University of Guilan

Urban Planning Knowledge

ISSN: 2645-5412

Modeling the Factors Influencing the Degradation of Urban Natural Assets: A Case Study of Yazd City

Taha Rabbani [1*], **Fatemeh Rezaei Sadrabadi** [2]

1. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran
2. M. Sc. in Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran

Highlights:

Developed an urban FCM framework to model non-linear feedback loops of natural asset degradation in arid environments .

Proved that institutional loopholes and land speculation, rather than ecological limits, primarily drive peripheral ecosystem collapse.

ARTICLE INFO

UPK, 2026
VOL. 10, Issue 1, PP, 118-139
Received: 05 Mar 2025
Accepted: 05 Jun 2026

Article Type:
Research article

Keywords: Natural Asset, Urban Sprawl, Urban Ecological Factors, Land-Use Change, System Complexity.

Cite this article:
Rabbani, T., & Rezaei Sadrabadi, F (2026). Modeling the Factors Influencing the Degradation of Urban Natural Assets: A Case Study of Yazd City. Urban Plan Knowl, 10(1), 118-139.

DOI:
10.22124/UPK.2026.30038.2014

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Rapid urbanization in arid regions like Yazd disrupts ecological sustainability, aggravating challenges such as air pollution, biodiversity loss, and land subsidence. Characterized by a fragile desert ecosystem, Yazd suffers from severe natural asset degradation, including the systemic destruction of historical qanats, agricultural orchards, and peripheral green spaces. This research adopts a systems-based analytical approach to identify, categorize, and model the socio-economic, institutional, and environmental driving forces behind this decline. Moving beyond descriptive environmental reporting, the study maps the complex causal feedback loops that perpetuate asset degradation, ultimately providing urban planners with a strategic, targeted tool for ecological intervention.

Methodology: This study employs a mixed-methods framework combining environmental scanning, semi-structured expert interviews, and quantitative Fuzzy Cognitive Mapping (FCM) to analyze complex socio-ecological interactions. Seventeen regional environmental specialists and urban planners were selected through purposive sampling. The research followed three phases: identifying primary variables via Delphi consultations; designing individual cognitive maps with directional weights (-1 to +1); and executing system simulations. Individual matrices were aggregated into a collective FCM using Mental Modeler software to measure system complexity, density, centrality, and out-degree/in-degree ratios.

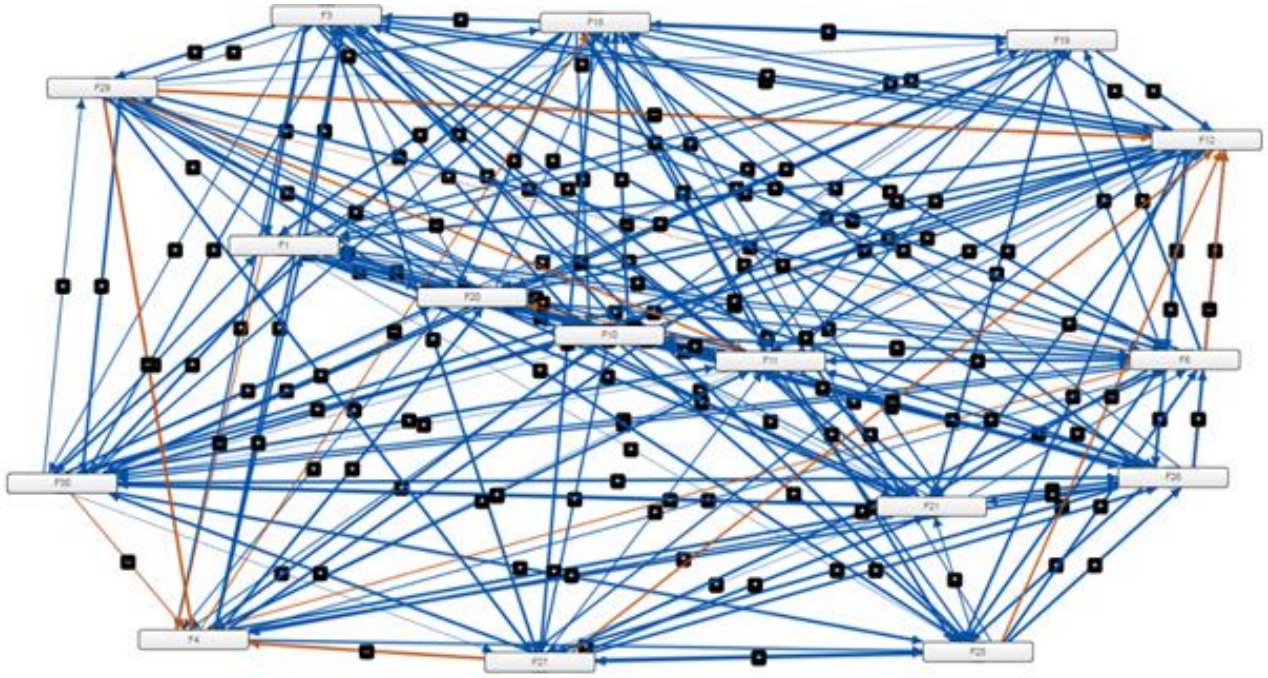
Results: The aggregated FCM revealed a highly dense, interconnected network where specific policy interventions trigger cascading effects across the ecosystem. Variables were classified into transmitter, receiver, and ordinary categories.

***Corresponding Author:** trabbani@yazd.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ISSN: 2645-5412

Simulation results highlighted three core degradation clusters: institutional loopholes (weak zoning enforcement and land speculation serving as primary transmitter variables), economic pressures (monetization of urban peripheral land and dried qanats), and biophysical constraints (groundwater depletion and drought cycles). Notably, "Land Speculation" and "Inadequate Environmental Regulations" exhibited the highest centrality indices, marking them as the primary operational leverage points within the system.



Fuzzy Cognitive Map of the Factors Influencing the Degradation of Urban Natural Assets

Five Most Important Factors–(Based on the highest Centrality values)

Rank	Code	Influencing Factor	Centrality
1	F12	Land-use change and expansion of the city's legal boundary	23. 95
2	F30	Rural depopulation and migration to Yazd city	22. 10
3	F11	Change in consumption culture (consumerism)	21. 90
4	F26	Increasing pressure on urban natural systems	21. 44
5	F6	Expansion of informal settlements	20. 65

Discussion: The findings reveal that the degradation of natural assets in Yazd is fundamentally rooted in institutional and economic failures rather than purely biophysical limitations. While regional aridity plays a role, horizontal urban sprawl and land monetization primarily accelerate ecological collapse. Traditional top-down master plans consistently fail to value intangible ecosystem services. Unlike static decision-making frameworks, the FCM model captures non-linear feedback loops where degraded natural capital worsens urban public health and intensifies the urban heat island effect, trapping the city in a cycle of environmental decline and resource-intensive interventions.

Conclusion: This study developed a dynamic diagnosis of urban natural asset degradation in Yazd, illustrating how market-driven land use and institutional inefficiencies dominate the ecological landscape. To mitigate these systemic issues, the research recommends adopting a "compact city" planning model, integration of environmental economic accounting into municipal budgets, and strict legal protection for natural capital corridors. Future studies should focus on implementing dynamic policy scenarios within this FCM framework to predict the long-term impacts of specific regulatory reforms.

ISSN: 2645-5412

مدل‌سازی عوامل مؤثر بر تخریب سرمایه‌های طبیعی شهر (مطالعه موردی: شهر یزد)

طاها ربانی [1]*، فاطمه رضایی صدرآبادی [2]

۱. استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. کارشناس ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

نکات برجسته:

توسعه نگاشت شناختی فازی شهری برای مدل‌سازی چرخه‌های بازخورد غیرخطی تخریب دارایی‌های طبیعی در محیط‌های خشک.

اثبات اینکه خلاءهای نهادی و سوداگری زمین، بیش از محدودیت‌های اکولوژیکی، محرک اصلی فروپاشی اکوسیستم پیرامونی و تخریب دارایی های طبیعی شهر هستند.

اطلاعات مقاله

دانش شهرسازی، ۱۴۰۵

دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات ۱۳۹-۱۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۵

نوع مقاله:

پژوهشی

کلید واژه‌ها پراکنده رویی شـهری، پیچیدگی سیستم ها، تغییر کاربری، دارایی طبیعی،عوامل اکولوژی شهری

ارجاع به این مقاله:

ربانی، طاها، رضایی صدرآبادی، فاطمه. (۱۴۰۵). مدل‌سازی عوامل مؤثر بر تخریب سرمایه‌های طبیعی شهر (مطالعه موردی: شهر یزد)، دانش شهرسازی، ۱۰(۱)، ۱۳۹-۱۱۸.

DOI:

10.22124/UPK.2026.30038.2014

چکیده

بیان مسئله: رشد شتابان و ناموزون شهرنشینی بدون توجه به توان‌های اکولوژیک، موجب تخریب دارایی‌های طبیعی و بروز چالش‌های حاد زیست‌محیطی شده است. سرمایه‌های طبیعی شهری نقشی حیاتی در بهبود کیفیت هوا، کاهش جزایر گرمایی و ارتقای سلامت و زیست‌پذیری دارند؛ اما دشواری ارزش‌گذاری آن‌ها سبب غفلت در تصمیم‌گیری‌های شهری می‌شود. شهر کویری یزد با محدودیت شدید سرانه فضای سبز و تخریب گسترده باغات سنتی، نمونه‌ای بارز از این بحران است. شناسایی عوامل کلیدی تخریب این دارایی های میتواند در سیاست های کنترل این تخریب موثر باشد

هدف: این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد و تحلیل روابط متقابل آن‌ها بر پایه مفاهیم مدیریت منابع، نقشه‌های شناختی فازی (FCM) و تحلیل پیچیدگی سیستم‌ها انجام شده است.

روش: پژوهش حاضر از نظر روش‌شناسی ترکیبی است. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و پرسش‌نامه‌های مبتنی بر نقشه شناختی فازی از ۱۷ نفر از متخصصان محیط‌زیست و برنامه‌ریزی شهری گردآوری شد. تحلیل ساختاری و محاسبه شاخص‌های پیچیدگی سیستم با روش نقشه‌های شناختی فازی صورت گرفت.

یافته‌ها: سیستم تخریب دارایی‌های طبیعی یزد ماهیتی کاملاً پیچیده و غیرخطی دارد؛ به‌طوری که تراکم سیستم ۰/۷۹۵ و میانگین تعداد ارتباطات به‌ازای هر عنصر ۱۱/۹۳ است. عوامل مؤثر در ۷ محور اصلی شناسایی شدند: عوامل محیط‌زیستی و اقلیمی (۷ عامل)، حمل‌ونقل و انرژی (۶ عامل)، اقتصادی و توسعه‌ای (۵ عامل)، جمعیتی و اجتماعی (۴ عامل) و سایر مؤلفه‌های مرتبط با منابع آب، گردشگری، پسماند و ساختار شهری.

نتیجه‌گیری: تحلیل مدل نشان داد عوامل محیط‌زیستی و اقلیمی با بیشترین میزان اثرگذاری (میانگین ۰/۸۳) پیشران اصلی تخریب هستند و پس از آن عوامل حمل‌ونقل و انرژی (میانگین ۰/۷۶) و عوامل اقتصادی و توسعه‌ای (میانگین ۰/۷۲) قرار دارند. شاخص تراکم (۰/۷۹۵) و پیوند بالای متغیرها (۱۱/۹۳ ارتباط مکرر) اثبات می‌کند که هرگونه مداخله سیاستی در مدیریت شهری یزد، تأثیراتی زنجیره‌ای و غیرخطی بر کل شبکه اکولوژیک شهر خواهد داشت.

