Fall (2024) 15(3), (Series 36): 1-25
DOI: 10.30473/grup.2024.69557.2805

Received: 25/Oct/2023 Accepted: 10/May/2024

Urban Ecological Research Open Access

ORIGINALARTICLE

# Simulation of Biological Patterns in Urban Design and Architecture with Emphasis on the Relationships between Ecosystem Services

**Nafiseh Marsousi[1]*, Mehdi Shafieipour[2]**

[1]. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payam Noor University, Tehran, Iran.
2. Ph.D Candidate, Department of Geography and Urban Planning, Payam Noor University, Tehran, Iran.

**Correspondence**
Nafiseh Marsousi
Email: marsousin@pnu.ac.ir

**How to cite**
Marsousi, N., & Shafieipour, M. (2024). Simulation of Biological Patterns in Urban Design and Architecture with Emphasis on the Relationships between Ecosystem Services. *Urban Ecological Research*, 15(3), 1-25.

ABSTRACT
One of the effective ways to manage energy consumption in cities is to use methods based on the simulation of biological patterns. Cities so that they become complex flexible systems and create ecological and cultural-social health through the provision of ecosystem services is of vital importance. The services of urban ecosystems are the benefits that citizens get from them and include supply, regulation, cultural and support services. Although few methods have been proposed for the design of urban environments based on the relationships between ecosystem services, their use has not received much attention. The main obstacle for the development of design methods based on ecosystem services is the lack of necessary knowledge to understand the relationships between urban ecosystem services, and usually based on the principles governing urban design, only spatial designs are often done. This article examines the relationships governing the synergies of urban ecosystem services from an ecological point of view and then analyzes its effects on urban design. This analysis can provide an efficient tool for designers and policy makers to make more favorable decisions for the exploitation of various ecosystem services in urban areas and to minimize the destructive environmental effects caused by urban designs. Based on the results of this analysis, the effectiveness of urban ecosystem services will increase with a correct understanding of their ecological relationships and considerations related to the spatial relationships of urban elements.

KEYWORDS
Simulation of Biological Patterns, Architecture, Urban Design, Urban Planning, Ecosystem Services.

© 2023, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license. (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

سال پانزدهم، شماره سوم، پیاپی سی و ششم، پاییز ۱۴۰۳ (۲۵-۱)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۱۴۰۳/۰۲/۲۱

DOI: 10.30473/grup.2024.69557.2805

نشریه علمی

**پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری**

**«مقاله پژوهشی»**

# شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و معماری با تأکید بر روابط میان خدمات اکوسیستم

**نفیسه مرصوصی[1*]، مهدی شفیعی‌پور[2]**

[1]. دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، ایران.

[2]. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: نفیسه مرصوصی

رایانامه: marsousin@pnu.ac.ir

## چکیده

یکی از راهکارهای مؤثر در مدیریت مصرف انرژی در شهرها استفاده از روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی است. شهرها به‌گونه‌ای که آن‌ها به سیستم‌های پیچیدهٔ انعطاف‌پذیر تبدیل شوند و سلامت بوم‌شناختی و فرهنگی- اجتماعی را از طریق ارائه خدمات اکوسیستمی ایجاد کنند، از اهمیت حیاتی برخوردار است. خدمات اکوسیستم‌های شهری مزایایی است که شهروندان از آن‌ها به دست می‌آورند و شامل خدمات تأمینی، تنظیمی، فرهنگی و حمایتی است. با وجود اینکه برای طراحی محیط‌های شهری مبتنی بر روابط میان خدمات اکوسیستم، روش‌های اندکی پیشنهاد شده اما استفاده از آن‌ها چندان مورد توجه قرار نگرفته است. مانع اصلی برای توسعه روش‌های طراحی براساس خدمات اکوسیستم، فقدان دانش لازم برای درک روابط بین خدمات اکوسیستم‌های شهری است و معمولاً براساس اصول حاکم بر طراحی شهری، غالباً طراحی‌های صرفاً فضایی انجام می‌شود. این مقاله روابط حاکم بر هم‌افزایی‌های خدمات اکوسیستم‌های شهری را از منظر بوم‌شناختی بررسی و سپس اثرات آن را بر طراحی شهری مورد تحلیل قرار می‌دهد. این تحلیل می‌تواند ابزاری کارآمد برای طراحان و سیاست‌گذاران فراهم سازد تا تصمیمات مطلوب‌تری در جهت بهره‌برداری از خدمات مختلف اکوسیستم در مناطق شهری اتخاذ نموده و آثار مخرّب زیست‌محیطی ناشی از طراحی‌های شهری را به حداقل کاهش دهند. براساس نتایج این تحلیل، اثربخشی خدمات اکوسیستم‌های شهری با درک صحیح روابط بوم‌شناختی آن‌ها و ملاحظات مربوط به روابط فضایی عناصر شهری، افزایش خواهد یافت.

## واژه‌های کلیدی

شبیه‌سازی الگوهای زیستی، معماری، طراحی شهری، برنامه‌ریزی شهری، خدمات اکوسیستم.

**استناد به این مقاله:**

مرصوصی، نفیسه و شفیعی‌پور، مهدی (۱۴۰۳). شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و معماری با تأکید بر روابط میان خدمات اکوسیستم. *فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۵(۳)، ۲۵-۱.

**مقدمه**

با وجود اینکه شهرها به‌عنوان برجسته‌ترین مولود تمدن بشری حدود ۳ تا ۴ درصد از مساحت کره زمین را اشغال کرده‌اند اما امروزه بزرگ‌ترین کانون‌های مصرف انرژی، آب، مواد خام و کانون‌های انتشار آلاینده‌ها هستند. افزایش مصرف سرانه و شهرنشینیِ انفجارگونه، ایجاد تغییرات مؤثر در نحوه طراحی شهرها و ساختمان‌های درون آن‌ها را اجتناب‌ناپذیر ساخته تا شاید اثرات مخرب تغییرات آب‌وهوایی و کاهش تنوع زیستی ناشی از آن اندکی کاهش یابد (Zari, 2021:1). اگرچه شهرها کانون‌های بزرگ مصرف خدمات اکوسیستمی و تولیدکننده‌های بالقوه زباله هستند، اما ذخایر بزرگی از نبوغ انسانی، نیروی کار، فعالیت‌های اقتصادی و ثروت فرهنگی را هم در خود جای داده‌اند. محیط‌های شهری هم از نظر تأثیر بر اکوسیستم‌ها و هم نقش بالقوه اکوسیستم‌ها در بازسازی شهر اهمیت زیادی دارند. به دلیل تخصیص فزاینده کالاها و خدمات اکوسیستم‌ها به محیط مصنوع و انسان‌ساخت، بسیاری از خدمات بوم‌شناختی حیاتی شهر مانند تعدیل شرایط آب‌وهوایی، تشکیل خاک، چرخه مواد مغذی، گرده‌افشانی و جذب زباله به شکل اسف‌انگیزی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند (Hayes, 2020:161). این شرایط باعث شده تا اخیراً رویکردهای طراحی شهری مبتنی بر ادغام روش‌های ارزیابی عملکرد و روش‌های استوار بر خصائص احیاء و بازسازی مورد توجه قرار گیرند (Doughty, 2004:39). در این راستا این مقاله به‌طور خاص بر تقلید از خدمات اکوسیستم به‌عنوان یک استراتژی طراحی شهری احیاءکننده در قالب شبیه‌سازی الگوهای زیستی تأکید دارد؛ موضوعی که تاکنون در سطح کلان برنامه‌ریزی و طراحی شهری در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

استفاده از طبیعت، ساختار و فرم طبیعی و تناسبات آن‌ها، بخشی از شالوده گرایش‌های معماری نشان می‌دهد؛ تغییرات مداوم در کنار تحول و تکامل طبیعت به‌عنوان موجود زنده، نوعی از پویایی را شکل می‌دهد که همواره وجوه متفاوت آن در برداشت‌های معمارانهٔ معماران قابل‌مشاهده است. تقلید یا استفاده از طبیعت و ارگانیسم موجود در آن، چه به صورت فرمی و چه به صورت عملکردی، بحث‌های متنوعی در حوزه‌های معماری و سایر علوم به خود دیده است. از داوینچی که زیبایی، اقتصادی و علمی بودن استفاده از طبیعت و ارگانیسم را در طرح‌های خود بالاتر از هر دستاورد و اختراعی می‌دانست تا جان راسکین[1] که در سال ۱۹۰۶ که تنها تقلید از طبیعت را توصیه می‌کند. پریمو لوی[2] شیمیدان ایتالیایی در سال ۱۹۸۶ اظهار داشت که هر چیزی که در شیمی اتفاق می‌افتد (نژاد ابراهیمی،۱۴۰۰: ۱۸۷).

پیتر کالینز[3] در سال ۱۹۹۸ با الگو قرار دادن شعار فرم تابع عملکرد در معماری و بوم‌شناسی، بر اهمیت استفاده از طبیعت و نقش آن در زندگی و معماری تأکید می‌کند. متغیرهای برگرفته شده از طبیعت قابل‌تقسیم به مؤلفه‌های فرم و کالبد، ساختار، معنا و خود طبیعت هستند. در بخش فرم و کالبد متغیرهای معماری شامل هندسه، فرم و شکل طبیعت است که در قالب الهام از قواعد و اصول طبیعت، استفاده از رویکرد تکاملی طبیعت، بهره‌گیری از الگوی اکوسیستم‌ها و استفاده از الگوی رشد بوم‌شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از این موارد نظیر بهره‌گیری از الگوی اکوسیستم‌ها و الگوی رشد بوم‌شناختی، به صورت ساختاری نیز در معماری قابل استفاده است. با بررسی مفاهیم اساسی هر رویکرد معماری مبتنی بر طبیعت، می‌توان بیان کرد که هفت رویکرد اصلی شامل زیست دوست[4]، زیستارشناختی[5]، زیست ریخت‌شناسی[6]، ارگانیک، شبیه‌سازی الگوهای زیستی[7]، ژنگان‌شناسی[8] و توسعه پایدار قابل تحلیل و بررسی هستند (همان،۱۴۰۰: ۱۸۷).

در میان این رویکردها، شبیه‌سازی الگوهای زیستی روشی است که بر تأثیرات فرایند شکل‌گیری، مقیاس و تاریخی بودنِ الهام از طبیعت در معماری تأکید دارد؛ رویکردی که در معماری بیش از همه بر توان استفاده از پروژه‌های معماری آینده براساس رشد بوم‌شناختی استوار است و در طراحی شهری می‌تواند به‌عنوان روشی کارآمد در ساخت خانه‌های مقاوم در برابر تغییرات آب‌وهوایی، مدیریت مواد و انرژی، تنوع زیستی و استفاده از طرح‌واره‌ها در معماری شهری مورد استفاده قرار گیرد. حل پیچیدگی‌های طراحی شهری و شناسایی اصول عملیاتی موجود در ارگانیسم یا ساختارهای طبیعی می‌تواند توسط متخصصان حوزهٔ شهرسازی مورد استفاده قرار گرفته و به خروجی‌های کاربردی مطلوبی در طراحی معماری شهری و ساماندهی محیط‌های شهری منتهی شود (Knippers, 2012:07).

در مفاهیم مرتبط با اصول تقلید از طبیعت، بی تردید قیاس، مهم‌ترین مفهوم نگاشت بین ویژگی‌های بین طبیعت و محیط

1. John Ruskin

2. Primo Levi
3. Peter Collins
4. Biophilic
5. Bionic
6. Biomorphic
7. Biomimetic
8. Genomic

انسان‌ساخت محسوب می‌شود. قیاس یک سازوکار شناختی مؤثر است که برای نتیجه‌گیری و یادگیری مفاهیم جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد و در توسعه و آموزش دیدگاه‌ها و مفاهیم شناختی نقش مهمی دارد. قیاس در ادبیات علمی، نوعی ابزار آموزش و یادگیری قوی و نیز ابزاری مناسب برای اهدافی همچون حل مسئله، تعاریف و ایجاد محیط بحث و گفتگو است. الهام از موضوع به روش قیاسی در معماری نه‌تنها متاثر از طبیعت بلکه از مفاهیم بنیادی و انتزاعی مانند فرهنگ، دین، تصویر، بشریت و غیره نیز قرار می‌گیرد (فرشی حقی، ۱۴۰۰: ۱۰۶).

با توجه به مطالب فوق و جمع‌بندی ویژگی‌های ساختاری برشمرده شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که نخستین ویژگی استفاده از الگوهای زیستی در طرح‌ها و برنامه‌های شهری، جامعیت آن‌هاست؛ بدین معنی که پاسخ بسیاری از پرسش‌های مربوط به‌کارگیری این الگوها در عملکرد طبیعی آن‌ها نهفته است و استفاده از این الگوها نیازمند طی فرایندهای معمول در ایجاد یک برنامه جامع شهری نیست. باید در نظر داشت که شمول مفهوم الگوهای زیستی در فرایند برنامه‌ریزی شهری به‌مثابه ابزاری در بستر برنامه‌ریزی، نتیجه‌ای متفاوت اما منطق عملکردی مشابهی به دنبال خواهد داشت. بنابراین به‌کارگیری الگوهای زیستی در برنامه‌ریزی شهری را می‌توان سازوکاری قائم بالذات، جامع، فراگیر و تکرارپذیر دانست و سازگاری آن با طبیعت تا حد زیادی می‌تواند نتایج حاصل از برنامه‌ریزی در شهر را قابل پیش‌بینی و قابل‌سنجش سازد.

استفاده از الگوهای زیستی در برنامه‌ریزی شهری به‌واسطه منطق سیستمی حاکم بر آن، قابلیت پاسخ به طیف گسترده‌ای از مسائل شهری را دارا است؛ قابلیت بازخورد از طبیعت، تا حد زیادی سیستم برنامه‌ریزی در شهر را انعطاف‌پذیر می‌سازد؛ از آنجا که باید در استفاده از این الگوها مشخصات و مقتضیات بستر محیطی شهر را در نظر گرفت، نتایج حاصل از به‌کارگیری این الگوها در مقایسه با طرح‌های شهری خلق‌الساعه متداول از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار خواهند بود. عدم توجه به این الگوها در برنامه‌ریزی شهری، تا حدی می‌تواند دست‌یابی به اهداف مورد انتظار از توسعه پایدار شهر را مخدوش سازد، بدین معنی که عدم توجه به الگوهای طبیعی به‌ویژه در سه سطح ارگانیسم، رفتار و خدمات اکوسیستم، تأثیرات نامطلوبی بر اقتضائاتی همچون فرم، مصالح، ساختار و عملکرد سیستم شهری بر جای خواهد گذاشت. بنابراین توسعه شهری بدون بازتعریف مفهوم شهر به‌عنوان شبکه‌ای برخوردار از اثرات مثبت زیست‌بوم و بدون توجه الگوهای زیستی، شهرها و به‌ویژه کلان‌شهرها را با مجموعه‌ای از چالش‌های اکولوژیکی مواجه خواهد ساخت. در این راستا این مقاله پژوهشی توصیفی- تحلیلی از نقش الگوهای شبیه‌سازی زیستی در طراحی شهری ارائه نموده و با استفاده از روش استدلال منطقی روابط میان الهام از طبیعت و خدمات اکوسیستم‌های شهری را بیان می‌کند.

