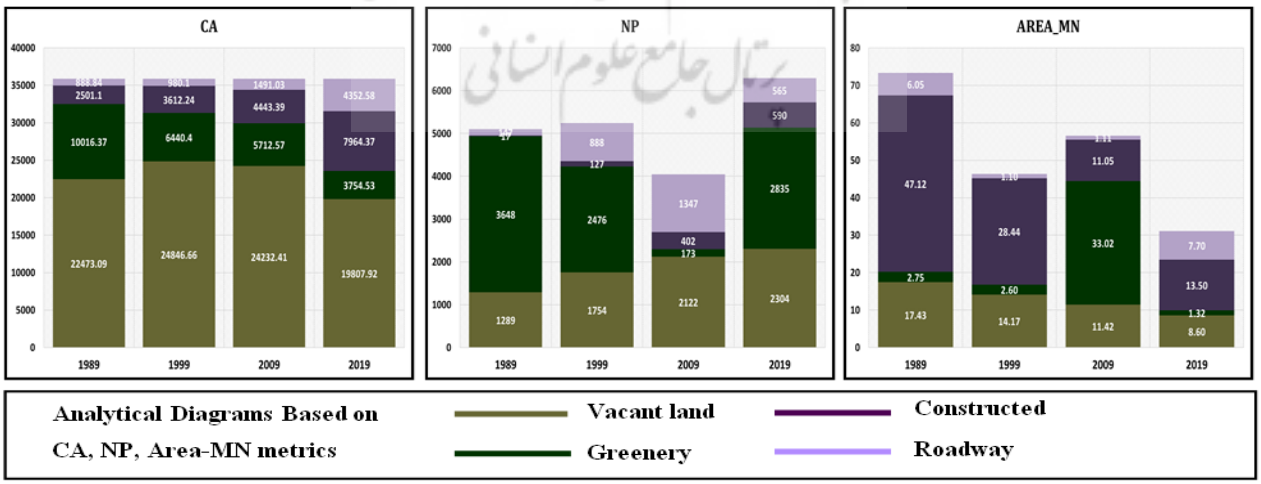
می‌توانـد سـاده امـا بـه شـدت کاربـردی باشـد. بـه عنـوان نمونـه نسـبت مسـاحتیِ میـان سـاختارهای اصلـی جنبـه‌ی مهمـی از هویـت منظـر بوم‌شـناختی شـهر را بـه لحـاظ تـاب‌آوری، کمی‌سـازی کـرده و بـرای آن محدوده‌هایـی را مشـخص می‌نمایـد. در سـال ۱۹۸۹ بـه ازای هـر یـک قسـمت مسـاحتی کـه بـه راه‌هـا اختصـاص یافتـه بـوده، سـه قسـمت فضاهـای سـاخته شـده وجـود داشـته و بـه ازای هـر یـک قسـمت فضـای سـاخته شـده، سـه قسـمت سـاختارهای سـبز موجـود بـوده و بـه ازای هـر قسـمت از فضاهـای سـبز، سـه قسـمت زمین‌هـای خالـی و بیابـان وجـود داشـته اسـت.

بنابرایـن نسـبت مشـخصی میـان مسـاحت سـاختارهای فضایـی منظـر برقـرار بـوده کـه در صـورت توسـعه‌ی شـهر نیـز در جهـت حفـظ هویـت، کـم و بیـش بایسـت برقـرار بمانـد. امـا چنانچـه ایـن نسـبت‌های فضایـی تغییـر کنـد، می‌توانـد نشـان‌دهنده تغییراتـی در فرایندهـای اجتماعـی، اقتصـادی یـا زیسـتی یـا رشـد نامتـوازن ایـن ابعـاد در توسـعه پایـدار سیسـتم منظـر شـهری باشـد. بـه عنـوان مثـال در سـال ۱۹۸۹ سـهم سـاختارهای سـبز نسـبت بـه سـاختارهای مصنـوع (مجمـوع زمین‌هـای سـاخته شـده و راه‌هـا) در منظـر در حـدود سـه برابـر بـوده اسـت. امـا ایـن میـزان در سـال ۱۹۹۹ بـه کمتـر از یـک و نیـم برابـر رسـیده و در سـال ۲۰۰۹ سـهمی برابـر دارنـد. در سـال ۲۰۱۹ این نسـبت کامـلا برعکـس شـده و سـاختارهای انسان‌سـاخت بیـش از سـه برابـر سـاختارهای سـبز اسـت. بـرای درک بهتـر ایـن تغییـرات، در شـکل ۵ بـا اعمـال شـبکه‌ی ۲۰۰*۲۰۰ مترمربـع، هـر سـلول در موزاییـک منظـر بـه رنـگ سـاختاری درآمـده کـه مسـاحت غالـب را داشـته اسـت (چنانچـه ایـن مسـاحت بیـش از ۵۰ درصـد بـوده، رنـگ بـا غلظـت حداکثـر اعمـال شـده اسـت).

ایـن تغییـرات بـه طـور واضحـی نشـان‌دهنده توسـعه‌ی ناپایـدار شـهر اسـت و در تعامـل میـان ابعـاد پایداری بـدان معناسـت کـه بطـور کلـی ارائـه خدمـات اکوسیسـتم بـه جامعـه رو بـه کاهـش اسـت و برداشـت اقتصـادی و اجتماعـی از منابـع زیسـتی بیـش از ظرفیـت بسـتر صـورت گرفتـه اسـت. همچنیـن ایـن تغییـر نمایان‌گـر آن اسـت کـه شـاخص‌های تـاب‌آوری در بعـد ظرفیـت تطبیق‌پذیـری در تامیـن آب، غـذا، زمیـن، سـلامت و شـکل‌گیری شـبکه‌های اجتماعـی بـه لحـاظ کاهـش سـهم سـاختارهای طبیعـی در مقابـل افزایـش سـاختارهای انسان‌سـاخت تضعیـف گشـته اسـت. در بعـد ظرفیـت جـذب بـه دلیـل کاهـش زیرسـاخت‌های حفاظتـی و مدیریـت بلایـا و تغییـرات آب‌وهوایـی بـا دشـواری بیشـتری روبه‌روسـت.