نویسنده مسئول: trabbani@yazd.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

بیان مسئله

سرمایه‌های طبیعی[1] به ذخایر منابع طبیعی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیری اطلاق می‌شود که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم منافع گسترده‌ای برای انسان فراهم می‌کنند و از طریق جریان خدمات اکوسیستمی، بنیان اصلی رفاه اقتصادی، پایداری اجتماعی، تاب‌آوری و توسعه پایدار را شکل می‌دهند (Bateman & Mace, 2020; Guerry et al, 2015). در دهه‌های اخیر، اهمیت سرمایه‌های طبیعی به اندازه‌ای افزایش یافته که در سیاست‌گذاری‌های دولتی، نظام‌های برنامه‌ریزی شهری و حتی تصمیم‌گیری‌های بخش خصوصی مورد توجه قرار گرفته است (Willis & Petrokofsky, 2017). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که خدمات اکوسیستمی سهم قابل توجهی در تولید ناخالص داخلی و ارتقای رفاه انسانی دارند (Costanza, 2020; Dasgupta, 2021). بخش مهمی از این خدمات توسط ساختارهای اکولوژیک شهری و پیرامون شهری تولید می‌شود؛ ساختارهایی که شامل فضاهای سبز، منابع آب، پوشش گیاهی و عناصر طبیعی شهر هستند و در تنظیم دما، کاهش آلودگی، حفظ تنوع زیستی و ارتقای سلامت شهروندان نقش اساسی دارند (Gutman, 2007; Jansson, 2013). با توجه به اینکه امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و روند شهرنشینی همچنان رو به افزایش است (United Nations, 2018). شناخت سازوکارهای تخریب و حفاظت از سرمایه‌های طبیعی شهری به یکی از موضوعات کلیدی در مطالعات شهری و محیط‌زیستی تبدیل شده است. با این حال، مطالعات مربوط به خدمات اکوسیستمی و سرمایه‌های طبیعی در محیط‌های شهری و به‌ویژه شهرهای خشک و کویری هنوز محدود بوده و نیاز جدی به ابزارها و مدل‌هایی وجود دارد که بتوانند ارزش و کارکرد طبیعت در شهرها را تبیین کنند (Haase, Frantzeskaki & Elmqvist, 2014; Luederitz et al, 2015). در این میان، توسعه شهری کنترل‌نشده و برنامه‌ریزی نامناسب شهری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب سرمایه‌های طبیعی شناخته می‌شود. گسترش بی‌رویه ساخت‌وساز، تغییر کاربری اراضی، توسعه زیرساخت‌های خاکستری، فشار بر منابع آب و کاهش فضاهای سبز، موجب تضعیف خدمات اکوسیستمی و اختلال در عملکرد سامانه‌های طبیعی شهری شده است. پیچیدگی روابط میان محیط مصنوع و محیط طبیعی، همراه با عدم انطباق خدمات اکوسیستمی با مرزهای اداری و مدیریتی، مدیریت سرمایه‌های طبیعی شهری را با دشواری‌های فراوانی مواجه ساخته است (European Commission, 2019). در واکنش به این شرایط، رویکردهایی مانند زیرساخت سبز[2] و راهکارهای مبتنی بر طبیعت[3] به‌عنوان راهبردهای نوین برای بازآفرینی سرمایه‌های طبیعی و افزایش تاب‌آوری شهری مطرح شده‌اند (Cohen-Shacham, Walters& Janzen & Maginnis, 2016; Seddon et al, 2020). این رویکردها تلاش می‌کنند طبیعت را از یک عنصر منفعل به یک زیرساخت فعال در توسعه شهری تبدیل کنند و از طریق تقویت خدمات اکوسیستمی، پاسخگوی چالش‌هایی نظیر تغییر اقلیم، تنش‌های محیطی و کاهش کیفیت زندگی باشند (Frantzeskaki, 2019; Raymond et al, 2017). با این وجود، مطالعات نشان می‌دهد که اجرای واقعی این رویکردها در بسیاری از شهرها کند و محدود بوده و سیاست‌های توسعه شهری همچنان تحت سلطه اولویت‌های اقتصادی، مسکن و زیرساخت‌های کالبدی قرار دارد؛ موضوعی که اغلب به نادیده‌گرفتن ارزش بلندمدت سرمایه‌های طبیعی منجر شده است (Fisher et al, 2022).

از سوی دیگر، پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری تنها یک مسئله زیست‌محیطی نیست، بلکه پیامدهای گسترده‌ای بر سلامت جسمی، روانی و اجتماعی شهروندان دارد. مطالعات متعددی رابطه میان دسترسی به فضاهای سبز و کاهش اضطراب، افسردگی، استرس و ارتقای رضایت از زندگی را تأیید کرده‌اند(Vries, Verheij, Groenewegen & Spreeuwenberg, 2003; Maas et al, 2009; White et al, 2013). همچنین، محیط‌های طبیعی شهری از طریق ایجاد فضاهای ترمیم‌کننده ذهنی و کاهش خستگی شناختی، نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری و رفاه شغلی ایفا می‌کنند(Kaplan, 1993; Lottrup, Stigsdotter, Meilby & Claudi, 2015). در شهرهای کویری که شکنندگی اکولوژیک، محدودیت منابع آب و تنش‌های اقلیمی شدیدتر است، تخریب سرمایه‌های طبیعی می‌تواند به تشدید جزایر گرمایی، کاهش تاب‌آوری محیطی و افزایش آسیب‌پذیری اجتماعی منجر شود. شهر یزد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شهرهای کویری ایران، طی دهه‌های اخیر تحت تأثیر رشد کالبدی، فشار بر منابع آب زیرزمینی، تغییر الگوهای بهره‌برداری از زمین و کاهش پوشش گیاهی، با روند فزاینده تخریب دارایی‌های طبیعی مواجه بوده است. این وضعیت نه‌تنها پایداری اکولوژیک شهر را تهدید می‌کند، بلکه می‌تواند پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سلامت‌محور گسترده‌ای برای آینده شهر به همراه داشته باشد. افزون بر این، تخریب محیط‌زیست شهری اغلب با نابرابری‌های فضایی، محرومیت اجتماعی و دسترسی نابرابر به خدمات محیطی همراه است و ماهیتی عمیقاً سیاسی و اجتماعی دارد(Martínez-Alier, 2002; Escobar, 2008).

1. Natural Capital
2. Green Infrastructure
3. Nature-Based Solutions

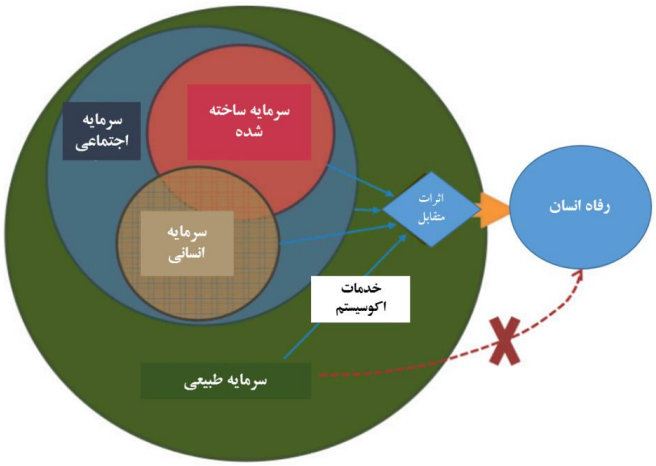
دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹-۱۱۸، بهار ۱۴۰۵

با وجود گسترش ادبیات مربوط به سرمایه‌های طبیعی، خدمات اکوسیستمی و زیرساخت‌های سبز، بخش عمده مطالعات پیشین عمدتاً بر ارزیابی وضعیت محیط‌زیست یا سنجش کمی خدمات اکوسیستمی متمرکز بوده‌اند و کمتر به تحلیل ساختاری و سیستمی عوامل مؤثر بر تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری پرداخته‌اند. بسیاری از پژوهش‌ها روابط پیچیده و بازخوردی میان عوامل اقتصادی، مدیریتی، اجتماعی، کالبدی و زیست‌محیطی را نادیده گرفته و از رویکردهای خطی و تک‌بعدی استفاده کرده‌اند؛ در حالی که تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری حاصل تعاملات چندلایه و غیرخطی میان بازیگران، ساختارها و فرآیندهای شهری است. در این راستا، نقشه شناختی فازی[1] به‌عنوان یکی از روش‌های نوین تحلیل سیستم‌های پیچیده، قابلیت شناسایی روابط علّی، تحلیل بازخوردها و مدل‌سازی ساختارهای شناختی و سیستمی را فراهم می‌کند(Özesmi & Özesmi, 2004). اگرچه این روش در تحلیل مسائل محیط‌زیستی و سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیک مورد استفاده قرار گرفته است، اما کاربرد آن در حوزه تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری، به‌ویژه در شهرهای کویری ایران، بسیار محدود است. ازاین‌رو، شکاف اصلی پژوهش حاضر در نبود یک مدل جامع و سیستمی برای تحلیل هم‌زمان عوامل مؤثر بر تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری و فقدان کاربرد نظام‌مند نقشه شناختی فازی در این حوزه قابل شناسایی است. همچنین، کمبود مطالعات تجربی درباره شهرهای کویری ایران، به‌ویژه شهر یزد، ضرورت انجام پژوهشی را آشکار می‌سازد که بتواند با تلفیق رویکردهای اکولوژیک، سیستمی و آینده‌نگر، ساختار پیچیده عوامل مؤثر بر تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری را مدل‌سازی و تبیین کند.

مبانی نظری

محیط‌های شهری پدیده‌هایی دوگانه و متناقض هستند؛ این فضاها از یک سو بستر پویایی، نوآوری و بالاترین سطح دسترسی به زیرساخت‌های رفاهی را فراهم می‌آورند و از سوی دیگر، به دلیل تمرکز شدید سرمایه و بارگذاری‌های فیزیکی، مخرب‌ترین اتمسفرها را برای سلامت جسمی و روانی انسان تولید می‌کنند(James et al, 2018). این چالش‌های ساختاری که ناشی از سرعت فزاینده شهرنشینی جهانی است، با تشدید استرس‌های زیست‌محیطی و تعمیق خط‌کشی‌ها و نابرابری‌های اجتماعی–اقتصادی، مستقیماً پایداری زیست‌محیطی را هدف قرار داده‌اند. در این میان، افزایش بی‌رویه تراکم جمعیت و ردپای اکولوژیک ناشی از فعالیت‌های انسانی، پایداری مؤلفه‌های کلیدی سرمایه طبیعی و ظرفیت پویای سیستم‌های بوم‌شناختی را در جذب و تعدیل این مداخلات با بحران مواجه کرده است(Dima, 2021). پیامد مستقیم این پویایی ناپایدار، افت شدید در عرضه خدمات اکوسیستمی است؛ خدماتی که جریان حیاتی حیات سکونتگاه‌های انسانی را پشتیبانی می‌کنند (Mendonça, Inostroza & Banzhaf, 2019). امروزه رویکردهای نوین اکولوژی شهری، شهرها را نه به عنوان بافت‌های کالبدی مجزا، بلکه به عنوان «سیستم‌های پیچیده اجتماعی–اکولوژیکی» تبیین می‌کنند که بقا و رفاه ساکنان آن‌ها در گرو حفظ فرآیندهای بیوفیزیکی و جریان‌های انرژی درون این سیستم‌هاست (McPhearson et al, 2016). بر مبنای نظریات پایه‌ای اقتصاد اکولوژیک، سرمایه طبیعی به ذخایر دارایی‌های زیست‌محیطی ملموس و ناملموسی (نظیر خاک، آب، هوا، فضاهای سبز و کلیه موجودات زنده) اطلاق می‌شود که ترکیب آن‌ها جریانی از خدمات ارزشمند و سودمند را برای پایداری حیات انسان پدید می‌آورد (Costanza et al, 1997). در یک تعمیم فضایی، سرمایه طبیعی شهری به ساختارها و دارایی‌های بیوفیزیکی درون قلمروهای شهری و پیرامون شهری اشاره دارد که ترکیب فضاهای سبز، کریدورهای آبی، کیفیت هوا و تنوع زیستی را شامل می‌شود(Elmqvist et al, 2013). این دارایی‌ها علاوه بر عملکردهای ملموس کالبدی، منافع ناملموس بی‌بدیلی چون تنظیم خرده‌اقلیم‌ها، کاهش اثرات جزایر حرارتی و ارزش‌های زیبایی‌شناختی و روان‌شناختی را بازتولید می‌کنند که برای تاب‌آوری ساختار شهر حیاتی هستند (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). از منظر کارکردی، این دارایی‌ها در حکم مخازن یا ظرف‌های زیست‌محیطی برای تصفیه و دفع پسماندهای ناشی از متابولیسم شهری عمل می‌کنند و در عین حال، تنوع گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی را به شهروندان عرضه می‌دارند(Boyce, 2001).