## مبانی نظری

### چارچوب نظری

### توسعه پایدار و معماری

در سال ۱۹۹۲ میلادی، کنفرانسی تحت عنوان *اجلاس زمین*[1] در شهر ریودوژانیرو در برزیل برگزار شد. در این کنفرانس این موضوع مطرح شد که توسعه کنونی جهان در جهت تخریب محیط‌زیست است و در صورت ادامه روند کنونی، شرایط زیستی کره زمین به مخاطره خواهد افتاد، بدین معنی که زیست‌بوم کره زمین دیگر قادر به بازتولید محیط مناسب زیست نخواهد بود و ادامه حیات جانداران و گوناگونی زیستی، به صورتی که امروز با آن آشنا هستیم، دیگر امکان‌پذیر نمی‌باشد. کنفرانس دیگری پنج سال بعد در شهر کیوتو در ژاپن در سال ۱۹۹۷ و متعاقب آن در ژوهانسبورگ آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۲ برگزار شد (عنابی و جلالی، ۱۳۹۷: ۱۰۳). در خلال نشست مقدماتی برای کنفرانس شهر قرن ۲۱[2] در جولای ۲۰۰۰ در برلین، تعریف زیر از توسعه پایدار شهری ارائه شد: بهبود بخشیدن به کیفیت زندگی در یک شهر شامل بهبود شرایط زیست‌محیطی، فرهنگی، سیاسی، نهادی، سازمانی و اجتماعی- اقتصادی بدون آنکه فشاری که نتیجه کاهش بیش از حد سرمایه‌های طبیعی باشد بر نسل‌های آینده تحمیل شود. هدف این است که تعادل بین مواد و انرژی و نیز داده- ستانده مالی را برقرار شود زیرا که این مسئله نقشی حیاتی را در تمامی تصمیمات آتی ما در رابطه با توسعه نواحی شهری ایفا می‌نماید (Regional Environmental Center, 2001: 57). علاوه‌بر تعریف مذکور، تاکنون تعاریف زیادی از توسعه پایدار شده است؛ به‌طور کلی می‌توان مجموعه‌هایی از تعاریف انجام شده در خصوص توسعه پایدار را بدین شرح ارائه کرد: پاسخگویی به نیازهای نسل‌های آینده، توجه به ظرفیت قابل تحمل اکوسیستم‌ها، حفظ ثروت و سرمایه طبیعی، نگهداری و ارتقای سیستم‌ها، پایدار کردن زندگی بشر، حفاظت از

1. Earth Summit
2. Urban 21

محیطزیست، یکپارچه کردن حفاظت و توسعه به‌عنوان رویکرد کلی (عزیزی، ۱۳۸۵: ۳۵).

انسان و محیط دو جزء اصلی مفاهیم پایداری محسوب می‌شوند. به‌منظور شناخت رابطه انسان و محیط، شناخت رویکردهای مختلف پایداری امری ضروری است. در این راستا کمیسیون پایدار ملل متحد[1] به‌منظور ارزیابی میزان توسعه پایدار چارچوبی را تدوین کرده است که در آن رویکردهای مختلف پایداری را دسته‌بندی نموده که شامل سه رویکرد محیطی، اجتماعی و اقتصادی است (جمعه پور، ۱۳۹۵: ۲۷۱). در ابتدا بیشتر مباحث مربوط به توسعه پایدار فقط شامل مسائل زیست‌محیطی بود اما با گذشت زمان مسائل اقتصادی نیز اهمیت پیدا نمود. پس از آن و از اواخر دهه ۱۹۹۰ مباحث اجتماعی نیز در دستور کار قرار گرفت (Colantonio,2007:03). در میان مظاهر انسان‌ساخت و مصنوع بشر، معماری و صنعت ساختمان یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های اقتصادی است که آثار اجتماعی زیادی نیز بر جوامع انسانی دارد و علاوه‌بر آن، نقش مهمی نیز در ایجاد تغییرات محیطی بر عهده دارد (Sjostrom,1999:110).

ساختمان‌ها در مقایسه با سایر ساخته‌های دست بشر عمر طولانی‌تری دارند و در تمامی مراحل طراحی، اجرا و تخریب، بر توسعه پایدار تأثیر می‌گذارند. یک سازه معماری ترکیبی از مصالح، مواد و سایر عناصری است که به صورت متقابل بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند (Mortime,2004:26). معماری بر هر سه وجه محیطی، اقتصادی و اجتماعیِ پایداری تأثیر مستقیم دارد. تفکر معماری پایدار متضمن تلاش برای همساز کردن طرح معماری با محیطزیست است. در واقع معماری پایدار با استفاده از ابزار طراحی و شیوه‌های ساخت و ایجاد رابطه مناسب بین بنا و محیطزیست، درصدد کاهش تأثیرات منفی ساخت‌وساز در محیطزیست است و در عین حال با پاسخگویی به نیازهای اجتماعی، سبب دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار می‌شود (خاتمی و فلاح، ۱۳۸۹: ۲۴). اهداف معماری پایدار را می‌توان بدین صورت بیان نمود: تأکید بر زندگی انسان و حفظ و نگهداری آن در حال و آینده، استفاده از مصالح همگن با کاربری محیطزیست، استفادهٔ حداقلی از انرژی‌های فسیلی و استفاده حداکثری از انرژی‌های طبیعی، تخریب حداقلی محیطزیست، بهبود فیزیکی و روانی زندگی انسان‌ها و هماهنگی با محیط طبیعی (گرجی مهلبانی، ۱۳۸۹: ۴۵).

1. The United Nations Commission on Sustainable Development (CDS)

## شبیه‌سازی الگوهای زیستی (بایومیمتیک)

شبیه‌سازی الگوهای زیستی را می‌توان نوعی تجزیه و تحلیل محیط شهری از منظر نحوه عملکرد اکوسیستم‌های شهری و تغییرات پایدارِ مبتنی بر تقلید از این اکوسیستم‌ها به شمار آورد (Zari, 2007: 9). اصطلاح شبیه‌سازی الگوهای زیستی ترجمانی از واژهٔ بایومیمتیک[2] است که از ترکیب دو شامل *بایو* به معنای زندگی و *میمِسیس* به معنای تقلید به وجود آمده است. تاکنون تعاریف متعددی دربارهٔ این اصطلاح از طرف صاحب‌نظران ارائه شده است؛ از نظر بنیوس[3] شبیه‌سازی الگوهای زیستی مفهوم جدیدی است که به بررسی بهترین ایده‌های طبیعت و آنگاه الگوبرداری از طرح‌ها و فرایندها به‌منظور حل مسائل انسانی می‌پردازد؛ با وجود این از نظر پدرسون زاری[4] یکی از موانع پیشروی معماران، عدم وجود تعریف مشخصی از گزینه‌های متعدد است که برای استفاده در طرح‌ها وجود دارد. به همین دلیل آنالیز روش مناسب برای به‌کارگیری کامل بهترین روشِ شبیه‌سازی الگوهای زیستی جهت استفاده از مزایای آن حائز اهمیت است. گوبر[5] شبیه‌سازی الگوهای زیستی را بررسی زمینه‌های مشترک زندگی موجودات زنده و معماری با استفاده از روش‌های نوآورانه برای حل مسائل معماری می‌داند (خردمند و ستاری،۱۳۹۷: ۷۱).

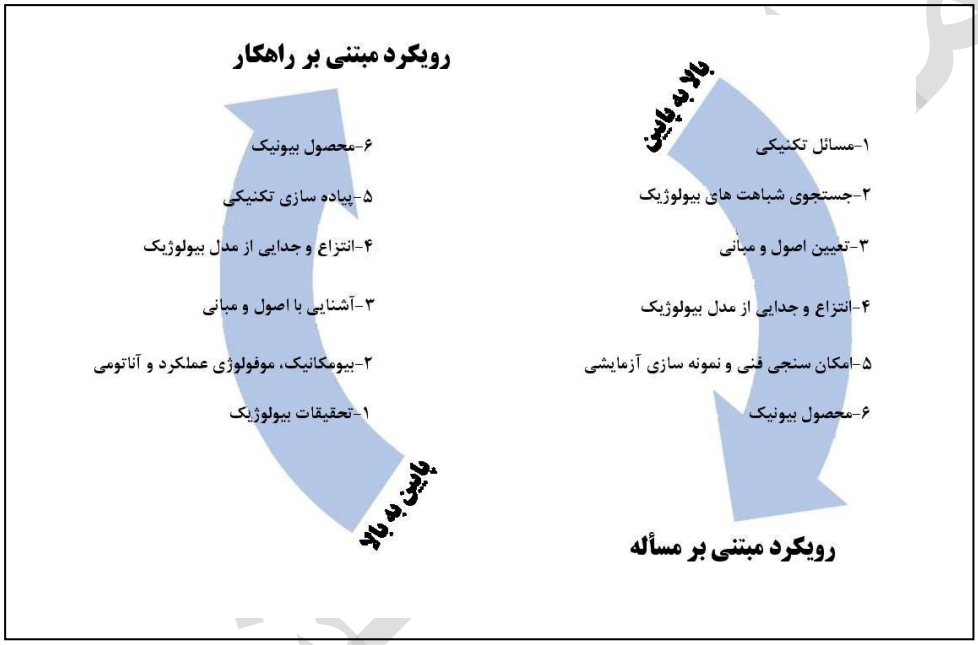
شبیه‌سازی الگوهای زیستی رویکردی مبتنی بر مطالعهٔ بهترین ایده‌های طبیعت برای الهام و تقلید در اجرای سازه‌های انسانی است. در این رویکرد طراحانِ سازه‌ها با الهام از طبیعت در تلاش هستند تا بخشی از مشکلات انسان را حل کرده و فرایندهای رفتاری منتهی به راه‌حل را به طراحی مصنوع تبدیل کنند. شبیه‌سازی الگوهای زیستی را می‌توان ترکیبی از زیست‌شناسی، طبیعت و معماری به شمار آورد (عالمی و مجیدی، ۱۴۰۰، ۱۲۹).

به‌طور کلی کامل‌ترین تعریف شبیه‌سازی الگوهای زیستی را می‌توان یادگیریِ بهترین توانمندی‌های طبیعت و تقلید از آن‌ها به شمار آورد. در این زمینه موضوع رویکردها در طرح مسئله و انتخاب راهبرد و موضوع قیاس به‌عنوان یک مکانیسم شناختیِ مؤثر در فرایند تقلید اهمیت بسیار دارد. ادغام شبیه‌سازی الگوهای زیستی در محیط‌های داخلی نیازمند معرفی رویکرد در مراحل اولیه فرایند طراحی است بنابراین بهتر است قبل از شکل‌گیری هر ایدهٔ اولیه، شبیه‌سازی الگوهای زیستی در فرایند طراحی لحاظ

2. Biomimetic
3. Janine Benyus
4. Pederson Zari
5. Guber

شود (Zari, 2017: 4) دو رویکرد اصلی در فرایند طراحی در شبیه‌سازی الگوهای زیستی معرفی شده است؛ رویکرد مبتنی بر مسئله و رویکرد مبتنی بر راهکار (شکل ۱).

رویکرد مبتنی بر مسئله اسامی متعددی دارد، مثل *طراحی با نگاه به زیست‌شناسی، طراحی براساس حیات موجودات زنده، رویکرد کل به جزء یا روش از بالا به پایین* و *رویکرد مسئله محور* که همگی معنای یکسانی دارند، این روش با الهام از زندگی موجودات زنده و در قالب اتخاذ راهبردهایی که غیرخطی یا پویا می‌باشد و موجبات بازخورد و پالایش در چرخه‌ها را فراهم می‌آورد (خردمند و ستاری، ۱۳۹۷: ۷۲). در این روش، طراحان از طریق شناخت مسائل به دنبال یافتن راهکارهای حل آن‌ها هستند. روش یاد شده زیست شناسان را ترغیب می‌کند تا مسئله موجود را با موجود زنده‌ای تطبیق دهند که مسئله‌ای مشابه با این مسئله را حل کرده است. رویکرد مبتنی بر راهکار نیز دارای عناوین مختلفی است که عبارت‌اند از *زیست‌شناسی متأثرکننده طراحی، طراحی متأثر از حیات موجودات زنده، روش از پایین به بالا* یا *رویکرد جز به‌کل* که جملگی در پی یافتن راهکاری مبتنی بر طراحی با الهام از زیست موجودات زنده هستند. این روش زمانی استفاده می‌شود که فرایند طراحی به‌جای اتکاء بر مشکلات طراحی انسانی اساساً به دانش علمی زیست شناسان و دانشمندان بستگی داشته باشد (همان ۱۳۹۷: ۷۲).




**شکل ۱.** رویکردهای شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری

## شبیه‌سازی الگوهای زیستی و دانش زیستارشناسی

شبیه‌سازی الگوهای زیستی و دانش زیستارشناسی معمولاً به‌عنوان مترادف در نظر گرفته می‌شوند زیرا ظاهراً معنای مشابهی دارند. با این حال در عملکرد این دو حوزه تفاوت‌هایی وجود دارد و نبودن مرز مشخصی جهت تفکیک آن‌ها و یا به‌کارگیری واژگان در جای یکدیگر می‌تواند شبهاتی را پدید آورد. شبیه‌سازی الگوهای زیستی و زیستارشناسی در بسیاری از دانش‌های امروزی به‌عنوان ابزاری کارآمد شناخته می‌شوند.

اصطلاح زیستارشناسی برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط اتو اشمیت[1] معرفی شد و از آن زمان تاکنون، زیستارشناسی این‌گونه تعریف شده است: زیستارشناسی علم سیستم‌هایی است که شالوده آن‌ها نظام‌های زنده است و یا از خصوصیات سیستم‌های زنده برخوردارند. زیستارشناسی به کنکاش در طبیعت و موجودات زنده می‌پردازد تا با کشف روابط موجود بتواند آن‌ها را در فناوری مورد استفاده قرار دهد، یا به عبارت دیگر می‌توان آن را هنر استفاده از دانش سیستم‌های زنده در حل مسائل فنی دانست. زیستارشناسی به‌عنوان هنر استفاده از دانش سیستم‌های

1. Otto Schmitt

زنده، در حوزه‌های فرم، عملکرد، سازه، مصالح و فرایند برای حل مسائل فنی و زیستی انسان تعریف می‌شود. (میرحسینی، ۱۳۹۹: ۵۷۰).