بـه همیـن ترتیـب می‌تـوان آسـتانه‌هایی را بـر ایـن اسـاس تعریـف نمـود. اولیـن آسـتانه نقطـه‌ای اسـت کـه سـهم سـاختارها در منظـر تغییـر کنـد. تغییـر سـاختارها بدیـن صـورت نشـان‌دهنده تغییـر هویـت منظـر و کاهـش تـاب‌اوری بـه لحـاظ فضایـی اسـت. در سـال ۲۰۰۹ عبـور از آسـتانه اول اتفـاق افتـاده اسـت و در سـال ۲۰۱۹ هـر کـدام از سـاختارهای انسان‌سـاخت (سـاخته شـده یـا راه‌هـا) بـه تنهایـی از سـاختارهای سـبز بیشـتر اسـت. بنابرایـن عبـور از دومیـن آسـتانه نیـز در ایـن سـال اتفـاق افتـاده اسـت. بـه همیـن صـورت می‌تـوان پیش‌بینـی نمـود کـه بـا ادامـه‌ی رونـد کنونـی در ۲۰ سـال آینـده عبـور از سـومین آسـتانه، یعنـی دگرگونـی کامـل هویـت منظـر اتفـاق خواهـد افتاد (شـکل ۶). دقـت پیش‌بینـی را می‌تـوان بـه سـادگی بـا کوتـاه نمـودن دوره‌هـای زمانـی سـنجش افزایـش داد.

تحلیـل یافته‌هـای حاصـل از سـه متریـک CA، NP، Ar-ea-MN نتایـج جالـب توجهـی را در رونـد تـاب‌آوری فضایـی منظـر اکولوژیـک شـهر نشـان می‌دهـد. کاهـش ۳۵٪ تعـداد لکه‌هـا و مسـاحت مجمـوع سـاختار سـبز در سـال ۱۹۹۹ در عیـن ثبـات میانگیـن مسـاحت لکه‌هـا طـی ۱۰ سـال نمایان‌گـر کاهـش لکه‌هـا در هـر یـک از لکه‌هـای کوچـک، متوسـط و بـزرگ در ایـن کلاس بـه یـک میـزان اسـت کـه نشـان می‌دهـد از تعـداد لکه‌هـا بـا مسـاحت‌های متفـاوت تحـت تأثیـر عوامـل گوناگـون نظیـر توسـعه

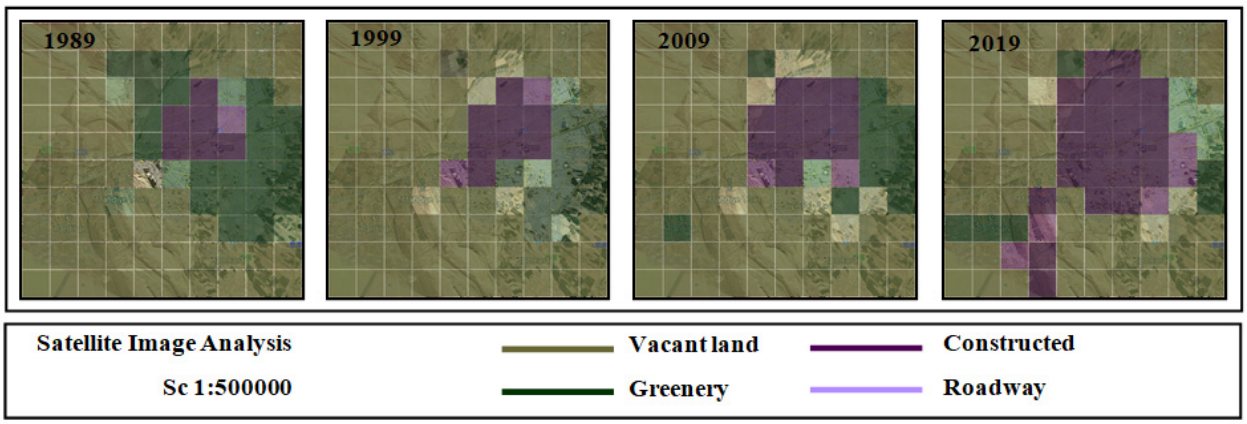



**شکل ۴. تغییرات نسبت ساختارها در موزاییک منظر شهر قم در بازه‌های ده ساله مبتنی بر متریک‌های AREA_MN ،NP ،CA (مأخذ: نگارندگان)**