1. Fuzzy Cognitive Mapping



شکل ۱. تخریب سرمایه‌های طبیعی و پیامدهای آن بر رفاه انسان

برگرفته از: Costanza, 2020

ادبیات معاصر بر ضرورت تعیین ارزش پولی و مالی برای این خدمات تأکید دارد؛ چراکه پنهان ماندن ارزش اقتصادی این دارایی‌ها در حسابداری سنتی ملی، علت اصلی نادیده‌انگاری آن‌ها در سیاست‌گذاری‌های کالبدی بوده است(Costanza et al, 2014). این سرمایه در صورت عدم پایش پویا، مستهلک و فرسوده شده و به نقطه بازگشت‌ناپذیری از فروپاشی می‌رسد، لذا مدیریت پایدار آن یک ضرورت سیستماتیک است از این رو، تصفیه آب و هوا، ترسیب کربن و حفظ تنوع زیستی باید به عنوان ورودی‌های کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به استفاده از زمین و تخصیص بهینه منابع لحاظ شوند(Fisher et al, 2022). با وجود این اهمیت، شناخت اکولوژیک گونه‌ها و تعاملات ساختاری آن‌ها ضروری است، زیرا کاشت یا توسعه گونه‌های گیاهی نامتناسب با اقلیم (به ویژه در پهنه‌های خشک) می‌تواند به جای بهبود، به یک محرک مخرب زیست‌محیطی و اتلاف منابع حیاتی تبدیل شود (Willis & Petrokofsky, 2017). امروزه، تخریب و زوال سیستماتیک سرمایه‌های طبیعی به ویژه در مناطقی که نرخ‌های شتابانی از رشد فیزیکی و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی را تجربه می‌کنند، به یک مسئله بحرانی و چندبعدی تبدیل شده است (McPhearson et al, 2016). این تغییرات ناپایدار کالبدی، زوالی زنجیره‌ای را در سیستم‌های اکولوژیک پدید می‌آورند که پایداری بلندمدت شهر را به شدت تهدید می‌کند. چارچوب‌های نظری نوین، چالش‌های سیستماتیک تخریب سرمایه‌های طبیعی را در سه سطح پیشران‌ها، فرآیندها و پیامدهای نهایی بر رفاه انسانی صورت‌بندی می‌کنند، جایی که بازخوردهای پنهان میان این اجزا، پویایی سیستم را شکل می‌دهد (Costanza, 2020).

پیشران‌ها و مکانیزم‌های تخریب دارایی های طبیعی شهر

مکانیزم‌های تخریب سرمایه طبیعی شهری عمدتاً تحت تأثیر سه نیروی محرک همگرا شامل شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی، آلودگی‌های محیطی و تغییرات بنیادین اقلیمی هدایت می‌شوند. پراکنده‌رویی شهری و گسترش لجام‌گسیخته بافت‌های فیزیکی، به طور مستقیم فضاهای سبز و اکوسیستم‌های طبیعی پایدار را با زیرساخت‌های خاکستری و نفوذناپذیر جایگزین کرده و پیامد آن، تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها و سقوط تنوع زیستی است(Seto, Güneralp & Hutyra, 2012). هم‌زمان، بارگذاری انواع آلودگی‌های صنعتی و ترابری، کیفیت عناصر بیوفیزیکی خاک، آب و هوا را مسموم و فرسوده می‌سازد. این فرآیند تخریبی به نوبه خود با تغییرات اقلیمی و رویدادهای شدید جوی (نظیر خشکسالی‌های پیاپی و موج‌های گرمای حاد) تشدید شده و پویایی طبیعی اکوسیستم‌ها را مخدوش می‌کند (McPhearson et al, 2016). خروجی این چرخه‌های تخریبی، فروافتادن کارکرد خدمات تنظیم‌کننده بوم‌شناختی، تشدید آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و نهایتاً بازتولید «بی‌عدالتی زیست‌محیطی» است؛ چراکه جوامع کم‌درآمد و محروم از نظر فضایی، همواره بیشترین آسیب را از زوال این خدمات اکوسیستمی متحمل می‌شوند (Anguelovski & Roberts, 2011; Elmqvist et al, 2013; Gómez-Baggethun & Barton, 2013).

در سطح نظری، تحلیل تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری را می‌توان در قالب هم‌افزایی سه چارچوب مکمل و درهم‌تنیده تبیین کرد که هر یک بخشی از منطق علّی و عملکردی این پدیده را روشن می‌سازند. نخست، چارچوب سرمایه طبیعی است که بر مفهوم‌سازی طبیعت به‌عنوان ذخیره‌ای از دارایی‌های زیست‌محیطی قابل بازتولید یا فرسایش‌پذیر تأکید دارد. در این دیدگاه، اکوسیستم‌های شهری نه صرفاً عناصر

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹-۱۱۸، بهار ۱۴۰۵

تزئینی، بلکه زیرساخت‌های حیاتی تولید ارزش اقتصادی, اجتماعی و اکولوژیک محسوب می‌شوند که در صورت بهره‌برداری ناپایدار، دچار کاهش ظرفیت و افت کارکرد می‌شوند (Guerry et al, 2015). در ادامه، چارچوب خدمات اکوسیستمی[1] قرار دارد که تمرکز آن بر تبدیل سرمایه طبیعی از حالت «ذخیره» به «جریان عملکردی خدمات» است. در این چارچوب، کاهش سرمایه طبیعی به‌صورت مستقیم در افت کیفیت و کمیت خدمات اکوسیستمی منعکس می‌شود و این افت، به‌طور زنجیره‌ای بر سلامت انسانی، بهره‌وری اقتصادی و تاب‌آوری شهری اثر می‌گذارد (Luederitz et al, 2015). چارچوب DPSIR[2] به‌عنوان یک مدل تحلیلی علّی–سیستمی برای تبیین پویایی‌های تخریب محیطی به کار گرفته می‌شود. این چارچوب که توسط آژانس محیط‌زیست اروپا توسعه یافته است، فرآیندهای پیچیده محیطی را در قالب پنج مؤلفه «محرک‌ها، فشارها، وضعیت، پیامدها و پاسخ‌ها» ساختاردهی می‌کند (EEA, 2016). در این رویکرد، رشد شهری، تغییر الگوی مصرف زمین و توسعه اقتصادی به‌عنوان محرک‌های اصلی، مجموعه‌ای از فشارهای مستقیم مانند آلودگی، تخریب زیستگاه و مصرف بی‌رویه منابع را ایجاد می‌کنند که در نهایت وضعیت سرمایه طبیعی را تضعیف کرده و پیامدهایی نظیر کاهش خدمات اکوسیستمی، افزایش آسیب‌پذیری اقلیمی و تشدید نابرابری‌های محیطی را به همراه دارند (Carr et al, 2017). مزیت اصلی این چارچوب در توانایی آن برای شناسایی نقاط مداخله سیاستی و طراحی پاسخ‌های مدیریتی مؤثر در راستای توقف یا کاهش روند تخریب سرمایه‌های طبیعی شهری است.

تبیین فرآیند تخریب دارایی‌های طبیعی شهر در این پژوهش، برآمده از یک چارچوب تحلیلی یکپارچه است که منطق علّی مدل دگرگونی‌های محیطی را با رویکرد پویایی سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی پیوند می‌دهد. از منظر برنامه‌ریزی ساختاری، این چارچوب علّی تبیین می‌کند که چگونه محرک‌های کلانِ توسعه شامل شتاب رشد دموگرافیک و تمرکزگرایی اقتصادی، در غیاب اقدامات بازدارنده و سیاست‌های یکپارچه مدیریت زمین، به فشارهای کالبدی ملموس نظیر پراکنده‌رویی لجام‌گسیخته، تغییر کاربری اراضی استراتژیک و بارگذاری بیش از حد آلاینده‌ها بدل می‌شوند. این فشارها به طور مستقیم، وضعیت منابع بیوفیزیکی و یکپارچگی ساختاری سرمایه طبیعی شهر را مستهلک ساخته و با تکه‌تکه‌کردن زیستگاه‌های شهری، آستانه‌های اکولوژیک را مخدوش می‌کنند. پیامد مستقیم این زوال ساختاری، افت شدید در جریان عملکردی خدمات اکوسیستمی است؛ امری که ظرفیت تعدیل حرارتی، مدیریت هیدرولوژیک روان‌آب‌ها و خودپالایی اتمسفری شهر را به شدت کاهش داده و کیفیت محیط ساخته‌شده را با بحران مواجه می‌سازد. در نهایت، این چرخه‌های تخریبی به شکل افزایش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات اقلیمی، تشدید جزایر حرارتی شدید و بازتولید بی‌عدالتی زیست‌محیطی در توزیع فضایی دارایی‌های سبز، شاخص‌های رفاه و بهداشت عمومی شهروندان را ساقط می‌کنند. بنابراین، منطق درون‌پویای این چارچوب نظری تأکید می‌کند که تخریب دارایی‌های طبیعی، یک آسیب کالبدی منفرد نیست، بلکه یک اختلال سیستماتیک در فرآیند پایداری شهری است. مدل مفهومی حاصل از این سنتز نظری، بستر تحلیل تجربی این تحقیق را فراهم آورده و مبنای تدوین متغیرهای کلیدی برای ارزیابی روابط علّی و سنجش وزن عوامل تخریب در پژوهش قرار می‌گیرد.

پیشینه پژوهش

بررسی سیر تکوین تحقیقات در حوزه دارایی‌های طبیعی و اکولوژی شهری نشان می‌دهد که نگاه برنامه‌ریزی به طبیعت درون سکونتگاه‌ها، از یک رویکرد صرفاً تزیینی و بهسازی محیطی در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، به یک پارادایم ساختاری و تحلیلی در چند دهه اخیر بدل شده است. فرآیند مفهوم‌سازی طبیعت به عنوان یک دارایی بیوفیزیکی حیاتی و «سرمایه پایدار»، به طور جدی با توسعه اقتصاد اکولوژیک در اواخر قرن بیستم شتاب گرفت؛ جایی که محققان تلاش کردند ارزش‌های پنهان اکوسیستم‌ها را در محاسبات پایداری کالبدی وارد کنند. با ورود به قرن بیست و یکم، این ادبیات تحت تأثیر پذیرش گسترده مفهوم خدمات اکوسیستمی، به لایه‌های کاربردی برنامه‌ریزی شهری نفوذ کرد. سیر تحول این پژوهش‌ها آشکار می‌سازد که تمرکز اولیه بر حفظ پارک‌های مجزا، امروزه جای خود را به تحلیل زنجیره‌ای و ساختارمند کل دارایی‌های طبیعی به عنوان زیرساخت‌های کلیدی پشتیبان حیات در سیستم‌های پیچیده شهری داده است.

مطالعات تحقیقات مشابه و معتبر بین‌المللی که در پایگاه‌های استنادی پیشرو انجام شده‌اند، به طور متفق‌القول پویایی‌های دموگرافیک و تغییرات فیزیکی زمین را به عنوان پیشران‌های خط اول تخریب دارایی‌های طبیعی شناسایی کرده‌اند. بر این اساس، گسترش بی‌رویه و لجام‌گسیخته بافت‌های فیزیکی تحت عنوان پراکنده‌رویی شهری، با تبدیل اراضی پیرامونی به فضاهای ساخته شده، زیستگاه‌های بومی را

1. Ecosystem services
2. Driver-Pressure-State-Impact-Response Framework (DPSIR)

تکه‌تکه کرده و موجب سقوط حاد تنوع زیستی فضاهای سبز حاشیه‌ای می‌شود (EEA, 2016; Seto & Shepherd, 2009). این دگرگونی‌های ساختاری که مستقیماً با شتاب رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای استقرار کالبدی گره خورده‌اند، فشاری مضاعف بر ظرفیت محدود خدمات اکوسیستمی وارد می‌آورند (McDonald & Boucher, 2011; United Nations, 2022). در این ادبیات، نرخ تبدیل اراضی طبیعی به سطوح نفوذناپذیر، به عنوان یکی از دقیق‌ترین شاخص‌های ارزیابی زوال دارایی‌های طبیعی در کلان‌شهرها معرفی شده است.