شبیه‌سازی الگوهای زیستی هنر تقلید از طبیعت تعریف می‌شود، کاری که ما انسان‌ها از مدت‌ها قبل و در مراحل آغازین شکل‌گیری تمدن تا به امروز انجام داده‌ایم و همواره در تأمین غذا، سرپناه و انرژیِ موردنیاز برای بقا سعی کرده‌ایم تا طبیعت را منبع الهام خود قرار دهیم، اما اکنون در سومین هزاره، شبیه‌سازی الگوهای زیستی چیزی بیش از الهام گرفتن از طبیعت است (Zari, 2017:05). شبیه‌سازی الگوهای زیستی به معنای الهام گرفتن از طبیعت برای طراحی و ساخت سازه‌ها و مواد است. شبیه‌سازی الگوهای زیستی به‌عنوان یک موتور نوآوری در نظر گرفته می‌شود و نه‌تنها در صنایع پیشرفته بلکه در بسیاری از صنایع سنتی از کاربرد بالایی برخوردار است. انواع مختلفی از تحقیقات برای تولید مواد هوشمند، اصلاح‌کننده‌های سطح، نانو کامپوزیت ها و ... با استفاده از نظام‌های طبیعی و زیستی انجام شده است. شبیه‌سازی الگوهای زیستی، موتور پایداری نیز نامیده می‌شود زیرا از طریق مطالعه در سازوکار نظام‌های طبیعی به تولید بسیاری از فناوری‌های پایدار کمک می‌کند (Cohen, 2016:83).

در تحقیقات مرتبط با طراحی و معماری، شبیه‌سازی الگوهای زیستی دارای سه سطح اصلی است که عبارت‌اند از: ۱- سطح ارگانیسم ۲- سطح رفتار ۳- سطح اکوسیستم. سطح اول یعنی ارگانیسم تقلید از ارگانیسم خاص یا تقلید از یک قسمت از کل ارگانیسم را نشان می‌دهد، سطح دوم تقلید از رفتار و سطح سوم تقلید از کل اکوسیستم که به‌عنوان مهم‌ترین مرحله بر یک مسئله بسیار دشوار برای تقلید و الهام تمرکز دارد (شکل ۲). این سطوح سه‌گانه هریک دارای پنج بُعد هستند که بر میزان الهام و تقلید، اثر مستقیم می‌گذارند؛ این ابعاد عبارت‌اند از ۱- شکل یا طرح شبیه‌سازی الگوهای زیستی از نظر شباهت ۲- مصالح و مواد برای ساخت ۳- ساختار یا چگونگی ساخت‌وساز ۴- فرایند یا چگونگی مداومت ۵- عملکرد یا توانایی (Zari, 2007:06).

| اصول | شرح | | منابع |
|---|---|---|---|
| ارگانیسم | تقلید محض از یک ارگانیسم که می‌تواند به ایجاد مواد یا تکنولوژی جدید منجر شود. البته در برخی مورد از این تقلید بدون توجه به نحوه عملکرد می‌تواند منجر به ایجاد طرح‌های سنتی شود و تأثیر محیطی چندانی ندارد. | برج گرکین (خیارشور) الهام گرفته شده از ارگانیسم اسفنج | (Meghali, 2010)، (Reap et al, 2005)، (Zari, 2007)، (Doan, 2012)، (Tabb, 201) |
| رفتار | در سطح رفتار موضوع مورد تقلید خود ارگانیسم نیست بلکه رفتار آن است. این در حالی است که می‌توان رابطه میان ارگانیسم‌ها را به طریق مشابه تقلید نمود. به‌طورکلی تعداد زیادی از ارگانیسم‌ها به عملکرد در ظرفیت بوم‌شناختی یک موقعیت تمایل دارند. موقعیت‌های بوم‌شناختی توسط محدودیت‌ها و فشارهای موجود در آن منطقه ایجاد می‌شوند و الگوهای رابطه‌ای و رفتارهای ارگانیسمی خوب را در پی دارند. | مرکز ایست گیت الهام گرفته شده از رفتار موریانه | |
| اکوسیستم | شبیه سازی مبتنی بر اکوسیستم می‌تواند بر دو سطح متافوریک (استعاری) و عملکردی عمل کند. در سطح متافوریک قوانین کلی اکوسیستم در نظر گرفته می‌شود و درصورتی‌که محیط ساخته شده همچون یک اکوسیستم عمل کند، عملکرد محیطی افزایش می‌یابد. در سطح عملکردی تقلید اکوسیستمی به معنای آن است که طراحی یک محیط ساخته شده در چرخه مواد زیست ژئو شیمیایی زمین عملکردی تقویت‌کننده و مثبت دارد. | پروژه صاحارا فارست، الهام گرفته شده از سوسک نامیبا | |

**ششکل ۲.** سطوح شبیه‌سازی الگوهای زیستی

**مأخذ:** عالمی و مجیدی، ۱۴۰۰: ۱۳۰

## نمونه موردی شبیه‌سازی الگوهای زیستی

جدول ۱ چارچوبی مدون براساس سطوح ادغام زیست‌شناسی و دانش معماری را در یک نمونه موردی از لانه موریانه ارائه نموده است. لانه موریانه‌ها به‌عنوان نمونه‌ای منحصربه‌فرد مانند هر ساختاری در زیست‌شناسی، نمایانگر انطباق شکل با کارکرد است.

در بین تمام حشرات، موریانه‌ها بلندترین خانه‌ها را نسبت به‌اندازه خودشان می‌سازند، ارتفاع این خانه‌ها در مناطق استوایی حتی به ۷/۵ متر هم می‌رسد[۱]. این سازه علاوه‌بر تأمین سرپناه، یک دستگاه تهویه برای موریانه‌هاست. کلونی دومیلیونی موریانه‌ها در اثر سوخت‌وساز و فعالیت، حرارتی حدود ۱۰۰ وات یعنی تقریباً برابر با حرارت تولیدی یک لامپ رشته‌ای تولید می‌کند. این میزان حرارت باعث گرم شدن هوای اطراف و بالا رفتن هوای موجود در لانه می‌شود. بعد از اینکه این هوای گرم به بالای مخروط و نزدیکی دیواره‌های متخلخل رسید، با محیط بیرون تبادل حرارتی کرده، خنک می‌شود[۲] و پس از افزایش چگالی، مجدداً به سمت پایین خانه سرازیر می‌شود. از طرفی با توجه ارتفاع زیاد لانه، سرعت باد در نزدیکی مخروط خانه (نوک لانه) بیشتر از سرعت باد در پایین خانه (نزدیکی زمین) است و این اختلاف سرعت، باعث می‌شود فشار هوا در پایه‌های خانه زیاد و فشار در رأس مخروط خانه کم باشد، این اختلاف فشار می‌تواند باعث ایجاد جریان هوا از پایین به بالا شده و به عمل تهویه در لانه کمک کند.

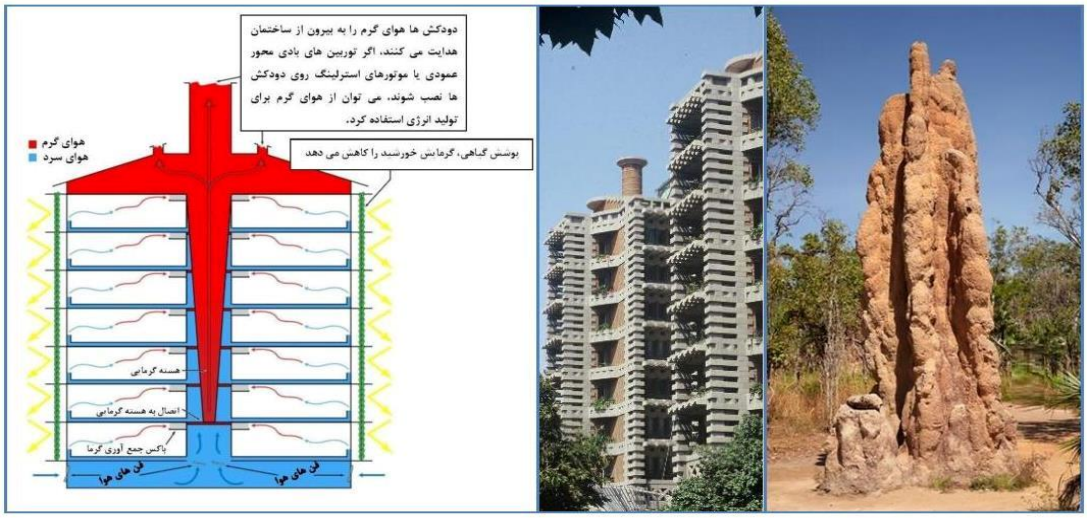
**جدول ۱.** چارچوبی برای سطوح کارکردی شبیه‌سازی الگوهای زیستی، نمونه موردی لانه موریانه

| سطح بیومیمتیک | ابعاد | نمونه موردی ساختمانی که از لانه موریانه‌ها تقلید می‌کند: |
|---|---|---|
| سطح ارگانیسم (تقلید یک موجود زنده) | شکل | ساختمان شبیه به لانه موریانه است. |
| | مواد | ساختمان از همان ماده لانه موریانه ساخته شده است؛ ماده‌ای که به‌عنوان مثال از اسکلت یا لایه بیرونی لانه موریانه تقلید می‌کند. |
| | ساختار | ساختمان به همان شیوه لانه موریانه ساخته شده است؛ برای مثال چرخه‌های رشدِ مرحله‌ای مختلفی را طی می‌کند. |
| | فرایند | این ساختمان مانند لانه های موریانه‌های منفرد عمل می‌کند؛ مثلاً هیدروژن را از طریق متاژنومیک تولید می‌کند. |
| | عملکرد | عملکرد ساختمان تنها محدود به تأمین سرپناه نیست و به‌عنوان مثال مانند لانه موریانه ضایعات سلولز را بازیافت و خاک ایجاد می‌کند. |
| سطح رفتار (تقلید نحوه رفتار یا ارتباط یک موجود زنده با زمینه بزرگ‌تر خود) | شکل | ساختمان نمونه‌ای کپی‌برداری شده از شکل لانه موریانه است. |
| | مواد | ساختمان از همان مصالحی ساخته شده است که موریانه با آن لانه می‌سازد؛ به‌عنوان مثال از خاک‌های ریزدانه (مانند خاک‌ریز هضم شده در لانه موریانه) به‌عنوان ماده اولیه استفاده شود. |
| | ساختار | ساختمان از نظر مکانی و زمانی به همان شکلی ساخته شده است که موریانه آن را می‌سازد (با انباشتن زمین در مکان‌های خاص در زمان‌های خاص). |
| | فرایند | این ساختمان به همان شیوه‌ای عمل می‌کند که یک تپه موریانه از نظر جهت‌گیری دقیق، شکل، انتخاب مواد و تهویه طبیعی انجام می‌دهد. |
| | عملکرد | ساختمان به همان شیوه‌ای عمل می‌کند که اگر توسط موریانه‌ها ساخته می‌شد همان عملکرد را داشت؛ برای مثال شرایط داخلی به‌گونه‌ای تنظیم شود که از نظر حرارتی پایدار باشد. |
| سطح اکوسیستم (تقلید یک اکوسیستم) | شکل | این ساختمان شبیه به یک اکوسیستم ساخته شود آن‌گونه که حیات موریانه‌ها در لانه امکان‌پذیر می‌گردد. |
| | مواد | این ساختمان از همان موادی ساخته شده است که اکوسیستم موریانه از آن ساخته شده است؛ به‌عنوان مثال ترکیبات معمولیِ طبیعی مانند آب نقشی مهم در تأمین مواد اولیه و محیط شیمیایی ساختمان داشته باشد. |
| | ساختار | ساختار ساختمان به همان روشی که یک اکوسیستم موریانه گردآوری و مونتاژ می‌شود، شکل بگیرد مانند استفاده از اصول جانشینی و افزایش پیچیدگی در طول زمان. |
| | فرایند | ساختمان مانند اکوسیستم موریانه عمل کند؛ به‌عنوان مثال انرژی خورشید را جذب، تبدیل و از آن مثلاً برای ذخیره آب استفاده نماید. |
| | عملکرد | ساختمان قادر باشد به همان روشی عمل کند که یک اکوسیستم موریانه با استفاده از روابط بین فرایندها بخشی از یک سیستم پیچیده را تشکیل داده و در چرخه‌های هیدرولوژیکی، کربن، نیتروژن و ... به روشی مشابه یک اکوسیستم عمل کند. |

۱. ساخت چنین سازه ای مثل این است که یک انسان خانه ای با ارتفاع یک کیلومتر بسازد!

۲. این مکانیزم، ترموسیفون (Thermosiphon) به معنی جابجا شدن سیال در اثر گرم شدن و از دست دادن انرژی نامیده می شود.

مرکز ایست گیت یک مرکز خرید و بلوک اداری در شهر هراره، پایتخت زیمبابوه، توسط میک پیرس طراحی شده است. این مرکز دارای ۵۶۰۰ مترمربع فضای خرده‌فروشی و ۲۶۰۰۰ مترمربع فضای اداری و پارکینگ است (شکل ۳). تهویه و خنک شدن مجموعه بزرگ ایست گیت با وسایل کاملاً طبیعی طراحی شده و احتمالاً اولین ساختمان در جهان است که از سرمایش طبیعی با این سطح از وسعت و پیچیدگی استفاده می‌کند. ایست گیت نمونه‌ای بسیار موفق در شبیه‌سازی الگوهای زیستی محسوب می‌شود. این مجموعه، سیستم تهویه مطبوع یا گرمایش معمول ندارد و توانسته آسایش طبیعی را با این حجم از پیچیدگی با سیستم‌هایی از جریان همرفتی ایجاد کند. میک پیرس به‌عنوان یک مشاهده‌گر توانمند از سیستم تهویه‌ای مشابه به سیستم تهویه لانه موریانه‌ها الهام گرفته است. دودکش‌های بلندی در این سازه وجود دارد که از طریق دریچه‌هایی به هر طبقه از ساختمان راه دارد. گرمای ساختمان که ناشی از حضور ساکنین و خودروهای موجود در آن است به همراه گرمای ذخیره شده در بدنهٔ آن از طریق این دریچه‌ها وارد دودکش‌های بلند شده و باعث تبادل و تعدیل دمای هوای ساختمان‌های بلند می‌شود.




**شکل ۳.** مرکز ایست گیت در هراره، زیمبابوه

**مأخذ:** https://en.wikipedia.org/wiki/Eastgate_Centre_Harare

## خدمات اکوسیستمی

اگر طراحان و سیاست‌گذاران بخواهند به‌طور مؤثر از مدل‌ها و مفاهیم خدمات اکوسیستم در محیط‌های شهری استفاده کنند باید بدانند که چگونه این خدمات اکوسیستم با یکدیگر ارتباط دارند. بخشی از هدف این تحقیق، تعریف و نشان دادن روابط کلیدی بین خدمات اکوسیستم به‌منظور معرفی روش‌هایی است که هدفشان ایجاد یا ارتقاء خدمات اکوسیستم‌های شهری در طراحی و برنامه‌ریزی است. اصطلاح خدمات اکوسیستم معانی زیادی دارد؛ سازمان ملل، خدمات اکوسیستم را مزایایی تعریف کرده که بشر از اکوسیستم‌ها به دست می‌آورد. فیشر[1] و ترنر[2] آن را ابعادی از اکوسیستم می‌دانند که فعالانه یا منفعلانه در فراهم‌سازی سلامت بشر مورد استفاده قرار می‌گیرند. فصل مشترک بیشتر تعاریف از خدمات اکوسیستم همانا ارزشمندی طبیعت برای انسان و نوعی مفهوم انسان شناسانه است (مثنوی، ۱۳۹۶: ۲۵).