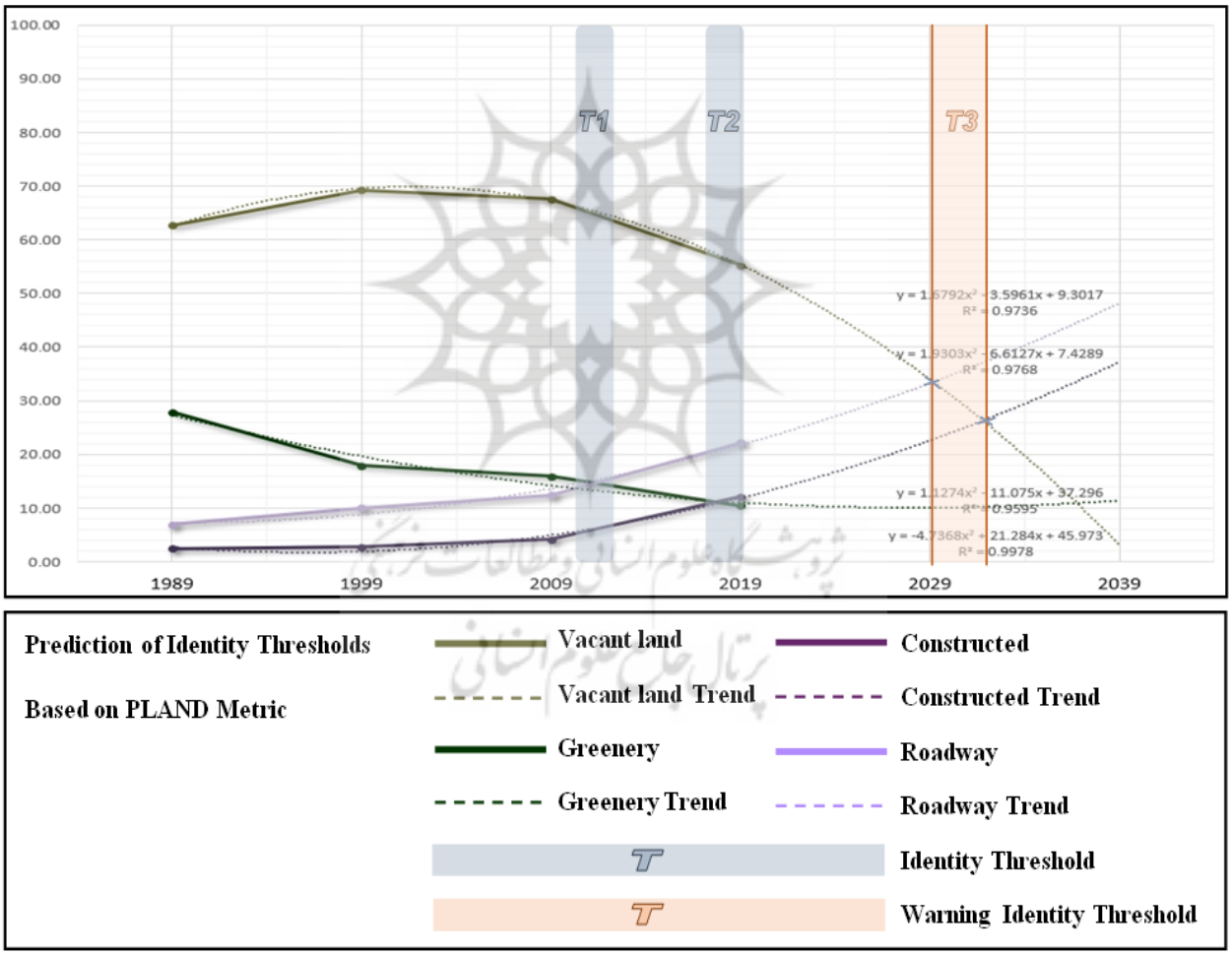


[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]




شکل ۵. ساختار کلی روابط فضایی موزاییک منظر مبتنی بر آنالیز تصاویر ماهواره با اعمال فیش نت ۲۰۰*۲۰۰ متر – رنگ هر سلول با مساحت چهار هکتار بر اساس ساختاری است که بیشترین سهم مساحتی را در آن سلول دارد. چنانچه این سهم بیش از ٪۵۰ بوده با رنگ با حداکثر غلظت و چنانچه کمتر از ۵۰ درصد بوده است با نصف غلظت اعمال شده است. این شبکه نشان می‌دهد چگونه هویت منظر در حال تغییر است. (مأخذ: نگارندگان)




شکل ۶. شناسایی آستانه‌های هویتی و پیش‌بینی بازه‌ی زمانی عبور از آستانه‌ی سوم و دگرگونی کامل هویتی منظر شهر قم مبتنی بر متریک PLAND - در حوالی سال ۲۰۰۹ سهم ساختار سبز از قسمت‌های ساخته شده کمتر شده و هویت شهر به مثابه یک واحه (قطعه زمینی سبز و خرم در میان صحرا) از بین رفته است. با ادامه روند کنونی در حدود سال ۲۰۲۹ سهم ساختارهای مصنوع و طبیعی کاملا دگرگون شده و هویت منظر شهر کاملا متحول می‌گردد. (مأخذ: نگارندگان)



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

از درون و خشکی حاصل از آبگیری سدها از بیرون شهر، به نسبتی متوازن کاسته می‌شود. در این دهه منظر شهر شاهد عبور از الگوی نخست به الگوی دوم می‌باشد (عبور از اولین آستانه فضایی-هویتی تاب آوری). این درحالیست که منظر در دهه‌ی بعدی الگویی متفاوتی را دنبال می‌کند. کاهش شدید تعداد لکه‌ها در کنار افزایش شدید میانگین مساحت لکه‌ها نشان می‌دهد لکه‌های کوچک و با تاب‌آوری پایین در ساختار سبز، عمدتا به دلیل تنش‌های اجتماعی-اکولوژِیکی وارده بر سیستم منظر شهر از میان رفته اما لکه‌های بزرگ و تاب‌آورتر باقی مانده‌اند (عبور از دومین آستانه هویتی). به عنوان نمونه از دلایل تنش‌های بُعد اجتماعی می‌توان به سیاست‌های اقتصادی متکی بر ارزش زمین و تغییر الگوی مسکن و حذف فضای سبز حیاط منازل و در بعد اکولوژیکی کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، تغییرات آب‌وهوایی و تغییر الگوی روان‌آب‌های سطحی اشاره نمود. در دهه‌ی بعد نیز این الگو بار دیگر دگرگون شده است. این‌بار افزایش شدید تعداد لکه‌ها در کنار کاهش شدید میانگین مساحتی، نشان می‌دهد که احتمالا لکه‌های بزرگ شامل باغ‌های بزرگ و متوسط عمدتا حومه‌ای تجزیه گشته و لکه‌های ریزتری از آنها باقی مانده است. همچنین تحت تأثیر سیاست‌های زیباسازی شهری، چمن‌کاری و گل‌کاری‌هایی نیز توسط شهرداری انجام شده است. بنابراین بر اساس این متریک‌ها عبور از آستانه‌ی سوم نیز اتفاق افتاده و هویت شهر کاملا دگرگون گشته است.