محرک‌های اقتصادی، آلودگی‌ها و نارسایی‌های مدیریتی بخش دیگری از پیشینه تجربی، بر پیوندهای میان توسعه اقتصادی ناپایدار، بارگذاری آلاینده‌ها و ضعف نظام‌های حکمرانی تمرکز دارد. مطالعات نشان می‌دهند که تمرکز فعالیت‌های صنعتی و تجاری بدون برنامه‌ریزی یکپارچه، از یک سو به بهره‌برداری بیش از حد از منابع بیوفیزیکی می‌انجامد و از سوی دیگر، با انتشار پایدار آلودگی‌های هوا، آب و خاک، افت توان بیولوژیک عناصر طبیعی را رقم می‌زند (Grimm, Faeth, Golubiewski, Redman, Wu, & Bai, 2008; WHO, 2021; World Bank, 2021). این عارضه‌ها زمانی تشدید می‌شوند که ساختارهای برنامه‌ریزی محلی با خلأ قوانین بازدارنده، ناتوانی در مدیریت سرمایه طبیعی، یا فساد و ناکارآمدی ساختاری مواجه باشند؛ امری که پایداری بلندمدت زمین را فدای منافع کالبدی مقطعی می‌سازد (International, 2021; UN- Elmqvist, Setälä, Handel, van der Ploeg, Blignaut, & de Groot, 2015; Transparency Habitat, 2020). علاوه بر این، نابرابری‌های اجتماعی و فقر شهری نیز با محدود کردن دسترسی به منابع، الگوهای ناپایداری از استفاده فضایی از زمین را بازتولید می‌کنند که پیامد آن تشدید بی‌عدالتی‌های محیطی است (Cole & Grossman, 1999; UNDP, 2021).

ادبیات معاصر در بررسی پیامدها، زوال دارایی‌های طبیعی را مستقیماً با کاهش کیفیت محیط ساخته‌شده و سقوط شاخص‌های بهداشت عمومی شهروندان مرتبط می‌داند. زوال سیستماتیک درختان شهری و فضاهای سبز، ظرفیت تعدیل خرده‌اقلیم‌ها و تصفیه اتمسفری را ساقط کرده و شهرها را در برابر مخاطرات اقلیمی و جزایر حرارتی آسیب‌پذیر می‌سازد (Vardoulakis, Karamanis, Fotiadi, & Mihalakakou, 2013; Williams, 2013; Willis & Petrokofsky, 2017). پیشینه تجربی حاکی از آن است که حفظ و ارتقای عملکرد سرمایه طبیعی، نقش بی‌بدیلی در مدیریت هیدرولوژیک سیلاب‌ها، مهار آلودگی‌ها و تضمین پایداری کالبدی ایفا می‌کند. از سوی دیگر، مطالعات روان‌شناسی محیطی ثابت کرده‌اند که تجربه مستقیم طبیعت و تنوع زیستی، ارتباط معناگرایی با کاهش خستگی شناختی، بهبود سلامت روانی و ارتقای کلی کیفیت زندگی جوامع شهری دارد؛ پدیده‌ای که با تخریب عناصر طبیعی، جای خود را به انزوا و اختلالات روحی در محیط ساخته‌شده می‌دهد(Ulrich, 1981; Zhang, Ye, Yang, & Gao, 2024).

در ادبیات متأخر و معاصر اکولوژی شهری، تحلیل کارکرد دارایی‌های طبیعی و موانع پایداری آن‌ها ابعاد هوشمندتر و سیستماتیک‌تری به خود گرفته است. در همین راستا (Sokolova et al, 2024) با تحلیل کتاب‌شناختی الگوهای توسعه پایدار نشان می‌دهند که زیرساخت‌های سبز شهری به عنوان هسته اصلی سرمایه‌های طبیعی، نقشی بی‌بدیل در زنجیره تأمین خدمات اکوسیستمی، تعدیل اثرات تغییرات اقلیمی و ارتقای تاب‌آوری کالبدی ایفا می‌کنند و هرگونه زوال در این ساختارها، مستقیماً پایداری کل سیستم شهری را مختل می‌سازد. با این حال، پیاده‌سازی و حفظ این دارایی‌های طبیعی به ویژه در اقلیم‌های حساس با چالش‌های ساختاری مواجه است؛ به طوری که (Okour & Shaweesh, 2024) با کاربست مدل تحلیلی DPSIR در یک محیط شهری نیمه‌خشک (شهر امّان، اردن)، فاش ساختند که محدودیت‌های هیدرولوژیک، نارسایی‌های مدیریتی و پاسخ‌های ساختاری ضعیف، به عنوان مهم‌ترین موانع محلی در حفظ و توسعه زیرساخت‌های سبز عمل می‌کنند. این چالش‌های نهادی و اقلیمی در پهنه‌های خشک، فرآیند تخریب را شتاب می‌بخشند. از سوی دیگر، تحلیل پیامدهای این تخریب نیازمند درک پویایی‌های درهم‌تنیده است؛ چنان‌که (Alberti et al, 2020) تبیین می‌کنند که پدیده‌های شهری واجد پویایی‌های پیچیده "اکو–تکاملی [1]"هستند؛ بدین معنا که مداخلات کالبدی انسان و دگرگونی دارایی‌های طبیعی، چرخه‌های بازخورد متقابل و تغییرات زنجیره‌ای همزمانی را در ویژگی‌های بیولوژیک اکوسیستم و ساختار اجتماعی شهر ایجاد می‌کنند که مهار آن‌ها فراتر از رویکردهای سنتی و نیازمند الگوهای برنامه‌ریزی یکپارچه است.

جدول ۱. عوامل موثر بر تخریب دارایی های طبیعی شهر بر اساس پیشینه

عامل	توضیحات	تأثیر بر دارایی‌های طبیعی شهری	استناد
تغییرات کاربری زمین	تبدیل زیستگاه‌های طبیعی به مناطق ساخته شده	ازدست‌رفتن فضاهای سبز، تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها، کاهش تنوع زیستی	Seto & Shepherd, 2009
گسترش شهری	گسترش بی‌رویه شهری	افزایش انتشار گازها، ازدست‌رفتن فضاهای سبز حاشیه‌ای، هزینه‌های بالای زیرساخت	EEA, 2016

1. Eco-evolutionary

عامل	توضیحات	تأثیر بر دارایی‌های طبیعی شهری	استناد
رشد جمعیت	افزایش جمعیت شهری	تقاضای بیشتر برای منابع طبیعی، فشار بر خدمات اکوسیستمی	McDonald & Boucher, 2011
فعالیت‌های اقتصادی	توسعه صنعتی و تجاری	آلودگی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع، تخریب زیستگاه‌ها	Grimm, Faeth, Golubiewski, Redman, Wu, & Bai, 2008
تغییرات اقلیمی	افزایش فراوانی حوادث جوی شدید و اثرات جزیره حرارتی شهری	آسیب به زیرساخت‌های سبز، فشار بر اکوسیستم‌های شهری	Maleji et al, 2016
مدیریت و برنامه‌ریزی	عدم وجود برنامه‌ریزی یکپارچه شهری و مدیریت سرمایه طبیعی	حفاظت ناکافی از اکوسیستم‌های شهری، سیاست‌های ناپایدار	Elmqvist, Setälä, Handel, van der Ploeg, Blignaut, & de Groot, 2015
صنعتی‌سازی	فعالیت‌های صنعتی افزایشی منجر به آلودگی خاک و هوا	افزایش آلودگی، تخریب زمین و افت توان بیولوژیک خاک	Seto & Shepherd, 2009
نابرابری‌های اجتماعی	تأثیر نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست	دسترسی محدود به خدمات محیطی، شیوه‌های ناپایدار استفاده از زمین	Cole & Grossman,1999
آلودگی	آلودگی هوا، آب و خاک ناشی از فعالیت‌های صنعتی، حمل‌ونقل و دفع زباله	کاهش کارکرد کیفی هوا، آب و خاک	WHO, 2021
شهرنشینی و رشد جمعیت	افزایش تقاضا برای منابع، تبدیل زمین و توسعه زیرساخت‌ها	فشار بیشتر بر دارایی‌های طبیعی، ازدست‌رفتن زیستگاه‌ها	United Nations, 2022
توسعه اقتصادی	بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی، آلودگی و تخریب زیستگاه‌ها	تخلیه منابع پایداری، تخریب زیستگاه‌های بومی	World Bank, 2021
نابرابری و فقر	دسترسی محدود به منابع و خدمات محیطی	شیوه‌های ناپایدار کالبدی، مدیریت محدود و مقطعی منابع	UNDP, 2021
تخریب زیستگاه‌ها	تبدیل مناطق طبیعی به کاربری‌های شهری	ازدست‌رفتن تنوع زیستی، کاهش ساختاری خدمات اکوسیستمی	UNEP, 2020
عدم برنامه‌ریزی پایدار شهری	الگوهای استفاده ناپایدار از زمین، زیرساخت‌های ناکافی و تأثیرات منفی محیطی	استفاده ناکارآمد از زمین، تخریب فزاینده محیط‌زیست	UN-Habitat, 2020
قوانین محیط‌زیست ضعیف	قوانین ناکافی یا به‌خوبی اجرا نشده که منجر به شیوه‌های ناپایدار می‌شود	تخریب شتابان محیط‌زیست به دلیل عدم اجرای مناسب قوانین نظارتی	UNEP, 2020
فساد و ناکارآمدی	مختل کردن مدیریت یکپارچه و تلاش‌های حفاظتی محیط‌زیست	مدیریت ضعیف ساختارها و اعمال سیاست‌های ناکارآمد کالبدی	Transparency International, 2021
وابستگی به سوخت‌های فسیلی	سهم فزاینده در تغییرات اقلیمی و تولید آلودگی‌های پایدار	افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افت شاخص‌های سلامت هوا	IEA, 2021
محدودیت‌های فناوری	مانع بنیادین در توسعه پایدار شهری و مدیریت هوشمند منابع	پذیرش محدود فناوری‌های سبز و شیوه‌های ناپایدار بهره‌برداری	UNCTAD, 2021
فضاهای سبز و پارک‌ها	حضور پارک‌ها در کنار فواید زیست‌محیطی، خدمات اجتماعی، اقتصادی و روان‌شناختی	بهبود کیفیت زندگی و افزایش رضایت ساکنان با ارائه خدمات اکوسیستمی	Ulrich, 1981 O'Keeffe &McNally,2025
محیط ساخته شده	تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم محیط‌های کالبدی بر سلامت و رفاه شهری	کاهش فضاهای سبز و افزایش آلودگی‌ها که به کاهش کیفیت دارایی‌ها می‌انجامد	Sokolova,2024

عامل	توضیحات	تأثیر بر دارایی‌های طبیعی شهری	استناد
کیفیت زندگی و زیرساخت‌ها	ارتباط کیفیت زندگی شهری با محیط‌زیست پیرامونی و زیرساخت‌های موجود	بهبود چشمگیر کیفیت زندگی با وجود زیرساخت‌های مناسب محیطی	Okour & Shaweesh,2024
چالش‌های پایداری محیط‌زیست	بررسی چالش‌های محیط زیستی؛ مانند تغییرات اقلیمی و کاربری ناپایدار زمین	تأثیرات منفی بر دارایی‌های طبیعی و کاهش پایداری محیط‌زیست شهری	Vardoulakis, Karamanis, Fotiadi, & Mihalakakou, 2013
نقش درختان شهری	تأثیر درختان بر جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش اثر جزیره گرمایی و بهبود سلامت	کاهش آلودگی، بهبود کیفیت هوا و تعدیل حرارتی با حفظ درختان شهری	Willis & Petrokofsky, 2017
تنوع زیستی و سلامت	تأثیر تنوع زیستی بر سلامت انسان و ارتباط آن با برنامه‌های بهداشت عمومی	کاهش تنوع زیستی به کاهش کیفیت خدمات اکوسیستمی و سلامت عمومی می‌انجامد	Jones& Fisher, 2001
عملکرد سرمایه طبیعی	ارزیابی عملکرد سرمایه طبیعی در کاهش سیل، آلودگی و بهبود تنوع زیستی	بهبود عملکرد ایمنی شهری با استفاده از ساختار سرمایه طبیعی	Inostroza, 2016
تأثیرات NATURE بر سلامت	تأثیرات ساختارمند محیط‌های طبیعی بر پایداری، سلامت و رفاه انسان	بهبود سلامت و رفاه با صرف زمان در طبیعت و تجربه مستقیم اکوسیستم	Zhang, Ye, Yang, & Gao, 2024

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، در زمره تحقیقات ترکیبی (کمی–کیفی) با رویکرد تحلیل سیستمی قرار دارد. فرآیند اجرای تحقیق در سه گام اصلی متوالی صورت‌بندی شده است: ۱) استخراج ابعاد اولیه تخریب دارایی‌های طبیعی از طریق مرور سیستماتیک مبانی نظری؛ ۲) بومی‌سازی و شناسایی عوامل نهایی مؤثر بر تخریب در شهر یزد با استفاده از تکنیک مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان؛ و ۳) تحلیل علّی و ساختاری روابط میان عوامل با کاربست روش نقشه شناختی فازی.