به‌طور کلی خدمات اکوسیستمی مزایایی است که از رفاه فیزیکی، روانی و اقتصادی انسان پشتیبانی کرده و انسان‌ها به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از سامانه‌های طبیعی دریافت می‌کنند. این خدمات ممکن است به وسیلهٔ محیطِ ساخته شده پشتیبانی، ادغام یا شبیه‌سازی شوند. بسیاری از این خدمات مانند چرخه مواد مغذی، چرخهٔ کربن، تنظیم آفات و گرده‌افشانی نقش مهمی در بهره بری پایدار از زمین دارند. رشد شهر و شهرنشینی باعث شده تا موجودیت اکوسیستم‌های ارزشمند شهری به‌شدت مورد تهدید قرار گیرد، این شرایط به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بیشتر دیده می‌شود (Zari, 2007:11).

با صرف‌نظر از تأمین مواد غذایی و مواد اولیه، بیشتر خدمات اکوسیستمی در محیط‌های شهری طی شصت سال گذشته کاهش‌یافته است، خدماتی که جایگزینی آن‌ها با فناوری فعلی

1. Fischer
2. Turner

امکان‌پذیر نیست. با وجودی که اندازه‌گیری فقدان این خدمات در محیط‌های شهری مشکل است اما به‌وضوح اثرات منفی آن بر سلامت جسمی و روانی، رفاه اجتماعی- فرهنگی و سرانجام ثبات اقتصادی شهرها قابل‌مشاهده است. امروزه تقویت پیوندهای اکوسیستمی با هدف افزایش کارایی و کاهش نیروهای مزاحم در فرایند ارائه خدمات زیستی می‌شود جزء چالش‌های مهم برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهری است. شناخت چارچوب خدمات اکوسیستم ابزاری مؤثر برای طراحان محیط‌های شهری است تا عناصر کالبدی شهری علاوه‌بر اهداف متعارف طراحی (ایجاد سرپناه، دسترسی، تأمین انرژی و ...)، در خدمت دست‌یابی به اصول شهر پایدار باشند (Zari, 2021:07).

## پیشینه پژوهش

ورنر ناختیگال[1] را می‌توان از اولین کسانی دانست که درزمینهٔ علم شبیه‌سازی الگوهای زیستی و دانش زیستارشناسی به مطالعه و تحقیق پرداخته است. وی مجموعه‌ای وسیع از مثال‌های مرتبط با این دو موضوع را گردآوری و نمونه‌هایی از کاربردهای آن را در معماری معرفی نموده است (میرحسینی، ۱۳۹۹، ۵۷۱). جنین بنیوس[2] بنیانگذار مؤسسهٔ شبیه‌سازی الگوهای زیستی[3] در ایالات‌متحده آمریکا، مؤلف چندین جلد کتاب در زمینهٔ علم زیستارشناسی و مبدع واژهٔ شبیه‌سازی الگوهای زیستی است. از نظر وی، شبیه‌سازی الگوهای زیستی فقط تقلید از طبیعت نیست بلکه طبیعت معلم و معیاری برای سنجش نوآوری است (Benyus, 2002:08).

در بسیاری از منابع زیستارشناسی، فرم اولین منبع الهام از طبیعت معرفی شده است؛ در این راستا آلدرسی- ویلیامز[4] و فورشتاین[5] در آثار خود مجموع‌های از ساختارها با فرم و ریخت طبیعی را در محدوده مکانی و زمانی خود معرفی و به تصویر کشیده اند. با گذشت زمان، صاحب‌نظران علوم مختلف از این دانش‌ها برای حل مسائل انسانی استفاده کرده‌اند. ازجمله شهرسازان و معمارانی که در این زمینه به پژوهش و انتشار اثر پرداخته اند می‌توان از کریستوفر الکساندر[6]، پترا گروبر[7]، ایالریا مازولنی[8] و مایکل پاولین[9] نام برد. الکساندر به تبیین سرشت نظم و ساختارهای زنده در شهرسازی و معماری می‌پردازد. گروبر نیز در رسالهٔ دکتری خود در دانشگاه تکنیک وین به تبیین رابطهٔ علم زیستارشناسی و سکونتگاه‌های انسانی و تفسیر معیارهای حیات پرداخته است. مازولنی اما با ارائهٔ مثال‌هایی نحوهٔ کاربرد زیستارشناسی در یکی از اجزای سکونتگاه‌های انسانی (پوستهٔ ساختمان) را تبیین می‌کند. پاولین نیز به معرفی روش‌های طراحی زیستارشناختی شامل مسئله محور و ارائهٔ مثال‌هایی از کاربرد آن در معماری می‌پردازد. در راستای همین موضوع، پورتوگزی[10] و اُلیور[11] در آثار خود مجموعه‌ای از تصاویر زیستگاه‌های انسانی بومی و سنت‌های ساخت‌وساز در سراسر دنیا را ارائه کرده‌اند که برگرفته از ساختارهای طبیعی پیرامون خود بوده است (میرحسینی، ۱۳۹۹: ۵۷۱).

مطالعات مرتبط با شبیه‌سازی الگوهای زیستی و زیستارشناسی در منابع فارسی به‌واسطهٔ نوظهور بودنِ موضوع، اندکی تهیدست است. از مهم‌ترین منابع فارسی مرتبط می‌توان به رسالهٔ دکتری محمودی نژاد و فیض‌آبادی در دانشگاه تربیت مدرس اشاره کرد. در این پژوهش‌ها محمودی نژاد به تبیین مبانی آموزش خلاقیت در دانش زیستارشناسی و فیض‌آبادی به تبیین مبانی تکنولوژی مبتنی بر طبیعت پرداخته است.

در ارتباط با سنجش و ارزیابی‌های زیست‌محیطی شهر در جهان، اولین سیستم ارزیابی راهبردی محیطزیستی در سال ۱۹۶۹ در قانون خط‌مشی محیطزیستی ایالات‌متحده آمریکا تدوین شد که براساس آن انجام ارزیابی محیطزیستی برای پروژه‌های بزرگ‌مقیاس دولت‌های فدرال الزامی گردید، پروژه‌هایی که بر کیفیت محیطزیست انسانی، تأثیرات عمده‌ای را برجای می‌گذارند. اگرچه اجرای ارزیابی راهبردی محیطزیستی در آمریکا از سال ۱۹۶۹ آغاز شده است اما این رهیافت محصول دهه‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ می‌باشد (پرک، ۱۳۹۶: ۲).

در ایران تا به امروز مطالعات فراوانی درزمینهٔ سنجش کیفیت و پایداری محیطزیست شهری، شاخص‌های توسعه پایدار شهری و شهر پایدار انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌هایی مانند ارزیابی کیفیت محیطزیست شهر تهران (طبیبیان و فریادی، ۱۳۹۳: ۹) اشاره کرد. اگرچه این مدل‌ها از کامل‌ترین و منطقی‌ترین مجموعه‌های شاخص‌های ارزیابی پایداری در ایران به شمار می‌روند ولی به نظر می‌رسد جایگاه آن در مراحل تدوین و تصویب برنامه‌های توسعه مشخص نشده است. (پریور و فریادی، ۱۳۹۲: ۴).

1. Werner Nachtigall
2. Janine Benyus
3. Biomimicry Institude
4. Aldersey-Williams
5. Feuerstein
6. Christopher Alexander
7. Petra Gruber
8. Ilaria Mazzoleni
9. Michael Pawlyn
10. Portoghesi
11. Oliver

در کتاب طراحی با طبیعت اثر ایان مک هارگ[1] با ارائه رویکردی نـوین تصورات متخصصان رشته‌های مختلف را در توجه به منابع طبیعی و فضای سبز تغییر داده است. در این رویکرد، از روی هم‌گذاری نقشه‌های مختلف در راستای تعیین نقاط مناسب توسعه و محدوده‌هایی استفاده می‌شود که نباید در آن توسعه ایجاد کرد. این روش، پایهٔ سیستم مطالعات جغرافیایی است که اکنون یکی از مهم‌ترین بازارها در تحلیل‌های چندمعیاره در برنامه‌ریزی است. در کنفرانس بین‌المللی حفظ میراث طبیعی در اروپا که با عنوان به سوی *یک شبکهٔ زیست‌محیطی و بوم‌شناسی اروپایی* که در ماستریخت و به سال ۱۹۹۳ برگزار شد، گراهام بنت[2] نیاز به چارچوبی عملیاتی را برای هدایت اجرای استراتژی در حفاظت از طبیعت اروپا پیشنهاد کرد. این چارچوب نشان‌دهنده آن بود که مفهوم شبکه بوم‌شناسی به‌عنوان ابزاری برای رسیدن به این مهم اهمیت دارد. در این شبکه، هرچه لکه‌ها و کوردیدورها از نظر اندازه وسیع‌تر باشند، عملکرد شبکه به لحاظ زیست‌محیطی بهتر خواهد بود و هرچه به هم نزدیک‌تر باشند، کارایی بیشتری خواهند داشت. (نصرآزادانی، ۱۳۹۳: ۴۴۱).

در ارتباط با مطالعات انجام شده درزمینهٔ خدمات اکوسیستم، از زمان انتشار آثار و فعالیت‌های دگوروت[3] (۱۹۹۲)، دیلی[4] (۱۹۹۷) و کوستانزا[5] (۱۹۹۷) پژوهش پیرامون خدمات اکوسیستم رشد قابل‌توجهی یافت. ارزیابی اکوسیستم هزاره[6]، برنامه ابتکاری اقتصاد اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی[7] و نشست بین دولتی در تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم[8] این مفهوم را به حوزه‌های فراتر از برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری وارد کردند. در ارتباط با دسته‌بندی خدمات اکوسیستم، نمونه‌هایی همچون برنامه ابتکاری دسته‌بندی بین‌المللی خدمات عمومی اکوسیستم[9] جایگاه ویژه‌ای دارند. ازجمله مقالات پیشتاز در خصوص خدمات اکوسیستم می‌توان به مقاله بلوند و هانهمر[10] (۱۹۹۹) اشاره کرد که منجر به گسترش مفهوم خدمات اکوسیستم شهری در ابعاد فضایی، زمانی، ارزشی و کاربردی آن شده است (عبادی، ۱۳۹۷: ۲۹).

1. Ian McHarg
2. Graham Bennett
3. De Groot
4. Daily
5. Costanza
6. MEA, 2005
7. TEEB, 2010
8. The Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services
9. Common International Classification of Ecosystem Services
10. Bolund & Hunhammar

## روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع و هدف، تحلیلی- توصیفی و به لحاظ روش از تحلیل هم واژگانی که به‌عنوان یکی از ابزارهای تحلیل محتوا به‌منظور کشف دانش، بهره گرفته است که به شناسایی کلیدواژگان اصلی، ابعاد تأثیرگذار و مهم‌ترین مفاهیم در موضوع شبیه‌سازی الگوهای زیستی و روابط میان خدمات اکوسیستم‌های شهری منجر می‌شود. در این راستا کلیه اطلاعات موردنیاز در مورد مفاهیم شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و خدمات اکوسیستم، از طریق مراجعه به پایگاه‌های علمی مختلف جمع‌آوری گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت توصیفی مورد بررسی قرار گرفت؛ در مرحله بعد مروری بر ادبیات جهانی در زمینه تعریف و تشریح شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری صورت گرفته است، سپس ضمن تشریح جایگاه اکوسیستم‌های شهری، به تبیین رویکردها و روش‌های استفاده از خدمات اکوسیستم در طراحی شهری پرداخته شده است.

## یافته‌های پژوهش

در این بخش از پژوهش، روابط متقابل میان اکوسیستم‌ها و محیط‌های شهری، رویکردها و روش‌های مورد استفاده جهت سنجش میزان خدمات اکوسیستم‌های شهری و جایگاه روش‌های کمّی و مطالعات فضایی در تخصیص فضا برای بازآفرینی اکوسیستم‌های شهری مورد بررسی قرار گرفته است.

## خدمات اکوسیستمی و محیط‌های شهری

به‌طورکلی خدمات اکوسیستم به چهار گروه اصلی تقسیم می‌شود: ۱- خدمات تأمین‌کننده[11] ۲- خدمات تنظیم‌کننده[12] ۳- خدمات فرهنگی[13] ۴- خدمات پشتیبان یا وابسته بـه زیستگاه[14]. این مزایا حاصل عملکرد اجزاء متنوع اکوسیستم و فرایندهای طبیعی مربوط آن است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم برای بشر سودمند هستند. خدمات تأمین‌کننده اکوسیستم شامل تمامی مواد به دست آمده از اکوسیستم‌ها مانند غذا، الیاف، آب شیرین یا منابع درمانی است. خدمات تنظیم‌کننده شامل مزایایی همچون تنظیم شرایط آب‌وهوایی، تعدیل خطرات زیستی، کنترل فرسایش، کنترل بوم‌شناختی و ... است (Zari, 2007: 13). خروجی‌های غیرمادی اکوسیستم‌ها مانند تجربیات معنوی، تفریحی، حس

11. Provisioning Services
12. Regulating Services
13. Cultural Services
14. Habitat or Supporting Services

زیباشناختی یا حس مکان در دستهٔ خدمات اکوسیستم فرهنگی جای می‌گیرند و سرانجام خدمات پشتیبان اکوسیستم شامل عملکردهای بوم‌شناختی برای تولیدات نهایی اکوسیستم تعریف می‌شود که در برگیرنده زیستگاه گونه‌ها و مراقبت از تنوع ژنتیکی است (مثنوی، ۱۳۹۶: ۲۷). جدول ۲ این خدمات اکوسیستمی را بر تمرکز بر زمینه طراحی شهری ارائه نموده است.