بر این اساس می‌توان با استفاده از یافته‌های حاصل از تغییرات فضایی چهار الگوی فضایی-هویتی منظر اکولوژیک را در ساختارهای سبز از یک دیگر تفکیک و بر اساس عبور از هر الگو به الگوی دیگر حالتی را بصورت کمی تعریف نمود (جدول ۲). با ارزیابی وضعیت کلی تاب‌آوری هریک از الگوها حالت‌هایی که شرایط آستانه‌ای دارند مشخص می‌گردند (به عنوان مثالی حالتی که از تغییر الگوی مطلوب به نامطلوب صورت گرفته یک آستانه است).

با تحلیل روند گذشته‌ی تغییر الگوها و عبور از آستانه‌ها، می‌توان با پیش‌بینی تغییرات آینده برنامه‌ریزی آگاهانه‌تری را برای افزایش تاب‌آوری منظر شهر پایه‌ریزی نمود. به عنوان نمونه این امکان وجود دارد که حالتی مشابه با یکی از حالت‌های دهه‌های گذشته در آینده نیز تکرار شود. در حالت اول، کاهش کلی مساحت سبز به شکلی متوازن اتفاق افتاده است. این کاهش تا زمانی که ارتباط میان شبکه‌ی لکه‌های سبز همچنان برقرار باشد، منجر به تغییرات هویتی و در نتیجه بحران تاب‌اوری نخواهد شد. میزان قدرت ارتباط میان اعضای شبکه می‌تواند با متریک PD (تراکم لکه) پایش و کمی شود. در حالت دوم و سوم، کاهش مساحت کلی به صورت نامتوازن اتفاق افتاده که می‌تواند منجر به از میان رفتن کامل هویت گردد و با حذف یکی از اعضای اصلی شبکه (لکه‌های کوچک یا لکه‌های بزرگ) به از هم‌گسستن کامل شبکه‌ی سبز و از دست رفتن کارکردهای (تطبیقی، جذب و تحول) آن بیانجامد. بدین ترتیب متریک‌های منظر نشان می‌دهند از آستانه‌های اول و دوم (حالت‌های دوم و سوم در جدول ۲) طی سال‌های اخیر عبور شده است و چنانچه روند کاهش (متوازن یا نامتوازن) مساحت ساختارهای سبز با حالتی مشابه با هر یک از حالت‌های پیشین ادامه یابد، منظر به مرحله‌ی جبران‌ناپذیری به لحاظ تاب‌آوری وارد خواهد شد. سیاست‌گذاران و مدیران شهری می‌توانند از این الگوها به عنوان سه سکانس برنامه‌ریزی تا رسیدن به منظر مرجع هویتی شهر قم (منظر ابتدای دوره) استفاده نموده و با اتخاذ سیاست‌هایی نظیر ایجاد لکه‌های بزرگ و راهکارهای عملی نظیر ایجاد باغ‌های پیرامونی، باغ‌های اجتماعی، تقویت کشاورزی شهری و مانند این‌ها منظر شهر را به نقطه‌ی تعادلی جدیدی به لحاظ تاب‌آوری اجتماعی-اکولوژیک وارد کنند.در جدول ۳ نتایج بدست آمده از دو نوع آستانه‌ی تعیین شده بر مبنای متریک‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده و نشان می‌دهد این نتایج با یکدیگر انطباق مناسبی دارند (جدول ۳).

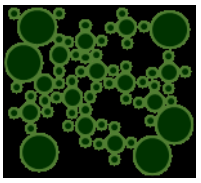
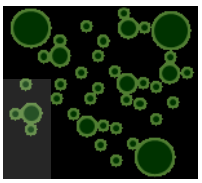
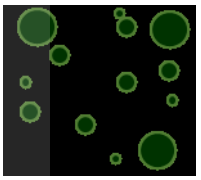
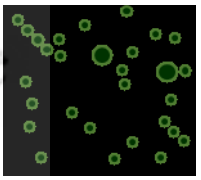
تاب‌آوری فضایی همچنین می‌تواند با تحلیل تغییرات ساختار منظر اکولوژی بر اساس ابعاد تاب‌آوری به درکی از پویایی تاب‌آوری منظر در طول ۳۰ سال دست یابد. ادغام بوم‌شناسی منظر و مفاهیم تاب‌آوری، تحلیلی چندبعدی و نیازمند انجام انواع ارزیابی‌ها در کنار تحلیل متریک‌های منظر است. با این‌حال در جدول ۳ با ترکیب تحلیل‌های حاصل از هر یک از متریک‌ها بصورت جداگانه و در یک ساختار خاص، نتایج اولیه در ارتباط با آن ساختار در طول یک دوره بدست آمده است. سپس با سنتز نتایج تمامی ساختارها وضعیت تاب‌آوری منظر در یک دوره‌ی زمانی بر اساس ابعاد آن استخراج گشته است. از کنار هم قرار دادن نتایج تمامی دوره‌ها، پویایی تاب‌آوری منظر در دوره‌ی ۳۰ ساله قابل استنباط خواهد بود. جدول ٤ نشان می‌دهد هرچند در طول دوره سی ساله در برخی از پارمترها و ابعاد تاب‌آوری بهبودهایی نیز مشاهده می‌شود، بطور کلی تاب‌آوری بشدت طی این دوره کاهش یافته است که از عمده‌ترین دلایل آن می‌توان به کاهش شدید ساختارهای سبز و بیابان‌زایی، رشد افقی و پیرامونی شهر به صورت پراکنده و نامنظم، ناشی از سوداگری و اقتصاد متکی بر ارزش زمین دانست. هچنین توسعه حمل‌ونقل متکی بر اتومبیل شخصی و عدم توجه به زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی از دیگر دلایل مهم کاهش تاب‌آوری است.