نقشه‌های شناختی فازی به‌عنوان ابزاری قدرتمند، امکان نمایش درجات مبهم علیت و تحلیل روابط پیچیده بین متغیرها را فراهم کردند (Özesmi& Özesmi, 2004). در این مدل پیچیدگی سیستم از نسبت عناصر دریافت‌کننده به عناصر اثرگذار محاسبه می شود، درحالی‌که درجه تراکم نشان‌دهنده پیوستگی سیستم و از طریق تقسیم تعداد ارتباطات موجود بر تعداد ارتباطات ممکن تعیین شد (Papageorgiou, 2014; Vasslides & Jensen, 2016). این روش‌شناسی به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا با درک بهتر از روابط پیچیده بین متغیرها، راهکارهای مؤثری برای مدیریت و کاهش اثرعوامل منفی شناسایی شوند (Yoon, & Jetter, 2016).

جامعه آماری پژوهش در بخش کیفی و کمی را پنلی از متخصصان و صاحب‌نظران دانشگاهی و اجرایی مسلط بر نظام فضایی و بوم‌شناختی شهر یزد تشکیل داده‌اند. انتخاب اعضای پنل به صورت هدفمند و بر اساس معیارهای تخصص موضوعی، سابقه پژوهشی یا اجرایی و پیشینه تحصیلی صورت گرفت. در نهایت، ۱۷ متخصص واجد شرایط به عنوان اعضای پنل نهایی انتخاب شدند. ویژگی‌های دموگرافیک و تخصصی اعضای پنل به شرح جدول (۲) است:

جدول ۲. ویژگی‌های دموگرافیک و تخصصی پنل خبرگان پژوهش

شاخص	دسته‌بندی	تعداد (نفر)	درصد
جنسیت	مرد	۱۰	۵۹٪
	زن	۷	۴۱٪
تحصیلات	دکتری تخصصی	۹	۵۳٪
	کارشناسی ارشد	۸	۴۷٪
تخصص علمی	جغرافیا (گرایش‌های مختلف)	۷	۴۱٪
	محیط‌زیست	۴	۲۴٪
	شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری	۳	۱۸٪
	سایر رشته‌های مرتبط (عمران، اقتصاد محیط‌زیست)	۳	۱۸٪
جمع کل		۱۷	۱۰۰٪

در گام نخست، با اتکا به مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با این متخصصان، روایی گویه‌ها و عوامل استخراج‌شده از مبانی نظری مورد ارزیابی قرار گرفت و عوامل بومی تخریب سرمایه طبیعی در شهر یزد تثبیت شدند. در گام دوم، پرسشنامه‌ای ساختاریافته مبتنی بر اصول نقشه شناختی فازی تنظیم گردید. از خبرگان درخواست شد تا روابط علّی میان عوامل را در یک ماتریس متقاطع مجذور با استفاده از متغیرهای کلامی (بدون تأثیر، خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی، خیلی قوی) وزن‌دهی کنند. این متغیرهای کلامی سپس بر اساس توابع عضویت فازی به اعدادی در بازه (1 , 1-) نگاشت شدند.

در این پژوهش، جهت تجمیع نظرات خبرگان و تحلیل ساختار سیستم از نرم‌افزار تخصصی Mental Modeler استفاده شده است. بر اساس ساختار ریاضی این نرم‌افزار، روابط مثبت نشان‌دهنده اثر افزایشی و هم‌سو، و روابط منفی بیانگر تأثیرات کاهشی و معکوس میان متغیرهاست.

ماتریس مجاورتی حاصل از پویایی سیستم به صورت $A = [w_{ij}]$ تعریف می‌شود که در آن w_{ij} نشان‌دهنده وزن رابطه علّی از عامل C_i به عامل C_j است. به غیر از عناصر قطر اصلی که اثرگذاری عامل بر خود را نشان می‌دهند و برابر صفر فرض می‌شوند $(w_{ij} = 0)$ ، سایر درایه‌ها مقداری در بازه $w_{ij} \in [-1, 1]$ اخذ می‌کنند. جهت تحلیل شبکه، شاخص‌های سیستمی و ساختاری زیر بر اساس الگوریتم‌های محاسباتی تبیین و محاسبه شدند:

- **درجه تأثیرگذاری یا خروجی[1]:** این شاخص که با عنوان وزن پیوندهای خروجی شناخته می‌شود، توانایی یک عامل در اعمال اثر و تغییر بر سایر عناصر سیستم را بسنجد و مجموع سطر -iام در ماتریس مجاورت مطلق است:

$$Out(C_i) = \sum_{j=1}^{N} |w_{ij}|$$

- **درجه تأثیرپذیری یا ورودی[2]:** این شاخص میزان انفعال یا الگوبرداری یک عامل از سایر پویایی‌های درون شبکه را نشان می‌دهد و از مجموع ستون -jام در ماتریس مجاورت مطلق به دست می‌آید:

$$In(C_j) = \sum_{i=1}^{N} |w_{ij}|$$

- **درجه مرکزیت کل[3]:** این شاخص که از حاصل‌جمع دو شاخص قبلی به دست می‌آید، کلیدی‌ترین معیار برای سنجش وزن، اهمیت و جایگاه یک عامل در کل متابولیسم و چرخه سیستم تخریب است:

1. Out-Degree
2. In-Degree
3. Centrality

$$Centrality(C_i) = Out(C_i) + In(C_i)$$

علاوه بر شاخص‌های فردی متغیرها، ساختار کلی شبکه تخریب بر اساس معیارهای کلان زیر تحلیل می‌گردد:

- **درجه تراکم شبکه**[1]: نشان‌دهنده میزان پیوستگی و شدت ارتباطات در کل سیستم است. این شاخص از تقسیم تعداد پیوندهای موجود (E) بر حداکثر تعداد پیوندهای ممکن (N(N-1)) در یک شبکه با Nمتغیر محاسبه می‌شود.

$$Density = \frac{E}{N(N-1)}$$

- **پیچیدگی سیستم**[2] :این شاخص معیاری برای سنجش میزان پویایی و غیرخطی بودن سیستم است و از نسبت تعداد عناصر دریافت‌کننده[3] به عناصر اثرگذار[4] تعیین می‌شود. تعداد زیاد عناصر پذیرنده بیانگر تعدد پیامدها و خروجی‌های سیستم است، در حالی که غلبه عناصر اثرگذار نشان‌دهنده ساختار سلسله‌مراتبی و کنترل‌پذیرتر سیستم است (Yoon, 2016). در محیط نرم‌افزار، علاوه بر محاسبات فوق، تمایز گرافیکی پیوندها از طریق ضخامت خطوط (بردارها) نمایش داده می‌شود؛ به طوری که خطوط ضخیم‌تر نشان‌دهنده شدت و قدرت بالاتر روابط علّی ($|w_{ij}| \rightarrow 1$) میان پیشران‌ها و پیامدهای تخریب دارایی‌های طبیعی است.

محدوده مورد مطالعه

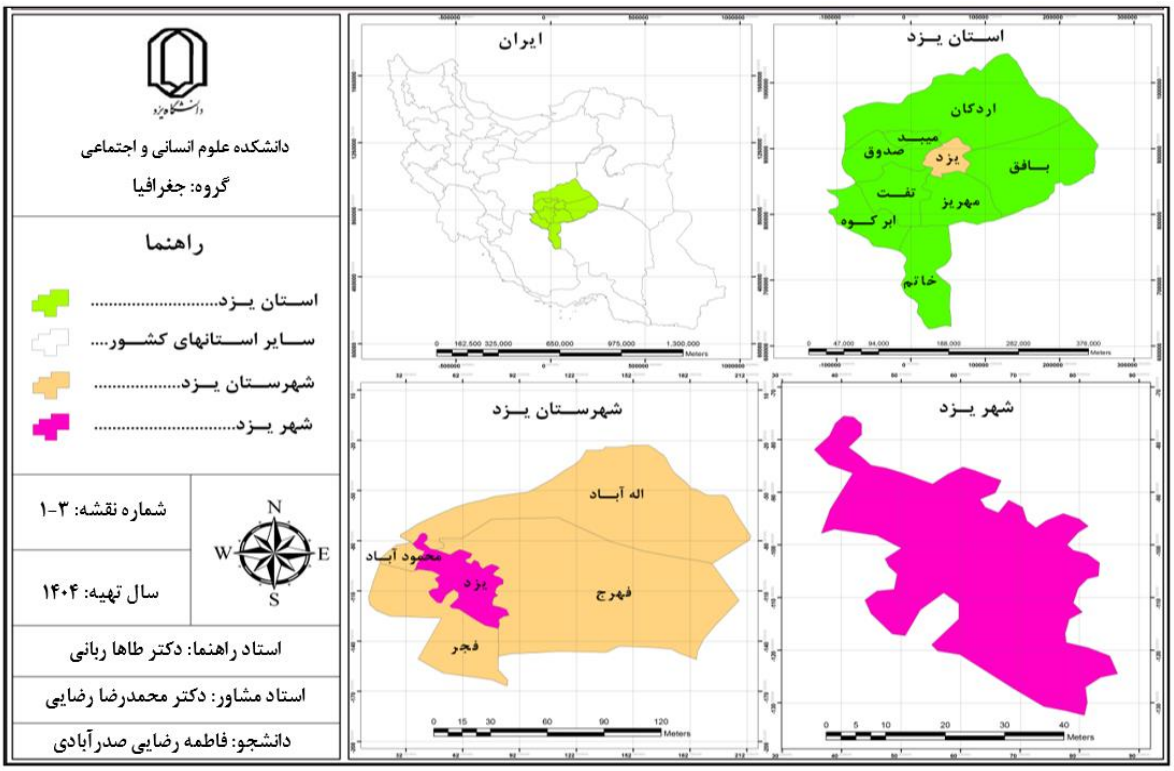
شهر یزد، مرکز استان یزد، در محدوده جغرافیایی آن بین ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این شهر از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان کرمان، از شرق به استان خراسان جنوبی و از غرب به استان فارس محدود می‌شود. یزد به دلیل موقعیت جغرافیایی استراتژیک خود، به عنوان نقطه‌ای ارتباطی میان استان‌های مرکزی و جنوبی کشور عمل می‌کند

یزد در دشتی هموار با ارتفاع متوسط ۱۲۳۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این دشت توسط ارتفاعات شیرکوه (با حداکثر ارتفاع حدود ۴۰۰۰ متر) در جنوب و تپه‌های کم‌ارتفاع در سایر جهات احاطه شده است. شیب ملایم زمین به سمت شمال، توزیع منابع آبی و الگوی سکونت را تحت تأثیر قرار داده است. وجود دشت‌های کویری در شمال و شرق، همراه با محدودیت پوشش گیاهی، ویژگی‌های توپوگرافی یزد را متمایز می‌کند. این خصوصیات، همراه با اقلیم خشک، به کاهش سرانه فضای سبز (۱۳ مترمربع در مقایسه با استاندارد ۲۵ مترمربع) منجر شده و بر سلامت شهروندان اثر منفی گذاشته است.