**جدول ۲.** خدمات اکوسیستمی مؤثر در طراحی در بافت شهری

| خدمات فرهنگی | خدمات تأمینی | خدمات تنظیمی | ارائه خدمات |
|---|---|---|---|
| **آموزش و دانش**<br>**ارزش زیبایی و الهام هنری**<br>**تفریح، آرامش و رفاه روانی**<br>**الهام معنوی**<br>**ایجاد حس مکان و رابطه**<br>**تنوع فرهنگی** | **نگهداری گونه** (تنوع زیستی، انتخاب طبیعی)<br>**تأمین زیستگاه** (زیستگاه برای موجودات، زایش و زیستگاه نهالستان)<br>**چرخه مواد مغذی** (تنظیم چرخه‌های بیو ژئوشیمیایی، حفظ مواد مغذی)<br>**تثبیت خورشیدی** (انرژی، تولید اولیه/رشد گیاه (روی زمین، زیرزمین، دریایی، آب شیرین)<br>**ساختمان خاک** (تشکیل، نگهداری، تجدید باروری، کنترل کیفیت) | **گرده‌افشانی و پراکندگی بذر** (کنترل بیولوژیک، تنظیم، آفات/بیماری، مقاومت گونه‌های مهاجم)<br>**تنظیم آب‌وهوا** (تنظیم GHG، محافظت در برابر اشعه UV، اعتدال دما، تعدیل صدا)<br>**جلوگیری از اختلال و تعدیل** (باد/موج/رواناب، تغییر، کاهش، سیل/خشکسالی/فرسایش<br>**تجزیه** (حذف ضایعات)<br>**تصفیه** (آب/هوا/خاک) | **غذا** (زمینی/آب شیرین/دریایی، علوفه و سبزیجات)<br>**بیوشیمیایی** (داروها، سایر خدمات)<br>**مواد اولیه** (الوار، فیبر، سنگ، مواد معدنی/سنگ معدن، سوخت/انرژی، زیست‌توده، خورشیدی، هیدرو، سایر خدمات)<br>**آب شیرین** (مصرف، آبیاری، فرایندهای صنعتی)<br>**اطلاعات ژنتیکی** |

نکته بسیار مهم در ایجاد تغییرات بنیادین در محیط‌های شهری سیاست‌ها، راهبردها و برخورداری از فناوری‌های مرتبط با این تغییرات است. هدف اصلی از اتخاذ یک راهبرد و استفاده از فناوری در رابطه با خدمات اکوسیستم باید مبتنی بر انتقال سیستماتیک ویژگی‌های بوم‌شناختی به یک بافت محیطی باشد (Zari, 2021:11). همانطور که اشاره گردید لازمه درک عملکرد اکوسیستم‌های شهری، شناخت ارتباط خدمات اکوسیستم است. جدول ۳ نشان می‌دهد که انتخاب راهبردها یا فناوری‌های لازم تا چه اندازه می‌تواند بر افزایش بهره‌مندی از خدمات اکوسیستم تأثیر می‌گذارد. آنچه از این جدول می‌توان استنباط کرد این است که اتخاذ راهبردها و استفاده از فناوری‌ها باید براساس کاهش تمرکز بر مطالعات کمّیِ رایج و افزایش تقلید از خدمات اکوسیستم در مناطق شهری صورت گیرد.

**جدول ۳- الف.** انتخاب راهبردها/فناوری‌های طراحی برای افزایش خدمات اکوسیستم

| | | |
|---|---|---|
| **ارائه خدمات** | **تأمین مواد غذایی و بیوشیمیایی** | – رشد مواد غذایی در زمین‌های دولتی و خصوصی<br>– توسعه کمربندهای تولید مواد غذایی در حوالی شهری<br>– افزایش عملکرد تکنیک‌های رشد مواد غذایی تجدید پذیر<br>– تهیه مواد غذایی/ کشاورزی عمودی |
| | **مواد اولیه** | – کاهش صادرات مواد غذایی<br>– کشاورزی/جنگلداری شهری<br>– پشت‌بام‌های سبز فشرده<br>– بوم‌شناسی صنعتی (طراحی برای بازیافت) |
| | **انرژی/سوخت** | – بهره‌وری در مصرف انرژی (رفتار و فناوری)<br>– توسعه سامانه‌های غیرفعال خورشیدی<br>– جایگزینی منابع سوخت فسیلی با منابع تجدیدپذیر<br>– توسعه ساختار یکپارچه تولید برق تجدیدپذیر |
| | **آب شیرین** | – کاهش تقاضای آب (رفتار و کارایی)<br>– بازیافت و تصفیه آب در محل<br>– بازگشت آب فاضلاب تمیز به منبع اصلی (در صورت امکان)<br>– توسعه مخازن برداشت آب باران (جمع‌آوری/تولید منابع آب جایگزین<br>– طراحی شهری حساس به آب (زیرساخت سبز)<br>– مهار، تصفیه و ذخیره رواناب‌ها در محیط‌های طبیعی (جنگل، تالاب و ...) |

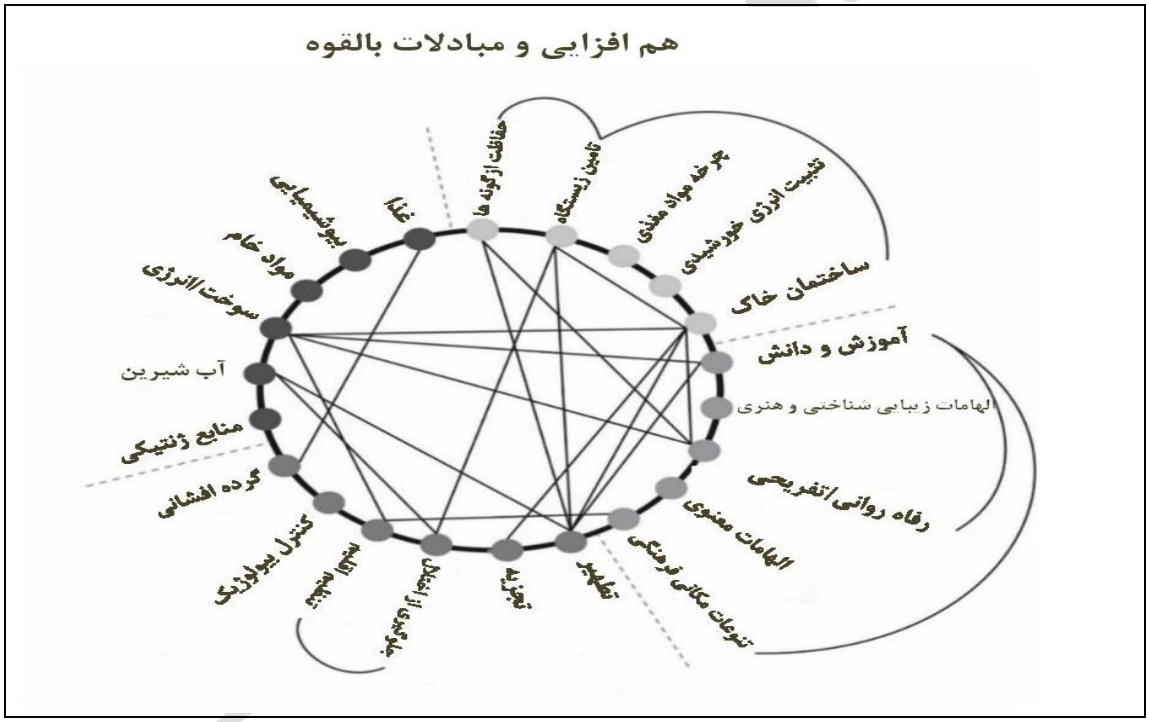
**جدول ۳- ب.** انتخاب راهبردها/فناوری‌های طراحی برای افزایش خدمات اکوسیستم

| | | |
|---|---|---|
| | **گرده‌افشانی** | – افزایش پوشش گیاهی شهری (بام سبز، دیوارهای زنده، کشاورزی شهری، جنگل‌های شهری و ...)<br>– کاشت گونه‌های گیاهی خاص با هدف افزایش تنوع زیستی<br>– ساخت زیستگاه‌های مشابه با شکل طبیعی<br>– تعیین و ارزیابی کانون‌ها و مسیرهای گرده‌افشانی پوشش گیاهی |
| | **تنظیم آب‌وهوا** | – توسعه فناوری‌های ترسیب/ذخیره کربن<br>– احیاء و حفاظت از مناطق جنگلی<br>– توسعه سطح پوشش گیاهی شهری (افزایش سطح تبخیر و تعرق، سایه‌اندازی و بادگیری) |
| **خدمات تنظیمی** | **پیشگیری از اختلال** | – اتخاذ راهبردها و به‌کارگیری راه‌حل‌های مبتنی بر اکوسیستم/طبیعت<br>– کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی از طریق برنامه‌ریزی شهری<br>– سازگاری مبتنی بر اکوسیستم (راه‌حل‌های مبتنی بر عملکرد طبیعت)<br>– ساختار/زیرساخت ترکیبی خاکستری/سبز برای کاهش بلایای طبیعی (سیل و آسیب امواج، باد، تثبیت شیب و ...)<br>– توسعه جنگل شهری |
| | **تطهیر** | – حفاظت از تالاب‌ها<br>– توقف یا کاهش اثرات منابع آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی<br>– توقف آلودگی هوا و خاک<br>– بازآفرینی جنگل‌های شهری و استراتژی‌های مدیریت شهر سبز<br>– توسعه فیلتراسیون صنعتی (کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی)<br>– استفاده از مصالح ساختمانی سازگار محیط‌زیست (قابل بازیافت، جذب‌کنندهٔ آلودگی) |
| | **تأمین زیستگاه** | – طراحی شهری حساس به آب (افزایش تخلخل و نفوذپذیری زمین)<br>– حفظ جنگل و پوشش گیاهی موجود<br>– برنامه‌ریزی دقیق برای جلوگیری از بین رفتن زیستگاه‌های شهری<br>– تدارک اقدامات برای مقابله با تکه‌تکه شدن زیستگاه<br>– پوشش گیاهی مجدد فضای سبز برای تأمین زیستگاه<br>– تأمین زیستگاه در ساختمان‌ها یا داخل آن |
| **خدمات تأمینی** | **چرخه و تجزیه مواد مغذی** | – اتخاذ راهبردهای زیرساخت خاکستری/سبز ترکیبی<br>– حذف یا کاهش ضایعات و جداسازی جریان‌های زباله<br>– توقف دفن زباله<br>– توقف انتشار فاضلاب به منابع آب طبیعی<br>– توسعه بازیافت و استفاده مجدد از مواد<br>– افزایش استفاده از مواد اولیه در محل یا محل‌های مجاور<br>– بوم‌شناسی صنعتی و طراحی گهواره به گهواره (استفاده از مواد و انرژی در صنایع مبتنی بر اقتصاد دورانی)<br>– کمپوست سازی و تجزیه زیستی |

بسیاری از موضوعاتی که در ارتباط با مفهوم خدمات اکوسیستم به آن پرداخته می‌شود، در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد و به‌وسیله توسعهٔ سناریوی‌های تعاملی، قابل پشتیبانی است. هدف از مطالعات علمی و اقدامات اجرایی مرتبط با عملکرد اکوسیستم‌ها در طراحی شهری همانا سنجش عملکرد زیست‌محیطی اکوسیستم‌های شهری از منظر ارائه خدمات در گذشته، حال و آینده است. در میان خدمات اکوسیستمی به یقین می‌توان گفت که جز خدمات فرهنگی، ارائه سایر خدمات اکوسیستم‌های شهری نرخ قابل‌توجهی را نشان نمی‌دهد. در کلی‌ترین وضعیت می‌توان انتظار داشت که این اکوسیستم‌ها در قالب پارک‌ها و فضاهای سبز، جنگل‌های طبیعی و دست کاشت و فضاهای آبی، خدماتی همچون تصفیه هوا، تنظیم جریان‌های هیدرولوژیک، تعدیل خرده اقلیم‌های شهری و ترسیب کربن را ارائه می‌کنند، اما نکته بسیار مهم همانا مداخلات و نقشی است که این عناصر می‌توانند به شکل مؤثری در طراحی شهری ایفا نموده تا فرصت‌های جدیدی را برای انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی، افزایش رفاه شهرنشینان، زیرساخت‌های سبز یا زیرساخت‌های ترکیبیِ سبز/خاکستری فراهم سازند. از طرف دیگر طراحی شهریِ مبتنی بر خدمات اکوسیستم می‌تواند منجر به کاهش یا معکوس کردنِ تأثیرات منفی محیط‌های

شهری بر اکوسیستم‌ها و کاهش فشار بر آن‌ها گردد. این استراتژی به‌عنوان یکی از اهداف مهم برنامه توسعه پایدار سازمان ملل، بر این اصل تأکید دارد که اکوسیستم‌های سالم تر، خدمات خود را در قالبی مؤثرتر ارائه خواهند نمود. در این راستا تقلید از عملکرد طبیعی اکوسیستم‌ها می‌تواند به‌عنوان هدف نهایی توسعه بوم‌شناختی شهر در کنار استفاده از فناوری‌ها و تکنیک‌های جدید مورد استفاده قرار گیرد.

مقیاس عامل بسیار مهمی در معادلات روابط بین محیط انسان‌ساخت و خدمات اکوسیستم به شمار می‌رود و باید در تمام مراحل طراحی شهری مورد توجه قرار گیرد. همان‌طور که اکوسیستم‌ها و خدمات آن‌ها در مقیاس‌های مختلفی وجود دارند، به همان میزان در مقیاس‌های مختلف، تحت تأثیر مداخلات انسان قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال مقیاس معماری معمولاً به یک ساختمان منفرد یا مداخلات کوچک‌تر اطلاق می‌شود، مقیاس محله به چندین ساختمان و فضاهای اطراف آن‌ها گفته می‌شود، مقیاس شهری بخشی بزرگ‌تر از یک شهر یا تمام شهر است و مقیاس منطقه‌ای شامل مناطق شهری است. این تنوع مقیاس، باعث به‌کارگیری مجموعه‌ای از راهبردها و استفاده از تکنیک‌های متناظر می‌شود که گاهی با یکدیگر همپوشانی دارند. از طرف دیگر مقیاس‌های زمانی نیز همچون مقیاس‌های مکانی باید در مراحل اولیه طراحی و توسعه پروژه‌های شهری گنجانده شوند. در پایان این بخش از مقاله می‌توان چنین استنباط کرد که درک روابط بین خدمات اکوسیستم نیز برای درک کاربرد عملی روش‌های طراحی خدمات اکوسیستم معماری و شهری بسیار مهم است. عموماً یافتن ادبیات بوم‌شناختی که روابط بین خدمات اکوسیستمی (به‌ویژه خدمات فرهنگی) را تعریف کند، دشوار است و شاید تصاویر گرافیکی بتوانند در نمایش این روابط راهگشا باشند؛ شکل ۴ تلاش دارد تا حد ممکن این روابط را به نمایش می‌گذارد.




**شکل ۴.** روابط بین خدمات اکوسیستم

**مأخذ:** Zari, 2021: 4

## استفاده از خدمات اکوسیستم در طراحی شهری: رویکردها و روش‌ها

برای استفاده حداکثری از خدمات اکوسیستم لازم است که تیم‌های طراحی قبل از شروع هر تغییری در بافت شهر، در نظر بگیرند که کدام خدمات اکوسیستمی برای یک جامعه شهریِ خاص مناسب‌تر است. در این راستا زمینه‌یابی با استفاده از *آگاهی‌های مردم محلی* و یا *دانش بوم شناسان* می‌تواند در تعیین سلسله‌مراتب اهمیت خدمات اکوسیستم و انتخاب راهبرد مطلوب

نقشی مهم ایفا کند. نخستین اقدام برای بهبود خدمات اکوسیستم، شناسایی یک نقطه شروعِ قابل‌سنجش در بازسازی اکوسیستم‌های موجود است. گام بعدی اقدام در جهت ارائه مجدد خدماتی است که به واسطهٔ تخریب ناشی از شهرسازی از بین رفته‌اند. از این مرحله به بعد، به‌کارگیری راهبردهای طراحی شهری با توجه به نوع خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم آغاز می‌شود.