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

**جدول ۲. شناسایی الگوهای فضایی‌هویتی منظر شهر قم مبتنی بر متریک‌های CA، NP، AREA-MN در دوره‌های مختلف و ارزیابی وضعیت کلی الگوها بر اساس شاخص‌های تاب‌آوری – در دهه‌ی اولِ دوره، الگوی اول (بسیار مطلوب) به الگوی دوم (مطلوب) تغییر حالت می‌دهد. در دهه‌های بعدی تغییر حالتِ دوم (مطلوب به نامطلوب) و سوم (نامطلوب به بسیار نامطلوب) نیز اتفاق افتاده است. در آینده روند کاهش ساختار سبز با حالتی شبیه هر یک از حالت‌های فوق اتفاق افتد، منظر به مرحله‌ی بازگشت‌ناپذیر به لحاظ تاب‌آوری خواهد رسید (مأخذ: نگارندگان).**

| دوره زمانی | الگوی شماتیک فضایی-هویتی | ارزیابی وضعیت فضایی الگو | ارزیابی الگو بر اساس ابعاد تاب‌آوری | وضعیت کلی تاب‌آوری |
|---|---|---|---|---|
| تا قبل سال ۱۹۸۹ |  | مساحت مطلوب ساختارهای سبز نسبت به سایر ساختارها در منظر- توازن میان اندازه لکه‌ها- تعداد مناسب لکه‌ها | ظرفیت تطبیقی (خدمات اکوسیستم- سلامت- شکل‌گیری شبکه‌های متنوع اجتماعی در بستر فضای سبز) مطلوب<br>ظرفیت جذب (زیرساخت‌های حفاظتی و مدیریت بلایا، تغییرات آب و هوایی متکی بر ساختارهای سبز) مطلوب<br>ظرفیت تحول ( امکانات مشترک مبتنی بر منابع طبیعی) مطلوب | بسیار مطلوب |
| از ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ |  | مساحت ساختارهای سبز به شکلی متوازن در بین لکه‌های کوچک، متوسط و بزرگ کاهش یافته است. | خدمات اکوسیستم، سلامت، امکان شکلگیری شبکه‌های اجتماعی، زیرساخت‌های حفاظتی و مدیریت بلایا و تغییرات متکی بر ساختارهای سبز، امکانات مبتنی بر منابع طبیعی به تناسب کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت‌های تطبیقی، جذب و تحول کاهش نیز یافته است اما همچنان متوازن است. | مطلوب |
| از ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ |  | مساحت ساختارهای سبز بشکل بسیار نامتوازنی کاهش یافته و لکه‌های کوچکتر منظر حذف شده اند | کاهش شدید خدمات اکوسیستم با از میان رفتن لکه‌های کوچکتر که نقش ارتباطی در جریان ماده و انرژی ایفا می‌کردند- تضعیف شدید شبکه‌های اجتماعی کوچک مقیاس مانند خانواده و محله- گسسته شدن شبکه حفاظتی بدلیل کاهش لکه‌های کوچک. در نتیجه ظرفیت‌های تطبیقی، جذب و تحول به شدت آسیب دیده | نامطلوب |
| از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ |  | مساحت ساختارهای سبز باز هم به شکل نا متوازنی کاهش یافته و لکه‌های بزرگ به لکه‌های کوچکتر تجزیه شده اند | لکه‌های بزرگ سبز به عنوان زیستگاه‌های اصلی حیات و ارائه دهندگان خدمات زیستی از میان رفته است. از میان رفتن سلسله مراتب شبکه‌های اجتماعی و حفاظتی و تغییر هویت آنها و از دست دادن قابلیت پاسخ‌دهی | بسیار نامطلوب |

حالت اول (تغییر از الگوی اول به دوم) — آستانه اول — حالت دوم (تغییر از الگوی دوم به سوم) — آستانه دوم — حالت سوم (تغییر از الگوی سوم به چهارم)

**جدول ۳. مقایسه نتایج آستانه‌های هویتی نوع اول و دوم که بر اساس متریک‌های مختلف تعیین گشته است (مأخذ: نگارندگان).**

| | عبور از اولین آستانه | عبور از دومین آستانه | عبور از سومین آستانه |
|---|---|---|---|
| آستانه‌های هویتی نوع اول: تعیین شده توسط متریک PLAND | حدود ۲۰۰۹ | حدود ۲۰۱۹ | حدود ۲۰۲۹ تا ۲۰۳۵ به شرط ادامه روند فعلی اتفاق می‌افتد |
| آستانه‌های هویتی نوع اول: تعیین شده توسط ترکیب متریک‌های AREA-MN ،NP ،CA | بین ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ | بین ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ | در آینده به شرط ادامه روند فعلی اتفاق می‌افتاد |
| همخوانی نتایج آستانه‌های نوع اول و دوم | همخوانی دارد | همخوانی دارد | همخوانی نسبی دارد |