یزد در یک حوضه رسوبی شکل گرفته که نتیجه فعالیت‌های تکتونیکی دوران سوم زمین‌شناسی و فرآیندهای فرسایشی است. فرسایش بادی، عامل اصلی تشکیل تپه‌های کویری و بیابان‌های اطراف، به‌ویژه دشت کویر و دشت لوت، بوده و به بیابان‌زایی و کاهش تنوع زیستی دامن زده است. شیب ملایم زمین امکان ایجاد قنات‌ها را فراهم کرده که به‌عنوان سازه‌های کلیدی برای تأمین آب عمل کرده‌اند. برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و خشکسالی‌های اخیر، همراه با فرسایش خاک، تخریب باغات سنتی را تشدید کرده است. این ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، چالش‌هایی مانند افزایش گردوغبار و کاهش منابع طبیعی را به همراه داشته و نیاز به مدیریت پایدار را برجسته می‌کند.

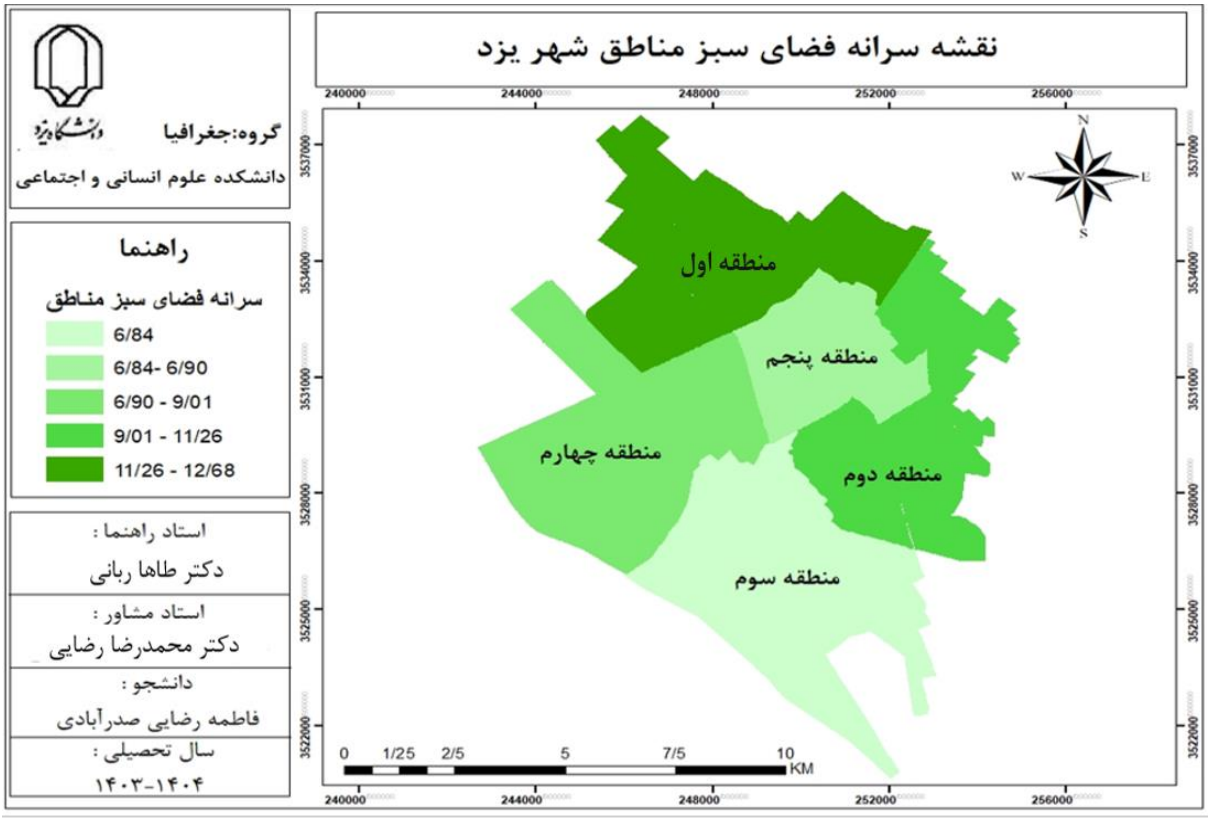
1. Density
2. Complexity
3. Receiver Variables
4. Driver/Transmitter Variables

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹-۱۱۸، بهار ۱۴۰۵



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی شهر یزد

برگرفته از: Rezaee sadrabadi,2025



شکل ۳. سرانه فضای سبز مناطق شهر یزد

برگرفته از: Rezaee sadrabadi,2025

یافته‌ها و بحث

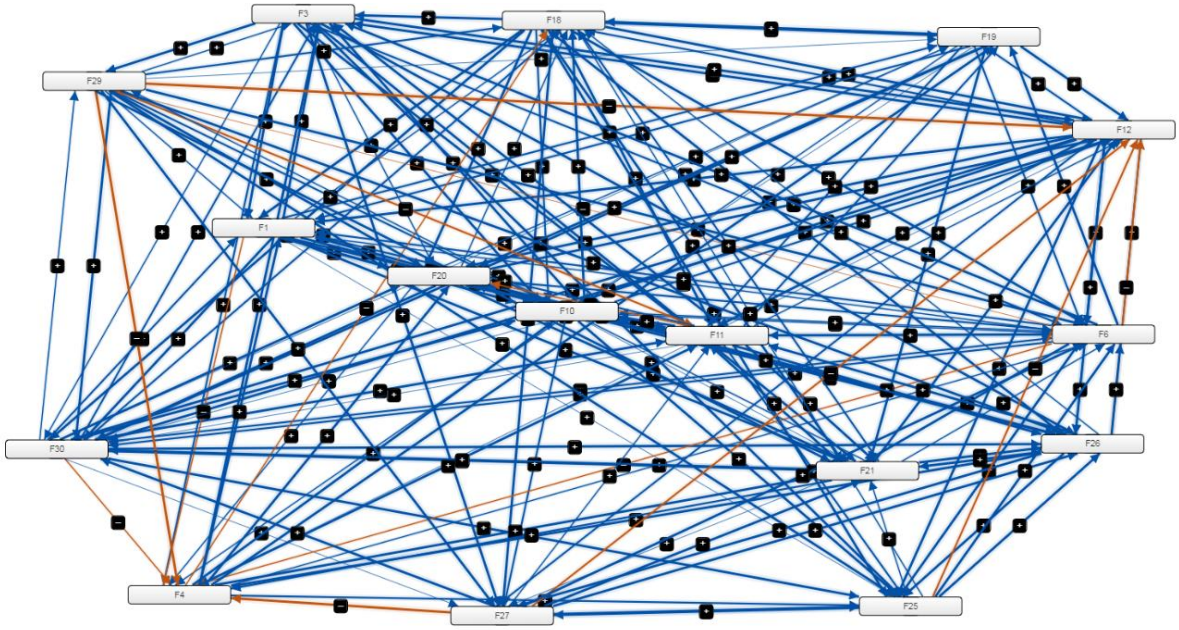
در این پژوهش، عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد در هفت محور اصلی دسته‌بندی شده‌اند. عوامل محیط‌زیستی و اقلیمی با ۷ عامل شناسایی‌شده، بیشترین تعداد عوامل را در بین محورها به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت چالش‌های محیط‌زیستی مانند خشکسالی، آلایندگی هوا و تخریب زیستگاه‌ها در تخریب منابع طبیعی شهر یزد است. عوامل حمل‌ونقل و انرژی با ۶ عامل در رتبه دوم قرار دارند که نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه مسائلی مانند افزایش ترافیک، مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه فناوری‌های جدید انرژی است. عوامل اقتصادی و توسعه‌ای با ۵ عامل و عوامل جمعیتی و اجتماعی با ۴ عامل به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. این عوامل شامل توسعه صنعتی، تغییر کاربری زمین، افزایش مهاجرت و تغییرات فرهنگی هستند.

جدول ۳. عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد

دسته‌بندی عوامل	عوامل مؤثر	تأثیر بر تخریب دارایی‌های طبیعی
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	•تشدید روند توسعه صنعتی •تغییر کاربری زمین و افزایش محدوده قانونی شهر •افزایش تقاضا برای زمین و مسکن •توسعه فناوری‌های جدید ساخت مسکن	تغییرات گسترده در محیط طبیعی، تبدیل اراضی طبیعی و زیستگاه‌ها به مناطق شهری و صنعتی.
عوامل جمعیتی و اجتماعی	•افزایش مهاجرپذیری •افزایش حاشیه‌نشینی •تغییر فرهنگ مصرف (مصرف‌گرایی) •تخلیه روستاها و مهاجرت به شهر یزد	فشار بر منابع طبیعی، تخریب زیستگاه‌ها و افزایش تقاضا برای منابع محدود.
عوامل حمل‌ونقل و انرژی	•افزایش استفاده از خودرو و موتورسیکلت •افزایش ترافیک و مصرف سوخت‌های فسیلی •عدم توسعه فناوری‌های جدید انرژی	آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی و تأثیرات منفی بر محیط‌زیست.
عوامل محیط‌زیستی و اقلیمی	•تشدید آلایندگی هوا و ریزگردها •گرمایش جهانی و خشکسالی •رویدادهای شدید اقلیمی (سیل و طوفان) •تخریب زیستگاه‌های طبیعی و گونه‌های بومی	تخریب منابع طبیعی، کاهش تنوع زیستی و تغییرات منفی در اکوسیستم‌ها.
عوامل مرتبط با منابع آب	•خشک‌شدن قنات‌ها •افزایش مصرف آب •فناوری‌های سنتی آبیاری	کاهش منابع آبی، فشار بر اکوسیستم‌های طبیعی و تشدید بحران آب.
عوامل مرتبط با گردشگری و پسماند	•تداوم گردشگری انبوه •دفع نامناسب پسماند	آلودگی محیط‌زیست، تخریب زیستگاه‌های طبیعی و فشار بر منابع طبیعی.
عوامل مرتبط با ساختار شهری	•تشدید پراکنده‌رویی شهری •فشار بر سیستم‌های طبیعی شهر •تخریب باغات شهری	کاهش فضای سبز شهری، ازبین‌رفتن اراضی طبیعی و تشدید تخریب منابع طبیعی.

عوامل فوق در قالب پرسش‌نامه و ماتریس نقشه شناختی فازی در اختیار متخصصین قرار گرفت. نقشه شناختی فازی ارائه‌شده در این پژوهش، مدلی پیچیده از روابط بین ۱۶ عامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد را ترسیم می‌کند. به‌طورکلی، تحلیل این نقشه نشان می‌دهد که سیستم مورد مطالعه بسیار پیچیده و غیرخطی است و تغییرات کوچک در برخی عوامل می‌توانند پیامدهای بزرگ و غیرمنتظره‌ای ایجاد کنند. این یافته‌ها می‌توانند به بهبود تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای کاهش تخریب دارایی‌های طبیعی در شهر یزد کمک کنند.

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹-۱۱۸، بهار ۱۴۰۵



شکل ۴. شناختی فازی بین عوامل مؤثر بر تخریب دارایی های طبیعی

تحلیل مدل شناختی فازی عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد

در تحلیل مدل شناختی فازی برای شناسایی و بررسی عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد، اطلاعات ارائه‌شده در جدول زیر ابعاد مختلف سیستم را نشان می‌دهد که در ادامه به تفکیک هرکدام پرداخته می‌شود.