طراحی شهری فرایندی تکرارشونده براساس تعامل میان ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران شهری است، بنابراین برنامه‌ریزی درباره آن از یک طرف نیازمند ارزیابی نیازها و خواسته‌های شهرنشینان است و از طرف دیگر باید با پتانسیل‌های فیزیکی، اجتماعی- اقتصادی، فرهنگی، نهادی و قانونی متناسب باشد. طراحی شهری باید براساس عملکرد اکوسیستم‌های شهری و اثرات آن بر محیط‌زیست شهری و الگوهای رفتاری شهروندان صورت پذیرد. در این راستا سازوکار برنامه‌ریزی طراحی شهری باید در قالب مجموعه‌ای از فرایندها، سیاست‌ها و مقررات و با استفاده از روش‌هایی صورت گیرد که نظام‌مند باشد. در میان روش‌های متعددی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است، سه روش یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم[1] (IES)، روش زیرساخت سبز[2] (GI) و روش تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستم[3] (ESA) را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

## روش یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم (IES)

سیاست‌گذاری و به دنبال آن دست‌یابی به چارچوب عملیاتی مناسب در ادغام فرایند طراحی شهری مبتنی با خدمات اکوسیستم ضرورتی که باید موردتوجه قرار گیرد. روش یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم (IES) با چنین هدفی در شش مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ مرحله نخست با تعریف دامنه و قلمروی برنامه‌ریزی شامل تعریف اهداف، قلمرو و ذی‌نفعانِ اصلی آغاز می‌گردد. در مرحله بعد غربالگری و اولویت‌بندی خدمات مرتبط با طراحی شهری صورت گرفته و ذی‌نفعانی که خدمات اکوسیستم بر آن‌ها تأثیر مستقیم داشته یا از آن تأثیر می‌پذیرند، شناسایی می‌شوند. سپس روندهای کنونی در عرضه و تقاضا برای خدمات اکوسیستم انتخاب شده و تغییرات آن تجزیه و تحلیل می‌شود. پس از آن چارچوب‌های نهادی و فرهنگی جامعه شهری مشتمل بر سیاست‌ها و قوانین رسمیِ تأثیرگذار بر خدمات اکوسیستم مورد تجزیه تحلیل قرار خواهند گرفت تا شناسایی و وزن‌دهی اقدامات در مراحل بعدی امکان‌پذیر گردد. پس از آن فرصت‌ها و تهدیدهای مؤثر بر طراحی شهری شناسایی شده تا امکان رصد دقیق اثرات منفی یا افزایش خدمات اکوسیستم فراهم آید. در نهایت، پیاده‌سازی راهبرد طراحی شهری مبتنی بر خدمات اکوسیستم به کمک مشارکت ذی‌نفعان صورت خواهد گرفت (عبادی قاجاری، ۱۳۹۷: ۳۴). اجرای این شش مرحله (شکل ۵) می‌تواند با اتکا به طرح سؤالاتی از طرف برنامه‌ریزان و طراحان شهری، به یک روش‌شناسی کارآمد تبدیل شود و فرایند طراحی و توسعه شهری را به سوی اصول شهر پایدار هدایت کند.

**مرحله اول: تعریف محدوده**

- مسائل اصلی توسعه/ مدیریتی که باید مورد توجه قرار گیرند کدامند و به چه هدفی می‌رسند؟
- ذی‌نفعان چه کسانی هستند و چگونه باید در این فرایند شرکت کنند؟
- نقاط عطف فرایند و نتایج مورد انتظار چیست؟
- الزامات مربوط به همکاران، بودجه و منابع مالی کدامند؟
- چگونه می‌خواهید پیام‌های کلیدی را به گروه‌های هدف منتقل کنید؟

**مرحله دوم: غربالگری و اولویت‌بندی**

- برنامه توسعه شهری چگونه خدمات اکوسیستمی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- گروه‌های ذی‌نفع اصلی که تحت تأثیر خدمات اکوسیستم قرار می‌گیرند کدامند؟
- مزایای بهره‌مندی از خدمات اکوسیستم چگونه بین گروه‌های مختلف شهری توزیع می‌شود؟
- خدمات اکوسیستمی اولویت‌دار برای طرح توسعه شهر کدام است و چرا؟

**مرحله سوم: شناسایی شرایط، روندها و موازنه‌ها**

- چه نوع اطلاعات و شواهدی مربوط به شرایط و روندهای خدمات اکوسیستم وجود دارد و شکاف‌های اطلاعاتی چیست؟
- شرایط فعلی و روندهای احتمالی آینده در عرضه و تقاضا برای خدمات اکوسیستم چگونه است؟
- موازنه‌ای بین اهداف توسعه شهری و خدمات اکوسیستم در ارتباط با ذی‌نفعان چگونه خواهد بود؟

**مرحله چهارم: ارزیابی چارچوب نهادی و فرهنگی**

- عملکرد کدام نهادها بر اکوسیستم‌ها و خدمات آن‌ها را تأثیر می‌گذارد؟

1. Intergrating Ecosystem Service
2. Green Infrastructure
3. Analysis of Ecosystem Services

– کدام سیاست‌ها، مقررات و مشوق‌های مثبت یا منفی بر استفاده شهروندان از اکوسیستم‌ها و خدمات آن‌ها تأثیر می‌گذارد؟
– آیا عملکرد چارچوب‌های نهادی، سیاسی، قانونی و فرهنگی باعث ایجاد تعارض در بهره‌مندی از خدمات اکوسیستم می‌شود؟

**مرحله پنجم: ارزیابی تصمیم‌گیری**

– فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با خدمات اکوسیستم در برنامه‌های توسعه شهری کدامند؟
– آیا ارزش‌گذاری اقتصادی می‌تواند مفید باشد و اگر هست باید چه چیزی را پوشش دهد؟
– کدام یک از انواع سیاست‌گذاری برای استفاده از خدمات اکوسیستم و کاهش تهدیدات مناسب‌تر هستند؟
– چه تجربیاتی (مثبت/ منفی) در ارتباط با اجرای برنامه‌های و به‌کارگیری سازوکارهای خاص در منطقه وجود دارد؟

**مرحله ششم: اجرای تغییر**

– آیا سیاست‌های اولویت‌بندی شده در ارتباط با توسعه شهری، واقع‌بینانه، امکان‌پذیر، قابل‌قبول و منسجم هستند؟
– آیا ظرفیت‌های مالی، فنی، منابع انسانی و نهادی لازم برای ارائه راهبردهای انتخاب شده وجود دارد؟
– چه کسانی و در چه نقشی در اجرای اقدامات راهبردی مشارکت خواهند داشت؟
– اثرات اقدامات راهبردی چگونه نظارت خواهد شد؟
– چگونه نتایج راهبردهای جدید در میان ذی‌نفعان به اشتراک گذاشته خواهد شد؟ (Kosmus, 2016: 5).

**شکل ۵.** مراحل شش گانه روش یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم (IES)
**مأخذ:** Kosmus, 2016:07

**روش زیرساخت سبز (GI)**

یکی از مهم‌ترین چالش‌های رشد شهری در دنیای معاصر فقدان پیوستگی میان اجزاء زیرساخت‌های سبز در شهرها است. زیرساخت‌های سبز از طریق یکپارچگی با محیط شهری، ایجاد باغ‌های شهری، تأمین زیستگاه حیوانات وحشی و ایجاد برکه‌ها و دالان‌های طبیعی و مصنوعی، نقشی اساسی در تعریف رشد شهری دارند. در سطح سرزمینی، زیرساخت سبز به‌عنوان یک کریدور سبز با تنوع زیاد تعریف می‌شود در حالی که در سطح شهری به‌عنوان شبکه‌ای از مداخلات راهبردی، طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی را برای شهروندان فراهم می‌کند و دارای اهمیت بوم‌شناختی زیادی است. این زیرساخت‌ها شامل انواع اکوسیستم‌های طبیعی، بومی و گونه‌های منظر است که نظامی متشکل از پارک‌ها و فضاهای باز، سطوح آب، باغ‌ها و خانه باغ‌ها، بام‌ها و دیوارهای سبز و ... ایجاد می‌کند (معتقد، ۱۴۰۱: ۶۶). از زیرساخت سبز تعاریف متعددی ارائه شده است؛ آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات‌متحده آمریکا آن را مداخله‌ای مهندسی شده می‌داند که در آن از پوشش گیاهی، خاک و فرایندهای طبیعی برای مدیریت آب و ایجاد محیط‌های سالم برای مردم استفاده می‌شود. در این تعریف زیرساخت سبز می‌تواند از نظر مقیاس نمونه‌های کوچکی مانند باغ‌ها و بام‌های سبز را شامل شده و یا راهبردهای برنامه‌ریزی منطقه‌ای را نیز در بربگیرد. کمیسیون اروپا زیرساخت سبز را یک شبکه برنامه‌ریزی شدهٔ راهبردی از مناطق طبیعی و نیمه‌طبیعی همراه با سایر ویژگی‌های زیست‌محیطی تعریف کرده که برای ارائه طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی در محیط‌های روستایی و شهری طراحی و مدیریت می‌شود. از نظر آژانس کانتری ساید[1] بریتانیا زیرساخت سبز شامل ارائه شبکه‌های برنامه‌ریزی شده از فضاهای سبز چندمنظوره است که به حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی و تنوع زیستی کمک کرده، پاسخ به تغییرات آب‌وهوا و سایر تغییرات زیست‌کره را امکان‌پذیر می‌کند، شیوه‌های زندگی پایدارتر و سالم‌تر را ایجاد می‌کند، زندگی و رفاه شهری را افزایش داده و دسترسی به منابع کلیدی را بهبود می‌بخشد (Zari, 2021: 14). علاوه‌بر این، با توجه به اهمیت و ضرورت مفهوم زیرساخت سبز در دسترسی، سلامت، آلودگی هوا و کیفیت زندگی شهری و

1. Countryside

...، این مفهوم به‌طور گسترده‌ای در برنامه‌ریزی شهری طی دو دهه اخیر مورد توجه و استفاده قرار گرفته و سیر تحول و تکامل پیموده که در جدول ۴ به آن اشاره شده است.

**جدول ٤.** تحولات در مفهوم زیرساخت سبز طی ۲۱ سال گذشته

| بازه‌های زمانی | تحولات زیرساخت سبز |
|---|---|
| ۲۰۰۰ -۲۰۰٦ | - رابطهٔ معقول و پایدار میان انسان، شهر و طبیعت<br>- سرآغاز توجه به مفاهیمی همچون شبکه‌های بوم‌شناسی<br>- فضاهای سبز شهری به توجه به نقش فضاهای سبز شهری عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های سبز در شهرها<br>- کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری از طریق فضاهای سبز شهری<br>- تأکید بر نقش اجتماعی زیرساخت سبز علاوه‌بر نقش بوم‌شناختی آن<br>- حمایت از فعالیت‌ها و فرآیندهای بوم‌شناختی و اجتماعی |
| ۲۰۰۷-۲۰۱۱ | - توجه به فضاهای طبیعی به‌عنوان یکی از عناصر مهم و باقیماندهٔ زیستگاه‌های شهری<br>- توجه به عناصر، کارکردها و مزایای متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فضاهای طبیعی<br>- ضرورت مداخلات جدید در الگوهای موجود شهری |
| ۲۰۱۲-۲۰۱۳ | - توجه به موضوع ارزش اقتصادی زیرساخت سبز<br>- استفاده از بهترین روش برای جلوگیری و کاهش اثرات مخرب تغییرات اقلیمی با توجه به ارزش اقتصادی زیرساخت سبز<br>- تأکید بر سیستمی بودن زیرساخت سبز<br>- توجه به مفاهیم تاب‌آوری شهری و ارتباط آن با مفاهیم ساختار سبز<br>- نقش زیرساخت سبز در سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری |
| ۲۰۱٤-۲۰۱۷ | - توجه به نقش فضاهای سبز موجود در شهرها به عناصر مهم برنامه‌ریزی برای مدیریت خطرات احتمالی همچون سیل، طوفان، زلزله و ...<br>- ساخت بام‌های سبز و کاهش میزان مصرف انرژی در ساختمان<br>- استفاده از انرژی کمتر برای مدیریت آب<br>- نقش زیرساخت سبز در حفاظت یا احیاء طبیعی (سبز) رودخانه‌های شهری<br>- زیرساخت به‌عنوان یک استراتژی کلی برای کمک برای مردم و جوامع در مقابل تأثیرات آب‌وهوایی<br>- توجه فزاینده برای مسئله شبکه‌های سبز |
| ۲۰۱۸-۲۰۲۱ | - شبکه سبز شهری شامل فضاهای عمومی و مناطق و مناطق تحت مالکیت خصوصی<br>- نقش شبکه‌های سبز برای افزایش پیوستگی فضاهای طبیعی شهری و در نتیجهٔ آن ارتقاء کیفیت محیط‌زیست شهری<br>- طراحی و مدل‌سازی شبکه‌ای حفاظتی از انواع کریدورهای زیست‌محیطی<br>- اتصال و افزایش کارکردهای شبکه‌های سبز شهری<br>- چندمنظوره بودن مزایای ارائه شدهٔ شبکه سبز شهری |

**مأخذ:** معتقد، ۷۷:۱۴۰۱ (با اندکی تغیر)

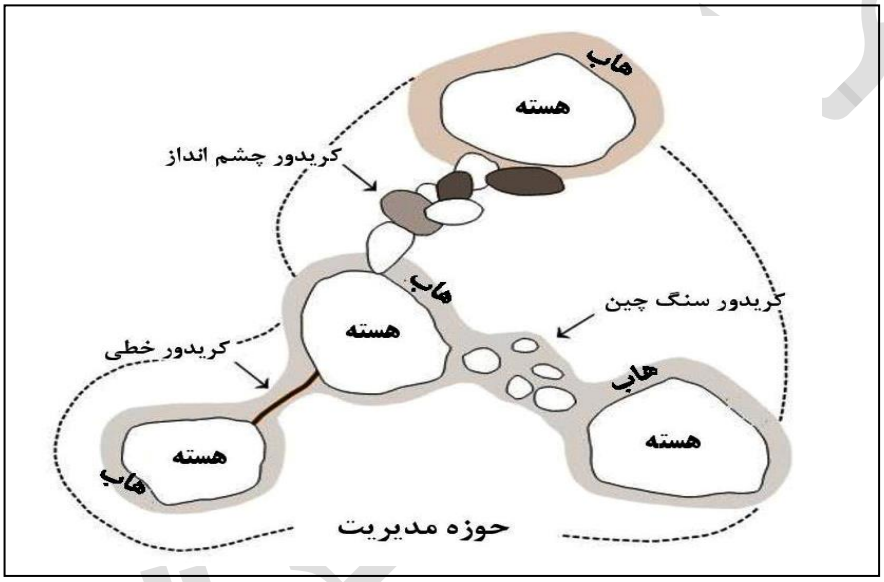
براساس برنامه ۲۰۳۰ سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار، شهروندان باید دسترسی همگانی به مناطق سبز داشته باشند و ارتباط بین مناطق و حومه‌های شهری تشویق شود؛ نقش این مناطق به‌عنوان شبکه‌های سبز برای ارائه خدمات اکوسیستمی ضروری است (معتقد، ۱۴۰۱: ۶۷). با توجه به تعاریف ارائه شده می‌توان چنین استنباط کرد که زیرساخت سبز شهری به یک رویکرد برنامه‌ریزی با هدف توسعه شبکه‌های فضاهای سبز و پهنه‌های آبی در مناطق شهری اطلاق می‌شود که به ارائه طیف وسیعی از خدمات اکوسیستم کمک می‌کند. با این حال، چگونه برنامه‌ریزان و طراحان می‌توانند دریابند که کدام طرح فضایی به بهترین وجه خدمات اکوسیستمی را به خدمت می‌گیرد؟

فضاهای سبز به‌عنوان آخرین نشانه‌های طبیعت در شهر، عنصر پایه‌ای در برنامه‌ریزی شهری است، بنابراین سیستم فضای سبز شهری باید طوری مدیریت و برنامه‌ریزی شود که نیازهای انسان شهری و نیازهای بوم‌شناختی طبیعت را به صورت توأمان برطرف سازد. مناسبات میان طبیعت و محیط شهری سبب شکل‌گیری شبکه‌ای از ارتباطات بین بخش‌های طبیعی و انسانی می‌گردد. هریک از این بخش‌ها در ارتباطی به هم‌پیوسته، تعریفی واحد از شبکه سبز شهری را پدید می‌آوردند یعنی شبکه‌ای متصل که براساس اصول بوم‌شناختی بنا شده است. این شبکهٔ چندمنظوره در چارچوب رویکرد زیرساخت سبز شهری، مجموعه‌ای از ویژگی‌های طبیعی شهر و سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی است که از زندگی شهروندان و منابع بوم‌شناختی شهر حمایت می‌کند (Zari, 2021: 15).