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

**جدول ٤. ارزیابی تغییرات منظر شهر قم در بازه‌های زمانی ده‌ساله بر اساس ابعاد تاب‌آوری مبتنی بر روابط فضایی موزاییک منظر (مأخذ: نگارندگان)**

| دوره | متریک | زمین‌های خالی | فضاهای سبز | زمین‌های ساخته شده | راه‌ها |
|---|---|---|---|---|---|
| از سال ۱۹۸۹ تا سال ۱۹۹۹ | مجموع مساحت | ۱۰ درصد افزایش | ۳۵ درصد کاهش | ۴۵ درصد افزایش | ۱۰ درصد افزایش |
| | تعداد لکه‌ها | ۳۵ درصد افزایش | ۳۵ درصد کاهش | ۷/۵ برابر افزایش | ۶ برابر افزایش |
| | میانگین لکه‌ها | ۲۰ درصد کاهش | تقریبا ثابت | ۴۰ درصد کاهش | ۸۰ درصد کاهش |
| | ترکیب اولیه نتایج بر اساس متریک‌ها در هر ساختار | بیابان‌زایی قطعات خالی زمین ناشی از پراکنده سازی | خشک شدن متوازن لکه‌های سبز | توسعه افقی و پراکنده شهر | احداث خیابان‌های کوتاه و کوچه‌ها برای دسترسی به محلات جدید |
| | سنتز نتایج بر اساس تاب‌اوری | ظرفیت تطبیقی: کاهش خدمات اکوسیستم و شریط مطلوب محیطی، کاهش توان شبکه‌های اجتماعی<br>ظرفیت جذب: کاهش توان زیرساخت‌های حفاظتی و مدیریت بلایا و تغییرات، افزایش سطح دسترسی<br>ظرفیت تحول: افزایش هزینه‌های نظارت، کاهش جامعه محوری، کاهش دسترسی به منابع طبیعت | | | |
| از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۹ | مجموع مساحت | تقریبا ثابت | ۱۰ درصد کاهش | ۲۵ درصد افزایش | ۵۰ درصد افزایش |
| | تعداد لکه‌ها | ۲۰ درصد افزایش | ۹۵ درصد کاهش | ۳/۲ برابر افزایش | ۵۰ درصد افزایش |
| | میانگین لکه‌ها | ۲۰ درصد کاهش | ۱۳ برابر افزایش | ۶۰ درصد کاهش | تقریبا ثابت |
| | ترکیب اولیه نتایج بر اساس متریک‌ها در هر ساختار | قطعات بزرگتر زمین برای ساخت به قطعات کوچکتر تقسیم شده | از بین رفتن لکه‌های کوچک فضای سبز نظیر حیاط منازل و باغچه‌ها | توسعه افقی و پراکنده شهر همچنان ادامه یافته است | روند احداث خیابان‌های کوچک با سرعت بیشتری ادامه دارد |
| | سنتز نتایج بر اساس تاب‌اوری منظر | ظرفیت تطبیقی: گسسته شدن شبکه سبز، کاهش خدمات اکوسیستم، کیفیت اقامت، سلامت روانی، بر هم خوردن سلسله مراتب در شبکه‌های اجتماعی -ظرفیت جذب: گسست شبکه زیرساخت‌های حفاظتی ، کاهش امنیت حاصل از حمایت اجتماعی، افزایش سطح دسترسی - ظرفیت تحول: افزایش هزینه‌های نظارت و کاهش بنیان‌های اجتماعی در اثر پراکندگی، کاهش دسترسی به منابع طبیعت | | | |
| از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۹ | مجموع مساحت | ۲۰ درصد کاهش | ۳۵ درصد کاهش | ۸۰ درصد افزایش | ۳ برابر افزایش |
| | تعداد لکه‌ها | ۱۰ درصد افزایش | ۱۶ برابر افزایش | ۵۰ درصد افزایش | ۶۰ درصد کاهش |
| | میانگین لکه‌ها | ۲۵ درصد کاهش | ۲۵ برابر کاهش | ۲۰ درصد افزایش | ۷ برابر افزایش |
| | ترکیب اولیه نتایج بر اساس متریک‌ها در هر ساختار | ساخت برخی از قطعات کوچکتر زمین در لابه لای قطعات | تجزیه لکه‌های سبز بزرگ نظیر باغ‌ها بزرگ به چندین لکه کوچک | توسعه افقی و پراکنده شهر ادامه دارد ولی برخی محلات بهم متصل شده‌اند | اتصال خیابان‌های کوچک به یکدیگر و تشکیل خیابان‌های بزرگ و بزرگراه‌ها |
| | سنتز نتایج بر اساس تاب‌اوری منظر | ظرفیت تطبیقی: تضعیف شدید خدمات اکوسیستم و تنوع زیستی با از میان رفتن لکه‌های بزرگ سبز، کاهش کیفیت اقامت، کاهش سلامت در اثر اتومبیل‌محوری و آلودگی -ظرفیت جذب: افزایش پارک‌ها در سطح محلی، افزایش سطح دسترسی اتومبیل شخصی- کاهش عدالت اجتماعی متکی بر حمل و نقل عمومی، بهبود نظارت اجتماعی- ظرفیت تحول: کاهش شدید دسترسی به منابع و طبیعت | | | |

## ۵. جمع‌بندی

تاب‌آوری فضایی با رویکردی جدید به تاب‌آوری سیستم‌های اکولوژیک-اجتماعی شهرها سعی در فهم و تفسیر اثرات متقابل تاب‌آوری و ساختار فضایی عناصر منظر دارد و با تمرکز بر آستانه‌های هویتی منظر در تلاش است راهی برای کمی‌سازی آنها بیابد. این پژوهش با مرور ادبیات موضوع و با تمرکز بر منظر اکولوژیک شهر قم و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در نظر داشت با بکارگیری زیرساخت‌های فنی ساده، ارزان و در دسترس تحلیلی سودمند از روند تاب‌آوری شهر قم در یک بازه زمانی ۳۰ ساله مبتنی بر تغییر ساختارمنظر اکولوژیک در این دوره بدست آورد و پیش‌بینی نماید روند کنونی در آینده چه اثراتی بر تاب‌آوری خواهد گذاشت. بر این اساس آستانه‌های هویتی مبتنی بر روند کمی‌سازی متریک‌های منظر تعیین و نشان داده شد در



[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

چه بازه زمانی و بر پایه چه تغییراتی در ساختار فضایی منظر از این آستانه‌ها عبور شده و ادامه روند کنونی در چه زمانی منجر به عبور از آستانه نهایی خواهد شد.