جدول ۴. ویژگی های مدل نقشه شناختی فازی عوامل موثر بر تخریب دارایی های طبیعی

تعداد کل عناصر مدل	تعداد کل روابط	تراکم	تعداد ارتباط به‌ازای هر عنصر
۱۶	۱۹۱	۰/۷۹۵	۱۱/۹۳

همان‌طور که شکل ۳ و جدول ۳ نشان میدهند، مدل مورد نظر شامل ۱۶ عامل مختلف است که در نهایت بر تخریب دارایی‌های طبیعی تأثیرگذار هستند. این ۱۶ عامل در واقع مجموعه‌ای از عواملی را تشکیل می‌دهند که عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد با ۱۹۱ رابطه متقابل شناسایی شدند که نشان‌دهنده پیچیدگی و وابستگی شدید بین عوامل است. تراکم مدل (۰/۷۹) بیانگر آن است که بیش از ۷۹ درصد از روابط ممکن بین عوامل برقرار شده‌اند و هر عامل به‌طور میانگین با حدود ۱۲ عامل دیگر در تعامل است. این سطح بالای پیوستگی و تعاملات، سیستم را به‌عنوان یک ساختار پیچیده و پویا معرفی می‌کند که تغییر در یک عامل می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر کل سیستم داشته باشد.

جدول ۵. تحلیل میزان اثرگذاری عوامل مؤثر بر تخریب دارایی های طبیعی شهر

دسته‌بندی	cod	Indegree	Outdegree	Centrality	عوامل مؤثر بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	F۱۲	۱۱/۷۶	۱۲/۱۹	۲۳/۹۵	تغییر کاربری زمین افزایش محدوده قانونی شهر
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	F۳	۸/۸۲	۱۲/۱۲	۲۰/۹۴	تشدید روند توسعه صنعتی
عوامل محیط زیستی و اقلیمی	F۱۸	۱۷/۳۴	۱۲/۶۸	۲۰/۰۲	تبدیل زیستگاه‌های طبیعی به مناطق شهری
عوامل جمعیتی و اجتماعی	F۳۰	۱۰/۱۷	۱۱/۹۳	۲۲/۱	تخلیه روستاها و مهاجرت روستائیان به شهر یزد
عوامل جمعیتی و اجتماعی	F۱	۱۰/۳	۹/۵۷	۱۹/۸۷	افزایش مهاجرپذیری
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	F۲۰	۹/۱۲	۷/۷۲	۱۶/۸۴	افزایش تقاضا برای مسکن
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	F۱۹	۵/۲۱	۷/۵۲	۱۲/۷۳	افزایش تقاضا برای زمین
عوامل مرتبط با گردشگری و پسماند	F۱۰	۸/۴۳	۹/۵۶	۱۷/۹۹	تداوم گردشگری انبوه
عوامل جمعیتی و اجتماعی	F۶	۱۱/۴۱	۹/۲۴	۲۰/۶۵	افزایش حاشیه‌نشینی
عوامل مرتبط با ساختار شهری	F۴	۵/۰۴	۹/۴۷	۱۴/۵۱	تشدید پراکنده روی شهری
عوامل مرتبط با ساختار شهری	F۲۹	۲/۴۸	۱۱/۰۱	۱۳/۴۹	تخریب باغات شهری
عوامل اقتصادی و توسعه‌ای	F۲۱	۱۳/۳	۶/۵۵	۱۹/۸۵	توسعه فناوری‌های جدید ساخت مسکن
عوامل جمعیتی و اجتماعی	F۱۱	۱۳/۵۱	۸/۳۹	۲۱/۹	تغییر فرهنگ مصرف (افزایش مصرف‌گرایی)
عوامل مرتبط با ساختار شهری	F۲۶	۱۳/۶۸	۷/۷۶	۲۱/۴۴	تشدید فشار بر سیستم‌های طبیعی شهر
عوامل محیط زیستی و اقلیمی	F۲۷	۷/۲	۷/۸۳	۱۵/۰۳	تخریب زیستگاه گونه‌های بومی
عوامل محیط زیستی و اقلیمی	F۲۵	۱۱/۲۷	۵/۵	۱۶/۷۷	تغییرات در تعادل اکوسیستم‌ها طبیعی

در جدول ارائه شده، عوامل مختلفی که بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد تأثیرگذار هستند، بر اساس شاخص‌های مرکزیت، تأثیرگذار و تأثیرپذیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر اساس جدول فوق، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد شامل سه محور کلیدی هستند: ۱-تغییر کاربری زمین و افزایش محدوده قانونی شهر (F۱۲)، ۲-تغییر فرهنگ مصرف و افزایش مصرف‌گرایی (F۱۱)، و ۳-تشدید فشار بر سیستم‌های طبیعی شهر (F۲۶) است. این سه عامل، به ترتیب با مرکزیت‌های ۲۳/۹۵ ، ۲۱/۹ و ۲۱/۴۴ بالاترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را در میان سایر عوامل داشته و نقش تعیین‌کننده‌ای در سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کنند.

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد نتیجه تعامل پیچیده‌ای از عوامل اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی است که در قالب یک سیستم به‌هم‌پیوسته عمل می‌کنند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که فرآیند تخریب دارایی‌های طبیعی در شهر یزد، محصول یک عارضه کالبدی منفرد نیست، بلکه برآمد از اختلالی سیستماتیک در یک شبکه پیچیده و غیرخطی از عوامل (با تراکم روابط ۰/۷۹) است. این پویایی درهم‌تنیده کاملاً با دیدگاه (McPhearson et al, 2016) همخوانی دارد که شهرها را به عنوان «سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اکولوژیکی» با رفتارهای زنجیره‌ای تبیین می‌کنند. در این میان، «تغییر کاربری زمین» با بالاترین میزان

مرکزیت (۹۵/۲۳)، به عنوان پیشران خط اول تخریب شناسایی شد که اراضی طبیعی و باغات پیرامونی یزد را به سطوح نفوذناپذیر تبدیل کرده است؛ پدیده‌ای که (Seto et al, 2012). آن را عامل اصلی تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها می‌دانند و (O'Keeffe et al, 2022) تأکید می‌کنند که چنین دگرگونی‌های ساختاری، زوالی زنجیره‌ای و بازگشت‌ناپذیر را در کل سیستم اکولوژیک شهری پدید می‌آورند.

هم‌افزایی پیشران‌های اقتصادی و اجتماعی در یزد نشان داد که توسعه صنعتی (با مرکزیت ۹۴/۲۰) از طریق تشدید حاشیه‌نشینی و مهاجرت (با مرکزیت ۶۵/۲۰)، فشار مضاعفی بر منابع زیستی وارد آورده است که این چرخه با مدل علّی (Grimm et al, 2008). در زمینه افت توان بیولوژیک اراضی بر اثر بارگذاری ناپایدار فعالیت‌های اقتصادی همسو است. پیامد مستقیم این روند، تخریب باغات شهری یزد (با تأثیرگذاری ۰۱/۱۱) بوده که به قطع جریان منافع ناملموس اکوسیستمی نظیر تعدیل خرده‌اقلیم‌ها و مهار جزایر حرارتی انجامیده است؛ خدماتی که(Gómez-Baggethun & Barton,2013; Vardoulakis et al, 2013)آن‌ها را برای تاب‌آوری اقلیم‌های خشک حیاتی می‌دانند. علاوه بر این، بازتولید بی‌عدالتی زیست‌محیطی در مناطق حاشیه‌نشین یزد، صحت دیدگاه (Anguelovski & Roberts, 2011). را در توزیع ناعادلانه آسیب‌ها اثبات می‌کند. در نهایت، انطباق یافته‌ها با نظریه (Costanza et al, 2014). نشان می‌دهد که ریشه این بحران، پنهان ماندن ارزش واقعی این دارایی‌ها در حسابداری سنتی مدیریت شهری است؛ امری که ضرورت بازنگری در الگوهای برنامه‌ریزی کالبدی یزد و حرکت به سمت پاسخ‌های سیستمی و یکپارچه را دوچندان می‌سازد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تخریب دارایی‌های طبیعی شهر یزد در چارچوب نظریه‌های سرمایه طبیعی شهری (Elmqvist et al, 2013) و خدمات اکوسیستمی (Costanza et al, 2014) قابل‌تحلیل است. همان‌گونه که Costanza و همکاران (۲۰۱۴) تأکید می‌کنند، نادیده‌گرفتن ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم‌ها در برنامه‌ریزی شهری، به‌ویژه در مناطق خشک مانند یزد، منجر به ناپایداری محیط‌زیستی و تشدید بحران‌هایی مانند خشکسالی و کاهش تنوع زیستی شده است. این پژوهش نیز نشان داد که تغییر کاربری زمین و توسعه صنعتی بی‌رویه (با مرکزیت ۲۳/۹۵ و ۲۰/۹۴) به‌عنوان عوامل کلیدی، مستقیماً با کاهش خدمات اکوسیستمی نظیر تنظیم آب‌وهوا و حفاظت از زیستگاه‌ها مرتبط هستند. این یافته با مطالعات (Seto et al, 2012) همسو است که گسترش شهری را عامل اصلی جایگزینی فضاهای سبز با زیرساخت‌های مصنوعی می‌دانند. از منظر اکولوژی سیاسی عوامل اجتماعی مانند حاشیه‌نشینی و مهاجرت (مرکزیت ۲۰/۶۵) بازتابی از نابرابری‌های ساختاری در دسترسی به منابع طبیعی است. این نابرابری‌ها، همان‌گونه که (Anguelovski & Roberts, 2011) اشاره کرده‌اند، موجب تمرکز فشار بر جوامع محروم و تشدید تخریب محیط‌زیست می‌شود. در یزد، این پدیده در قالب خشک‌شدن قنات‌ها و کاهش سرانه فضای سبز (۱۳ مترمربع در مقابل استاندارد ۲۵ مترمربع) تجلی‌یافته است. این مسئله لزوم بازتوزیع عادلانه منابع طبیعی و ادغام عدالت محیط‌زیستی در سیاست‌های توسعه را آشکار می‌سازد. همچنین کاهش خدمات اکوسیستمی مانند تصفیه هوا و آب در یزد، تاب‌آوری شهر را در برابر شوک‌های اقلیمی مانند خشکسالی و ریزگردها تضعیف کرده است. این یافته با پژوهش‌های (McPhearson et al, 2016) همخوانی دارد که بر لزوم حفظ سرمایه طبیعی به‌عنوان زیرساختی حیاتی برای مقابله با تغییرات اقلیمی تأکید می‌کنند. برای نمونه، احیای باغات سنتی و توسعه زیرساخت‌های سبز نه‌تنها می‌تواند اثرات جزیره گرمایی شهری را کاهش دهد، بلکه تاب‌آوری اجتماعی – اکولوژیک شهر را افزایش می‌دهد. در راستای چارچوب مدیریت مبتنی بر اکوسیستم . راهکارهای پیشنهادی این پژوهش شامل تدوین قوانین سخت‌گیرانه برای حفظ فضای سبز، استفاده از فناوری‌های کم‌کربن، و مشارکت جامعه محلی است. این راهکارها باهدف ادغام خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی شهری، همان‌گونه که (Gómez-Baggethun & Barton, 2013) پیشنهاد می‌کنند، طراحی شده‌اند. به‌عنوان‌مثال، بازسازی قنات‌ها نه‌تنها بحران آب را کاهش می‌دهد، بلکه به احیای میراث‌فرهنگی – طبیعی شهر کمک می‌کند.

در مجموع می‌توان گفت تخریب دارایی‌های طبیعی یزد، پیامد تعامل عوامل اقتصادی، اجتماعی، و محیط‌زیستی در چارچوب یک سیستم پیچیده است. این پژوهش باتکیه‌بر نظریه‌های سرمایه طبیعی و خدمات اکوسیستم نشان می‌دهد که حل این بحران مستلزم رویکردی یکپارچه است که هم‌زمان به عدالت اجتماعی، پایداری اکولوژیک، و کارایی اقتصادی توجه کند. برنامه‌ریزی آینده باید بر پایه ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی و تقویت مشارکت ذی‌نفعان استوار باشد تا توازن بین توسعه شهری و حفظ منابع طبیعی در یک شهر کویری مانند یزد محقق شود.