رویکرد زیرساخت سبز، برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیرندگان و طراحان شهری را قادر می‌سازد تا درزمینهٔ حفظ و پیوند عناصر طبیعی موجود در شهر مانند فضاهای باز، پهنه‌های آب، حیات وحش، زیستگاه‌ها، پارک‌ها و دیگر مناطق طبیعی پیش‌بینی و اقدام کنند. این منابع، کیفیت زندگی، اقتصاد و حس مکان جامعهٔ شهری را غنی و حفظ می‌کنند. در این راستا ارزیابی اتصالات و

مسیرهای ارتباطی یکی از مؤثرترین ابزارهای علمی برای بهینه‌سازی طراحی متناسب با زیرساخت‌های سبز شهری است. در رویکرد زیرساخت سبز، فرض بنیادین بر این اصل استوار است که طرح‌های توسعه شهری باید توان ارائه طیف وسیعی از خدمات اکوسیستم را داشته باشند و این توانایی باید با مدد از بهبود ارتباط میان مراکز، مسیرها و حریم چشم‌اندازهای بومی صورت پذیرد.

در مدل مفهومی روش زیرساخت سبز، هر سیستم دارای سه جزء اصلی *هسته، هاب و کریدور* است؛ هسته‌ها فراهم‌کنندهٔ زیستگاه‌های ضروریِ گونه‌های حساس هستند، پیرامون هسته را هاب احاطه می‌کند که به‌عنوان حریم هسته، کرانه‌ای بهم پیوسته از عناصر طبیعی (دریاچه‌ها، جنگل‌ها، تالاب‌ها، نهرها، مراتع و ...) است و سرانجام کریدورها به‌عنوان راه‌های جنبش و ارتباط میان ذخایر طبیعی یعنی گیاهان (گرده‌افشانی) و جانوران هستند (شکل ۶). فرایند برنامه‌ریزی و اجرا در رویکرد زیرساخت سبز بر شش مرحله اصلی استوار است که عبارت‌اند از: ۱- *انتخاب محیط یا محل‌های مناسب* ۲- *شناخت محیط از طریق جمع‌آوری اطلاعات محلی بوم شناسان و مطالعات کتابخانه‌ای* ۳- *ارائه برنامه به هیئت‌های اجرایی* ۴- *تصویب و اجرای برنامه با حداکثر ملاحظات زیست‌محیطی* ۶- *ارزیابی و پایش مدیریت چشم‌انداز* (عبادی قاجاری، ۱۳۹۷: ۳۵).




**شکل ٦.** مدل مفهومی یک شبکه زیرساخت شهری
**مأخذ:** Maier, 2014: 8

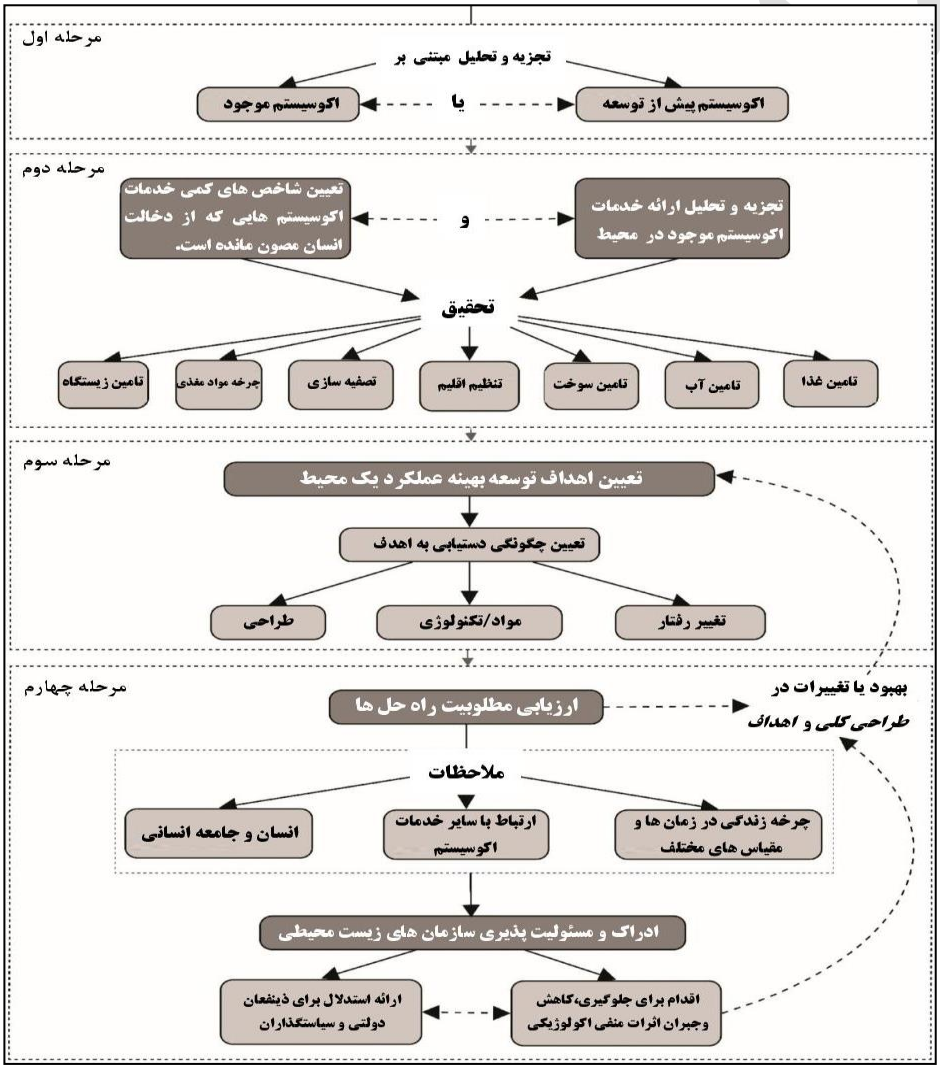
می‌توان انتظار داشت که اجرای روش زیرساخت سبز در طراحی شهری تأثیرات مثبتی بر کالبد شهر و پیکرهٔ زیستی آن بر جای گذارد؛ ایجاد جامعه سالم و شاد، تعدیل اثرات جزیره گرمایی، کاهش غبار و آلاینده‌ها، افزایش تنوع زیستی، افزایش رفاه و سلامت شهروندان، افزایش تعاملات اجتماعی فرهنگی، جذابیت بیشتر برای سرمایه‌گذاری و افزایش ارزش املاک، جملگی پیامدهایی است که می‌تواند در راستای توسعه پایدار شهر به کار آیند.

## روش تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستم و مبانی بوم‌شناختی پیش از توسعه (ESA)

تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستم (ESA) رویکردی است که به‌طور اخص با مفهوم خدمات اکوسیستم در حوزه‌های بوم‌شناسی اجتماعی و فضایی در شهرها پیوند دارد. ESA سطوح قابل‌اندازه‌گیری طیف وسیعی از خدمات اکوسیستم را در یک محیط شهری خاص در زمانی که یک اکوسیستم دست نخورده بود بررسی کرده و سپس آن را با ارائه خدمات اکوسیستم فعلی در همان محیط شهری مقایسه می‌کند تا رویکرد مناسب را جهت دست‌یابی به پایداری شهری براساس واقعیت اقلیمی و بوم‌شناختی شهر تعیین کند. در این روش عملکرد اکوسیستم پیش از توسعه شهری از نظر بارندگی، تعادل کربن، پوشش گیاهی، تثبیت انرژی خورشیدی و نوع زیستگاه مورد بررسی قرار می‌گیرد تا عملکرد بوم‌شناختی آن در مقیاس‌های مختلف (از

معماری خانه‌های مسکونی تا طرح‌های کلان‌شهری) مشخص شود (Zari, 2019: 11).

ESA ابزاری مؤثر در ارزیابی میزان پشتیبانی یا توان تولید خدمات اکوسیستم نیز به شمار می‌رود. این روش می‌تواند از طریق مقایسهٔ وضعیت کنونی با شرایط قبل از توسعه شهری، اهداف قابل‌سنجش برای احیاء و بازسازی طبیعی یک محیط شهری را احصاء و سپس با ارائه سناریوهای مؤثر، عملکرد محیط طبیعی شهر را در آینده ترسیم کند. شکل ۷ چارچوب تحلیل ESA را نشان می‌دهد؛ نخستین اقدام در این روش تعیین اهداف عملکرد طراحی شهری براساس درک ویژگی‌ها و خصایص اکوسیستم و گسترهٔ بوم‌شناختی است که قبل از توسعه شهری بر محیط حاکم بوده است. پس از آن در مراحل دوم و سوم، شاخص‌های کمّی و قابل‌اندازه‌گیری خدمات اکوسیستم قبل از توسعه تعیین و ضمن مقایسه با خدمات کنونی اکوسیستم، اهداف توسعه بهینه عملکرد محیط طبیعی شهر تعیین و مطلوب‌ترین راه‌حل‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (جدول ۵). مطالعات پیشینهٔ بوم‌شناختی، نقشه‌های ایجاد شده در دوره‌های زمانی مختلف، مشاهدات مستقیم، مصاحبه با بوم شناسان، تحلیل فضایی گستره فعلی انواع پوشش زمین با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مهم‌ترین ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات در روش ESA محسوب می‌شود (Zari, 2017:30).




**شکل ۷.** چارچوب تحلیل خدمات اکوسیستم برای خانه یا شهر

**مأخذ:** Zari, 2017:31

**جدول ۵.** مراحل تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستمی برای زیستگاه؛ مرحله دوم و سوم

**مرحلهٔ دوم: تعیین خدمات اکوسیستمی موجود برای توسعه شهری پیش از دخالت انسان**

| فرایندها | شاخص‌ها و واحدها |
|---|---|
| – محاسبه مساحت کل محیط<br>– تعیین انواع پوشش زمین برای شرایط قبل از توسعه با بررسی تاریخچه اکولوژیکی و/یا بررسی اکوسیستم‌های دست نخوردهٔ مجاور<br>– تعیین و تخمین پوشش زمین قبل از توسعه شهری | – منطقه تحت پوشش جنگل، تالاب، دریاچه/ رودخانه، مرتع و غیره (هکتار) |
| **مرحلهٔ دوم: تعیین خدمات اکوسیستم موجود در یک شهر در حال حاضر** | |
| **فرایندها** | **شاخص‌ها و واحدها** |
| – محاسبه مساحت زیستگاه مناسب برای حیات‌وحش بومی باقی‌مانده | – منطقه تحت پوشش جنگل، تالاب، دریاچه/ رودخانه، مرتع و غیره (هکتار) |
| **مرحلهٔ سوم: تعیین اهداف مبتنی بر خدمات اکوسیستمی برای توسعه شهری** | |
| **فرایندها** | |
| – تعیین پوشش گیاهی لازم برای افزایش سلامت تنوع زیستی (برحسب درصد) از طریق بررسی کتابخانه‌ای یا مصاحبه تخصصی<br>– تعیین پوشش گیاهی اضافی لازم برای افزایش تنوع زیستی و سلامت گونه‌ها<br>**توجه:** تجزیه و تحلیل فضایی در احیاء و بازسازی باید با در نظر گرفتن آستانه فروپاشی و ظرفیت تحمل صورت پذیرد. | |

## مطالعات فضایی

علاوه‌بر اولویت‌بندی در تخصیص فضا برای بازآفرینی یا حفظ زیستگاه‌های شهری، نیاز به تعیین اهداف خاص برای تأمین زیستگاه و پتانسیل‌های آن نیز اهمیت زیادی دارد که این مهم از طریق استفاده از مدل‌های رقومی و نقشه‌های سه‌بعدی سطح زمین صورت می‌پذیرد؛ این نقشه‌ها باید اطلاعات دقیق فضایی در مورد نوع خاک، درجه حاصلخیزی، دما، بارندگی، سرعت و جهت باد، هیدرولوژی و هیدروگرافی شهر و ... را ارائه نمایند. این نقشه‌ها باید به‌خوبی طراحی شده، منطقی، واضح و قابل‌فهم بوده تا به‌خوبی بتوانند منعکس‌کننده تمام این پیچیدگی‌ها باشد (سجادی قائم‌مقامی و سیاح‌نیا، ۱۴۰۰: ۲۲). چنین نقشه‌هایی نشان می‌دهند که کدام مناطق از شهرها در ارائه خدمات اکوسیستم وضعیت مطلوب‌تری دارند و یا در چه مناطقی می‌توانند همپوشانی داشته باشند. این نقشه‌ها در نشان دادن نیاز به اتخاذ یک رویکرد کل‌نگر برای ارائه خدمات اکوسیستمی در شهرها بسیار مؤثرند و مقیاس و مکان بالقوه مداخلات موردنیاز برای شروع فرایند بازسازی اکوسیستم‌ها را مشخص می‌کنند. چنین نقشه‌هایی نشان می‌دهند که مناطق اصلی تضاد ارائه خدمات اکوسیستمی از نظر نوع پوشش زمین و مدیریت کجا رخ می‌دهد و اینکه که کدام بخش از شهرها احتمالاً از نظر ارائه خدمات اکوسیستمی در آینده از نظر راهبردی مهم‌تر هستند (جدول ۶).