این پژوهش می‌تواند با مطالعات مشابه و با استفاده از سنجه‌های دیگر اکولوژیک منظر تدقیق گردد. تحقیقات کیفی مکمل در جهت درک هر چه بیشتر اثرات فضایی به‌خصوص بر روی ابعاد اجتماعی و اقتصادی به صورت موازی در گسترش مبانی نظری و عملی به گسترش ابعاد تاب‌آوری فضایی بسیار موثر خواهد بود.

## Refrences


1. IEA, G.E., CO2 Status Report 2018. International Energy Agency, Paris, 2019. 562.
2. Sabri, S., et al., Geospatial Understanding of Sustainable Urban Analytics Using Remote Sensing. 2022, MDPI. p. 2748.
3. Pettit, C., et al., Planning support systems for smart cities. City, culture and society, 2018. 12: p. 24-13.
4. He, W., et al., How Do Two-and Three-Dimensional Urban Structures Impact Seasonal Land Surface Temperatures at Various Spatial Scales? A Case Study for the Northern Part of Brooklyn, New York, USA. Remote Sensing, 2021. 13(16): p. 3283.
5. Ujjwal, K., et al., A cloud-based framework for sensitivity analysis of natural hazard models. Environmental Modelling & Software, 2020. 134: p. 104800.
6. Korolov, V., et al., Methodology for Determining the Nearest Destinations for the Evacuation of People and Equipment from a Disaster Area to a Safe Area. Remote Sensing, 2021. 13(11): p. 2170.
7. Ladds, M., et al., How much do disasters cost? A comparison of disaster cost estimates in Australia. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2017. 21: p. 429-419.
8. Marzialetti, F., et al., Monitoring Urban Expansion by Coupling Multi-Temporal Active Remote Sensing and Landscape Analysis: Changes in the Metropolitan Area of Cordoba (Argentina) from 2010 to 2021. Remote Sensing, 2023. 15(2): p. 336.
9. Huang, Y., L. Peng, and Y. Li, Landscape Ecological Concepts in Planning (LEP): Progress, Hotspots, and Prospects. Sustainability, 2022. 14(24): p. 16642.
10. Marcus, L., M.B. Pont, and S. Barthel, Towards a socio-ecological spatial morphology: integrating elements of urban morphology and landscape ecology. Urban morphology, 2019. 23(2): p. -115 124.
11. Lee, A., et al., A geospatial platform to manage large-scale individual mobility for an urban digital twin platform. Remote Sensing, 2022. 14(3): p. 723.
12. Wu, J., Linking landscape, land system and design approaches to achieve sustainability. Journal of Land Use Science, 2019. 14(2): p. 189-173.
13. Martin-Breen, P. and J.M. Anderies, Resilience: A literature review. 2011.
14. Lucini, B., Disaster resilience from a sociological perspective. Humanitarian Solutions in the 21st Century, 2014: p. 30-7.
15. Davis, A.G., D.R. Huggins, and J.P. Reganold, Linking soil health and ecological resilience to achieve agricultural sustainability. Frontiers in Ecology and the Environment, 2023.
16. Hines, E.A., et al., Efficacy of resilience interventions for dyads of individuals with brain injury and their caregivers: A systematic review of prospective studies. NeuroRehabilitation, 2023(Preprint): p. 18-1.
17. de Kloet, E.R. and M. Joëls, The cortisol switch between vulnerability and resilience. Molecular Psychiatry, 2023: p. 15-1.
18. Zapata-Barrero, R., Urban migration governance under the resilience lens: conceptual and empirical insights. Ethnic and Racial Studies, 2023: p. 30-1.
19. Ostadi, B., et al., A systematic literature review of organization resilience, business continuity, and risk: Towards process resilience and continuity. Iranian Journal of Management Studies, 2023. 16(1): p. 257-229.
20. Hao, H., et al., Towards next generation design of sustainable, durable, multi-hazard resistant, resilient, and smart civil engineering structures. Engineering Structures, 2023. 277: p. 115477.
21. Felicioni, L., A. Lupíšek, and J. Gaspari, Exploring the Common Ground of Sustainability and Resilience in the Building Sector: A Systematic Literature Review and Analysis of Building Rating Systems. Sustainability, 2023. 15(1): p. 884.
22. Perera, A. and T. Hong, Vulnerability and resilience of urban energy ecosystems to extreme climate events: A systematic review and perspectives.


[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

36. Aldunce, P., et al., Resilience for disaster risk management in a changing climate: Practitioners' frames and practices. Global Environmental Change, 2015. 30: p. 11-1.

37. Musacchio, L.R., The scientific basis for the design of landscape sustainability: a conceptual framework for translational landscape research and practice of designed landscapes and the six Es of landscape sustainability. Landscape Ecology, 2009. 24(8): p. 1013-993.

38. Pearson, D.M. and C.A. McAlpine, Landscape ecology: an integrated science for sustainability in a changing world. Landscape Ecology, 2010. 25(8): p. 1154-1151.

39. Cumming, G.S., Spatial resilience: integrating landscape ecology, resilience, and sustainability. Landscape ecology, 2011. 26(7): p. 909-899.

40. Olds, A.D., et al., Synergistic effects of reserves and connectivity on ecological resilience. Journal of Applied Ecology, 2012. 49(6): p. 1203-1195.