References

Alberti, M., Palkovacs, E. P., Roches, S. D., De Meester, L., Brans, K. I., Govaert, L., Grimm, N. B., Harris, N. C., Hendry, A. P., Schell, C. J., Szulkin, M., Munshi-South, J., Urban, M. C., & Verrelli, B. C. (2020). The Complexity of Urban Eco-evolutionary Dynamics. BioScience, 70(9), 772-793. DOI:10.1093/biosci/biaa079

Anguelovski, I., & Roberts, D. (2011). Spatial justice and climate change: Multiscale impacts and local development in Durban, South Africa. Environmental Justice, 4(3), 132–135 DOI: 10.7551/mitpress/8759.003.0004

Bateman, I. J., & Mace, G. M. (2020). The natural capital framework for sustainably efficient and equitable decision making. Nature Sustainability, 3(10), 776–783. DOI:10.1038/s41893-020-0552-3

Boyce, James. (2001). From Natural Resources to Natural Assets. NEW SOLUTIONS A Journal of Environmental and Occupational Health Policy 11(3):267-88. DOI:10.2190/5QPY-TPE0-JP5W-5FJE

Carr, B., Fitzsimons, J., Holland, N., Berkinshaw, T., Bradby, K., Cowell, S., Deegan, P., Koch, P., Looker, M., Varcoe, T., Walsh, P. and Weisenberger, F. (2017), CAPitalising on conservation knowledge: Using Conservation Action Planning, Healthy Country Planning and the Open Standards in Australia. Ecol Manag Restor, 18: 176-189. DOI:10.1111/emr.12267

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. IUCN. DOI:10.2305/IUCN.CH.2016.13. DOI:10.2305/IUCN.CH.2016.13.en

Cole, D. H., & Grossman, P. Z. (1999). When is command-and-control efficient? Institutions, technology and the comparative efficiency of alternative regulatory regimes for environmental protection. Wisconsin Law Review, 887–93-https://www.repository.law.indiana.edu/facpub/590

Costanza , R., (2020). Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. Ecosystem Services ,43. DOI:10.1016/j.ecoser.2020.101096.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B.,... & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253–260. DOI:10.1038/387253a0

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change, 26, 152–158. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002

Dasgupta, P. (2021), The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Full Report. 610 . (London: HM Treasury) https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review

Dima, A. M. (2021). Resilience and economic intelligence through digitalization and big data analytics. Proceedings of the 4th International Conference on Economics and Social Sciences, 1–4. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/281607/1/1795613793.pdf

Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I.,... & Wilkinson, C. (Eds.). (2013). Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities. Springer. DOI:10.1007/978-94-007-7088-1_3

Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J. N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D. J., Kronenberg, J., & de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. Current Opinion in Environmental Sustainability, 14, 101–108. DOI:10.1016/j.cosust.2015.05.001

Escobar, A. (2008). Territories of difference: Place, movements, life, redes. Duke University Press. DOI:10.1215/9780822389439

European Commission. (2019). Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en

European Environment Agency. (2016). Urban sprawl in Europe: Joint EEA-FOEN report. https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe

Fisher, Jessica C., Nawrath, M, Dallimer, Martin, Irvine, Katherine N. and Davies, Zoe G. (2022) Connecting biodiversity and human wellbeing. In: Aronson, M.F.J. and Nilon, C.H., eds. Routledge Handbook of Urban Biodiversity. First edition Taylor & Francis, Oxford, United Kingdom. DOI:10.4324/9781003016120-13

Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. Environmental Science & Policy, 93, 101–111. DOI:10.1016/j.envsci.2018.12.033

Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. Ecological Economics, 86, 235–245. DOI:10.1016/j.ecolecon.2012.08.019

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. Science, 319(5864), 756–760. DOI:10.1126/science.1150195

Guerry, A. D., Polasky, S., Lubchenco, J., et al. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(24), 7348–7355. DOI:10.1073/pnas.1503751112

Haase, D., Frantzeskaki, N., & Elmqvist, T. (2014). Ecosystem services in urban landscapes: Practical applications and governance implications. Ambio, 43(4), 407–412. DOI:10.1007/s13280-014-0503-1

IEA -International Energy Agency. (2021). World energy outlook 2021. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021

Inostroza, L., & de la Barrera, F. (2019). Ecosystem services and urbanisation: A spatially explicit assessment in Upper Silesia, Central Europe. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 471(9), 092028. DOI:10.1088/1757-899X/471/9/092028

James & van Vianen, Josh & Foli, Samson & Clendenning, Jessica & Yang, Kevin & MacDonald, Margaret & Petrokofsky, Gillian & Pad och, Christine & Sunderland, Terry, 2017. "Trees for life: The ecosystem service contribution of trees to food production and livelihoods in the tropics," Forest Policy and Economics, Elsevier, vol. 84(C), 62-71. DOI:10.1016/j.forpol.2017.01.012

Jansson, Å. (2013). Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. Ecological Economics, 86, 285–291. DOI:10.1016/j.ecolecon.2012.06.013

Kaplan, R. (1993). The role of nature in the context of the workplace. Landscape and Urban Planning, 26(1–4), 193–201. DOI:10.1016/0169-2046(93)90016-7

La Rosa D, Spyra M, Inostroza L (2016) Indicators of Cultural Ecosystem Services for urban planning: A review. Ecological Indicators 61: 74-89. DOI:10.1016/j.ecolind.2015.04.028

Lottrup, L., Stigsdotter, U. K., Meilby, H., & Claudi, A. G. (2015). Workplace settings and wellbeing: Greenspace use and views contribute to employee wellbeing at peri-urban business sites. Landscape and Urban Planning, 138, 32–40. DOI:10.1016/j.landurbplan.2015.02.004

Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., et al. (2015). A review of urban ecosystem services: Six key challenges for future research. Ecosystem Services, 14, 98–112. DOI:10.1016/j.ecoser.2015.05.001

Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A.-L., Sasaki, R., Abson, D. J., Lang, D. J., Wamsler, C., & von Wehrden, H. (2015). A review of urban ecosystem services: Six key challenges for future research. Ecosystem Services, 14, 98–112. DOI:10.1016/j.ecoser.2015.05.001

Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., et al. (2009). Morbidity is related to a green living environment. Journal of Epidemiology & Community Health, 63(12), 967–973. DOI:10.1136/jech.2008.079038

Martínez-Alier, J. (2002). The environmentalism of the poor: A study of ecological conflicts and valuation. Edward Elgar Publishing. https://cdn.unrisd.org/assets/library/papers/pdf-files/martinezalier.pdf

Mcdonald, Robert & Marcotullio, Peter. (2011). Global Effects of Urbanization on Ecosystem Services. Urban Ecology. 193-205. 10.1093/acprof:oso/9780199563562.003.0024.

McPhearson, T., Pickett, S. T. A., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T.,... & Qureshi, S. (2016). Advancing urban ecology toward a science of cities. BioScience, 66(3), 198–212. DOI:10.1093/biosci/biw002

Natural Capital Coalition. (2016). Natural Capital Protocol. https://naturalcapitalcoalition.org/natural-capital-protocol/https://capitalscoalition.org/

O'Keeffe, C., & McNally, S. (2025). 'Understand more what we do': Investigating children's perspectives of play through a co-constructed review of the literature. Child Indicators Research, 18, 2245–2274. DOI:10.1007/s12187-025-10261-7

O'Keeffe, C., Pluchinotta, I., De Stercke, S., Hinson, C., Puchol-Salort, P., Mijic, A., Zimmermann, N., & Collins, A. M. (2022). Evaluating natural capital performance of urban development through system dynamics: A case study from London. Science of the Total Environment, 824, 153673. DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.153673

Okour, Y.; Shaweesh, H. Identifying the Barriers to Green Infrastructure Implementation in Semi-Arid Urban Areas Using the DPSIR Framework: A Case Study of Amman, Jordan. City Environ. Interact. 2024, 24, 100165. DOI:10.1016/j.cacint.2024.100165

Ozesmi, U. O. S. (2004). Ecological models based on people's knowledge: A multi-step fuzzy cognitive mapping approach. Ecological Modelling, 176(1–2), 43–64. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2003.10.027

Papageorgiou, E. I. (Ed.). (2014). Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering. Springer. DOI:10.1007/978-3-642-39739-4

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., et al. (2017). A framework for assessing and implementing nature-based solutions in urban areas. Landscape and Urban Planning, 167, 15–27. DOI:10.1016/j.envsci.2017.07.008

Rezaei Sadrabadi, F. (2025). *Analysis and Explanation of the Impact of Urban Natural Assets Destruction on Citizens' Health (Case Study: Yazd City)* (Unpublished master's thesis). Department of Geography, Yazd University. Supervisor: T. Rabbani; Advisor: M. R. Rezaei.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., et al. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 375(1794), 20190120. DOI:10.1098/rstb.2019.0120

Seto, K. C., & Shepherd, J. M. (2009). Global urban land-use trends and climate impacts. Current Opinion in Environmental Sustainability, 1(1), 89–95. DOI:10.1016/j.cosust.2009.07.012

Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(40), 16083–16088. DOI:10.1073/pnas.1211658109

Sjerp de Vries & Robert A Verheij & Peter P Groenewegen & Peter Spreeuwenberg, 2003. "Natural Environmentsâ€"Healthy Environments? An Exploratory Analysis of the Relationship between Greenspace and Health," Environment and Planning A, , vol. 35(10), 1717-1731,. DOI:10.1068/a35111

Sokolova, M. V., Fath, B. D., Grande, U., Buonocore, E., & Franzese, P. P. (2024). The Role of Green Infrastructure in Providing Urban Ecosystem Services: Insights from a Bibliometric Perspective. Land, 13(10), 1664. DOI:10.3390/land13101664

Transparency International. (2021). Corruption perceptions index 2021. https://www.transparency.org/en/cpi/2021/index/nzl

Ulrich, R. S. (1981). Natural versus urban scenes: Some psychophysiological effects. Landscape Planning, 8(6), 523–556. DOI:10.1016/0304-3924(81)90001-2

United Nations Conference on Trade and Development(UNCTAD). (2021). Technology and innovation report 2021. https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2021

United Nations Environment Programme(UNEP). (2020). Global biodiversity outlook 5.DOI:https://www.cbd.int/gbo5

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). State of the world's cities 2020. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf

United Nations. (2022). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World urbanization prospects 2022. https://population.un.org/wup/

Vardoulakis, E.; Karamanis, D.; Fotiadi, A.; Mihalakakou, G. The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demand DOI:10.1016/j.solener.2013.04.016

Vasslides, J. M., & Jensen, O. P. (2016). Fuzzy cognitive mapping in support of integrated ecosystem assessments: Developing a shared conceptual model among stakeholders. Journal of Environmental Management, 166, 348–356. DOI:10.1016/j.jenvman.2015.10.038

Willis KJ, Petrokofsky G. The natural capital of city trees. Science. 2017 Apr 28;356(6336):374-376. DOI:10.1126/science.aam9724. PMID: 28450596.

White MP, Pahl S, Wheeler BW, Depledge MH, Fleming LE. Natural environments and subjective wellbeing: Different types of exposure are associated with different aspects of wellbeing. Health Place. 2017 May;45:77-84. DOI: 10.1016/j.healthplace.2017.03.00

Gosling, W. D., & Williams, J. J. (2013). Ecosystem service provision sets the pace for pre-Hispanic societal development in the central Andes. *The Holocene*, *23*(11), 1619-1624. https://doi.org/10.1177/09596836134962

World Bank. (2021). World development indicators 2021. https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

World Health Organization(WHO). (2021). Air quality guidelines: Global update 2021. DOI:https://www.who.int/publications/i/item/9789240062350

Yoon, B. S., & Jetter, A. J. (2016). Comparative analysis for fuzzy cognitive mapping. In PICMET 2016: Technology Management for Social Innovation (pp. 1037–1045). IEEE. DOI:10.1109/PICMET.2016.7806755

Zhang, Z., Ye, B., Yang, W., & Gao, Y. (2024). Effect of Nature Space on Enhancing Humans' Health and Well-Being: An Integrative Narrative Review. *Forests*, *15*(1), 100. DOI:10.3390/f15010100