41. Allen, C.R., et al., Quantifying spatial resilience. Journal of Applied Ecology, 2016. 53(3): p. -625 635.

42. Cumming, G.S. and J. Collier, Change and identity in complex systems. Ecology and society, 2005. 10(1).

43. Cumming, G.S., et al., An exploratory framework for the empirical measurement of resilience. Ecosystems, 2005. 8(8): p. 987-975.

44. Shamsuddin, S., Resilience resistance: The challenges and implications of urban resilience implementation. Cities, 2020. 103: p. 102763.

45. Büyüközkan, G., Ö. Ilıcak, and O. Feyzioğlu, A review of urban resilience literature. Sustainable Cities and Society, 2022. 77: p. 103579.

46. Herrera, H. and B. Kopainsky, Using system dynamics to support a participatory assessment of resilience. Environment systems and decisions, 2020. 40(3): p. 355-342.

47. Shi, Y., et al., Assessment methods of urban system resilience: From the perspective of complex adaptive system theory. Cities, 2021. 112: p. 103141.

48. Dianat, H., et al., Choosing a holistic urban resilience assessment tool. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2022. 71: p. 102789.

49. Mehmood, A., Of resilient places: planning for Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2023. 173: p. 113038.

23. Dastjerdi, M.S., et al., A conceptual framework for resilient place assessment based on spatial resilience approach: An integrative review. Urban Climate, 2021. 36: p. 100794.

24. Brunetta, G. and O. Caldarice, Spatial resilience in planning: meanings, challenges, and perspectives for urban transition. Sustainable Cities and Communities, 2020: p. 640-628.

25. Sharifi, A., Resilient urban forms: A review of literature on streets and street networks. Building and Environment, 2019. 147: p. 187-171.

26. Sharifi, A., Resilient urban forms: A macro-scale analysis. Cities, 2019. 85: p. 14-1.

27. Lu, Y., et al., Risk reduction through urban spatial resilience: A theoretical framework. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 2021. 27(4): p. 937-921.

28. Godschalk, D.R., Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural hazards review, 2003. 4(3): p. 143-136.

29. Davic, R.D. and H.H. Welsh Jr, On the ecological roles of salamanders. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2004: p. 434-405.

30. Holling, C.S., Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, 1973: p. 23-1.

31. Rescia, A.J. and M. Ortega, Quantitative evaluation of the spatial resilience to the B. oleae pest in olive grove socio-ecological landscapes at different scales. Ecological Indicators, 2018. 84: p. 827-820.

32. Sharma, M., et al., Establishing Conceptual Components for Urban Resilience: Taking Clues from Urbanization through a Planner's Lens. Natural Hazards Review, 2023. 24(1): p. 04022040.

33. Shi, C., et al., Assessing Urban Resilience from the Perspective of Scaling Law: Evidence from Chinese Cities. Land, 2022. 11(10): p. 1803.

34. Folke, C., Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global environmental change, 2006. 16(3): p. 253-267.

35. Meerow, S., J.P. Newell, and M. Stults, Defining urban resilience: A review. Landscape and urban planning, 2016. 147: p. 49-38.

[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]

of highway networks in response to adverse weather conditions. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2020. 9(8): p. 480.

59. Hallegatte, S., Economic resilience: definition and measurement. World Bank Policy Research Working Paper, 2014(6852).

60. Ouyang, M., L. Dueñas-Osorio, and X. Min, A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. Structural safety, 2012. 36: p. 31-23.

61. Cutter, S.L., The landscape of disaster resilience indicators in the USA. Natural hazards, 2016. 80(2): p. 758-741.

62. QBPO, Landscape of qom. Qom Budget and Planning Organization Report., in Qom Budget and Planning Organization. 2019.

63. Gholami, M., Floristic and habitat study and geographic distribution analysis of plant species in Qom province, in Plant Biology-Systematics Ecology. 2018, Shiraz University: Shiraz.

64. QMO, Climate analysis of qom province in 2018, in Qom Meteorogical Organization. 2019.

65. Deliri, H. and N. Mehrgan, Measuring the sustainability of development in the provinces of Iran, ecological footprint index. Regional Economy and Development, 2016. 23 (11): p. 47-1.

66. Khodaparast, E., F. Eshaghi, and H. Darabi, Analysis of the evolution of the ecological landscape of the city of Qom with the Alberti model. Environmental Sciences, 2021. 19(3): p. 142-123.

urban resilience. European planning studies, 2016. 24(2): p. 419-407.

50. Crowe, P.R., K. Foley, and M.J. Collier, Operationalizing urban resilience through a framework for adaptive co-management and design: Five experiments in urban planning practice and policy. Environmental Science & Policy, 2016. 62: p. 119-112.

51. Bush, J. and A. Doyon, Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? Cities, 2019. 95: p. 102483.

52. Boyd, E. and S. Juhola, Adaptive climate change governance for urban resilience. Urban studies, 2015. 52(7): p. 1264-1234.

53. Duit, A., et al., Governance, complexity, and resilience. 2010, Elsevier. p. 368-363.

54. Zeng, X., et al., Urban resilience for urban sustainability: Concepts, dimensions, and perspectives. Sustainability, 2022. 14(5): p. 2481.

55. Barnes, A. and V. Nel. Putting spatial resilience into practice. in Urban Forum. 2017. Springer.

56. Shafiei-dastjerdi, M., A. Ghaffari, and A. Lak, Unveiling the Concept of Spatial Resilience in Urban Design: A Systematic Qualitative Review. The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar, 2022. 19(109): p. 80-69.

57. Ortega, M., et al., Land-use and spatial resilience changes in the Spanish olive socio-ecological landscape. Applied Geography, 2020. 117: p. 102171.

58. Han, F. and S. Zhang, Evaluation of spatial resilience

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[ Downloaded from udd.modares.ac.ir on 2025-04-29 ]

[ DOI: 10.48311/UDD.5.4.39 ]