**جدول ٦.** اولویت‌بندی مناطقی که باید به تأمین زیستگاه شهری اختصاص داده شوند (نگارندگان)

| |
|---|
| حفظ و گسترش جنگل‌های بومی یا دیگر مناطق زیستگاه اولیه |
| اصلاح بخش‌های رو به نابودی جنگل‌های بومی یا دیگر مناطق زیستگاه اولیه |
| تمرکز بر انواع زمین‌هایی که از طریق جانشینی مدیریت شده یا طبیعی به سمت همپوشانی با زیستگاه بومی می‌روند |
| پوشش گیاهی مجدد و مدیریت فلور بومی در مناطق تحت پوشش گونه‌های گیاهی مهاجم |
| مناطق تحت پوشش جوامع گیاهی متنوع ازجمله درختان بالغ با تاج پوشش بزرگ |
| مناطق ساحلی، کرانهٔ دریاچه‌ها، مناطق ساحلی، راه‌های سیلابی، تالاب‌ها و باتلاق‌ها |
| مناطق خنک‌تر (دامنه‌های جنوبی در نیمکره جنوبی و دامنه‌های شمالی در نیمکره شمالی) به‌عنوان یک معیار سازگاری با تغییرات اقلیمی |
| نواحی نزدیک به مناطق قهوه‌ای، مناطق صنعتی متروکه و جاده‌های اصلی |
| حیاط‌خلوت مالکیت‌های خصوصی، بام سبز و تالاب‌های مصنوعی– مناطق دور از سکونت انسانی |

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه رشد روزافزون شهرنشینی در جهان باعث بروز مسائل و مشکلات زیست‌محیطی در شهرها شده و رفاه شهروندان را با چالش‌های متعددی مواجه ساخته است، ازاین‌رو شهرها باید به بازیگران کلیدی در تلاش برای حفظ و احیای اکوسیستم‌های شهری و خدمات آن‌ها تبدیل شوند. برنامه ریزان و سیاست‌گذاران شهری در پی یافتن راه‌حل‌هایی برای تعدیل معضلات زیست‌محیطی شهرها بوده‌اند اما بیشتر بر رهیافت‌ها و روش‌های کمی و فناورانه تمرکز داشته اند. هدف معماری و طراحی شهری پایدار ایجاد یا مقاوم‌سازی شهرها به‌گونه‌ای است که از رفاه مردم و جامعه حمایت کند و با توجه به نقش اثرگذار اکوسیستم‌های شهری و خدمات آن‌ها، بازسازی خدمات اکوسیستم شهری باید در سیاست‌گذاری و طراحی برای ایجاد مناطق شهری با پایداری بالا مورد توجه قرار گیرد. برای دست‌یابی به این هدف، روش‌های

طراحی شهری موردنیاز است که شهرها را قادر سازد خدمات اکوسیستمی را در حجم بیشتری تولید کنند. برای مؤثرتر کردن این روش‌ها درک چگونگی ارتباط خدمات اکوسیستم حیاتی است. بدین منظور شبیه‌سازی الگوهای زیستی به‌عنوان یک زمینه تحقیقاتی در حال رشد در معماری و طراحی شهری، ضمن ارائه راهکارهای جدید و الهام‌بخش، امکان پایداری در محیط شهری را فراهم می‌کند. شبیه‌سازی الگوهای زیستی می‌تواند با تطبیق‌پذیری، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در سازه‌های معماری تا حد زیادی توان دست‌یابی به اصول طراحی پایدار شهری را افزایش می‌دهد. الگوهای شبیه‌سازی زیستی می‌توانند با هدف طراحی سیستم‌های هوشمند و مدیریت انرژی در ساختمان‌ها، طراحی سیستم‌های انرژی پایدار و کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی و گرمایش هوا و مقاومت در برابر آسیب‌های طبیعی به کار گرفته شوند. دست‌یابی به نتایج مورد انتظار در طراحی و معماری مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی به اصول مربوط به معماری پایدار بستگی دارد. بدین معنا که از یک‌طرف معماری باید در یک همزیستی مسألت‌آمیز در جهت حفظ طبیعت گام بردارد و از طرف دیگر طبیعت به‌عنوان منبع الهام در خدمت معماری پایدارِ مبتنی بر کیفیت منظر، مصرف انرژی، مدیریت اکوسیستم، بهداشت محیط و سلامت و آرامش ذی‌نفعان باشد.

در تجزیه و تحلیل مسائل مرتبط با شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و معماری با تأکید بر روابط میان خدمات اکوسیستم در این پژوهش، مشخص گردید که استفاده از روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی، بدون درک روابط میان اکوسیستم‌های شهری، نتایج قابل قبولی در طراحی شهری به دنبال نخواهد داشت، ضمن آنکه اجرای روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی، بدون توجه به ویژگی‌ها و الگوهای رفتاریِ ذی‌نفعان و اتکای صرف به روش‌های کمّی نمی‌تواند به نتایج مطلوبی در طراحی شهری منجر گردد. شناخت کافی از روابط حاکم بر اکوسیستم‌های شهری و پتانسیل‌های بالای مفهوم شبیه‌سازی باعث ارتقای سطح بهره‌مندی از توان‌های بوم‌شناختی و ایجاد پایداری مطلوب در شهرها می‌گردد. شبیه‌سازی الگوهای زیستی همراه با دانش زیستارشناسی از این ظرفیت برخوردار است که به‌عنوان رویکردی در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت شهری مورد استفاده قرار گیرد. تلاش برای اتخاذ چنین رویکردی نیازمند توسعه فضای سبز شهری و تخصیص آن به ذی‌نفعان براساس عدالت اجتماعی و اقتصادی است. در این راستا روش‌های مانند IES، GI و ESA می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی مؤثر جهت یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم به کار آیند.

## راهکارها

با توجه به تجزیه و تحلیل مفاهیم فوق می‌توان اصول و راهکارهای زیر را برای تصمیمات مربوط به طراحی شهریِ مبتنی شبیه‌سازی الگوهای زیستی پیشنهاد کرد:

۱- روش‌های طراحی باید شهرها را قادر سازد خدمات اکوسیستمی را در حجم بیشتری تولید کنند، ازاین‌رو برای مؤثرتر کردن این روش‌ها درک چگونگی ارتباطات موجود میان خدمات اکوسیستم حیاتی است.

۲- شبیه‌سازی الگوهای زیستی به‌عنوان یک زمینه تحقیقاتی در حال رشد در معماری و طراحی شهری باید ضمن ارائه راهکارهای جدید و الهام‌بخش، زمینه‌های دست‌یابی به پایداری را در محیط شهری را فراهم سازد.

۳- الگوهای شبیه‌سازی زیستی باید با هدف طراحی سیستم‌های هوشمند و مدیریت انرژی در ساختمان‌ها، طراحی سیستم‌های انرژی پایدار و کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی و گرمایش هوا و مقاومت در برابر آسیب‌های طبیعی بکار گرفته شوند.

۴- مفهوم خدمات اکوسیستم از این پتانسیل برخوردار است که منجر به ایجاد تغییرات عمیق در کاربری زمین گردد. این تغییرات تنها به کاهش اثرات عوامل مخرّب زیست‌محیطی محدود نمی‌شود بلکه باید موجب ورود بخشی از دانش بوم‌شناسی به طراحی محیط‌های شهری شود به‌طوری که محیط‌های مصنوع و انسان‌ساخت، اثرات مثبتی در اکوسیستم‌ها و تولید خدمات اکوسیستمی برجای گذارند.

۵- ایجاد تغییرات حاصل از به‌کارگیری خدمات اکوسیستم‌های شهری لزوماً از طریق ابداع فناوری‌های جدید حاصل نمی‌شود بلکه اتخاذ سیاست‌های جدید درباره نحوه عملکرد و بازخورد محیط‌های مصنوع و انسان‌ساخت نیز لازم است.

۶- بهترین روش مواجهه با مشکلات زیست‌محیطی شهرها، اتکاء به راه‌حل‌های محلی است و راه‌حل‌های طبیعت مبنا (خدمات اکوسیستمی) می‌توانند نقش مهمی در کاهش یا تعدیل مسائل زیست‌محیطی شهر ایفا کنند.

۷- سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان شهری با اتکا به طراحی شهری می‌توانند از طریق معماری و یا فضای سبز به طرز قابل‌توجهی بر تولید خدمات اکوسیستمی اثر بگذارند.

۸- طراحی شهری، پیش شرط‌های لازم برای دست‌یابی به‌نوعی استفاده از زمین را فراهم می‌سازد که از منظر زیست‌محیطی منجر به پایداری و از منظر اجتماعی- فرهنگی به عدالت اجتماعی منتهی می‌گردد به همین جهت روش‌های طراحی شهری باید در ارزیابی تعامل میان ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران

شهری بکار گرفته شوند. همچنین میزان انطباق پتانسیل‌های فیزیکی، اجتماعی اقتصادی، فرهنگی، نهادی و قانونی را نیازهای شهرنشینان مشخص نمایند. در این راستا استفاده از روش‌هایی مانند یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم (IES)، زیرساخت سبز (GI) و تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستم (ESA) می‌تواند بسیار راهگشا باشند.

۹- سطوح الگوبرداری (ارگانیسم، رفتار و اکوسیستم) در ارتباط متقابل با حوزه‌های کاربرد (فرم، مصالح، ساختار، عملکرد و فرایند) منتهی به خلق معماری پایدار شهری می‌شود.

۱۰- اصول معماری پایدار (مدیریت مصرف، طراحی با طبیعت، طراحی انسانی و مقیاس محیط) در ارتباط متقابل با نظام‌های طبیعی (بوم‌شناختی، اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی) منجر به ایجاد محیط پایدار در شهر می‌گردد.

**References**


Alami, B., & Majidi, M. (1400). The place of nature in two approaches of sustainable and bionic architecture. *Bi-Quarterly Journal of Andišnāme-ye Me'māri*, 1(2), 121-137. https://doi.org/10.30480/arcand.2022.981. (In Persian)

Annabi, A., & Jalali, M (2017). Environment, Political-Legal Challenge. *Journal of Legal Studies*, 3(25), 97-113No. 25. URL: http://jlawst.ir/article-1-854-fa.html (In Persian)

Azizi, M. (2006). Sustainable Residential Neighborhood: Narmak Case Study: The Case Study of Narmak Neighborhood. *Honar-Ha-Ye-Ziba*, -(27), 35-46. SID. https://sid.ir/paper/5742/en (In Persian)

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Harper Perennial, ISBN: 9780060533229. http://dx.doi.org/10.1071/EC129p27.

Cohen ،YH & Reich ،Y. (2016). *Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability*, Springer, Softcover reprint of the original 1st ededition. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-33997-9.

Colantonio, A. (2007). *Social Sustainability: An Exploratory Analysis Of Its Definition, Assessment Methods Metrics And Tools*, Oxford Brooks University, Oxford Institute for Sustainable Development (OISD).

Doughty, M., & Hammond, G. (2004). Sustainability and the Built Environment at and Beyond the City Scale. Build. Environ, 39, 1223–1233. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.03.008

Ebadi Qajari, S. (2018). The Role of Ecosystem Services in LandUse Planning. *Environmental Science Quarterly*, 3(60), 29-48. https://dorl.net/dor/20.1001.1.29809088.1397.3.60.3.1. (In Persian)

Farshi Haghi, Z and Mahmoudinejad, H. (2021). Evaluation of the application of biomimicry knowledge in the teaching of architectural design with the method of analogy from nature. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design (JSAUD)*, 9(2) ،112-97. https://doi.org/// 10.22061/jsaud.2021.7748.1859. (In Persian)

Feizabadi, M. (2011). *Explaining the theoretical foundations of technological architecture based on natural systems in Ira*. Ph.D dissertation in the field of architecture, Tehran, Tarbiat Modares University. (In Persian)

Gulabchi, M., & Mahmoudinejad, H. (2018). *Bionics in architectural design: theories and models*, Tehran, Pars University Press. (In Persian)

Georgian Mhlbany, Y., & Yaran, A. (2010). Sustainable architecture solutions of Gilan along with comparison with Japanese architecture. *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 2(41), 43-54. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286020.1389.2.41.4.1. (In Persian)

Harirchian, M. (2017). Policy report of green infrastructures in new cities, research and development working group of specialized mother company for construction of new cities, *Ministry of Roads and Urban Development*. (In Persian)

Hayes, S., Desha, C., & Baumeister, D. (2020). Learning from nature–Biomimicry innovation to support infrastructure sustainability and resilience. *Technological Forecasting and Social Change*, *161*, 120287. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120287

Jomepour, M. (2015). *Environmental planning and urban and regional sustainability: principles, methods and environmental indicators of land sustainability*. Publications of Organization of Studies and Compilation of University Humanities Books (Samt). (In Persian)

Khatami, M., & Fallah, M. (2010). The Place of Teaching Sustainability in Architecture and Construction. *Soffeh Journal*, 20(1), 21-34. https://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1389.20.2.2.5 (In Persian)

Kheradmand, S and Sattari Sarbangali, H. (2018). Architecture Follows Nature (Biomimicry, an Approach, for Energy Effecient Building Skin Design). *Geographical Journal of Territory*, 15(57), 69-87. SID. https://sid.ir/paper/116197/en (In Persian)

Knippers, J., & Speck, T. (2012). Design and construction principles in nature and architecture. *Bioinspiration & biomimetics*, *7*(1), 015002. http://dx.doi.org/10.1088/1748-3182/7/1/015002

Kosmus, M., Renner, I., & Ullrich, S. (2016). *Ntegrating EcosystemServices (IES) into Development Planning*, German Society for International Cooperation.

Loubser, D. (2019). Utilising naturebased solutions to increase resilience in Pacific Ocean Cities. *Ecosys Serv*, 38, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100968

Mahmoudinejad, H. (2011). *Explaining the basics of teaching creativity in bio-based architecture*. Doctoral Dissertation in the field of Architecture, Tehran, Tarbiat Modares University. (In Persian)

Maier, Stephanie Daniela. (2014). Ecological Networks*:* Case Studies, Challenges and Lessons Learned, *11th Meeting Of The Conference Of The Parties*, Quito, Ecuador.

Masnavi, M., & Dabeiri, M. (2016). Valuing Shari Ecosystem Services as a Tool for Planning More Sustainable Cities, *Manzar Scientific Journal*, 9(41), 24-35. (In Persian)

Mirhosseini, S, Ansari, M., & Bemanian, M. (2019). Explaining Bionics-Based Life Criteria in Planning and Designing Human Settlements. *Human Geography Research*, 52(2), 569-588. https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.265945.1007775. (In Persian)

Construction, S. (2004). Working Group Sustainable Construction; Method & Techniques. October 2003. *Contract B4-3050/2003/352567/SER B*, *4*.

Motaghed, M., Sajjadzadeh, H. (2023). Explaining the Concept of Urban Green Network from the Perspective of Different Sciences by Developing a Theoretical Framework, *Geography and Environmental Planning*, 34(3), 65-94. https://doi.org/10.22108/gep.2022.133689.1526. (In Persian)

Nasr-Azadani, A., & Houdji, M. (2015). Evaluation of the Effect of an Industrial Wastewater Sample on Heavy Metals Contaminated Soil. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 16(4), 437-450. (In Persian)

Nejad Ebrahimi, A., & d Khemchian, A. (2021). Analyzing the creation of nature-based architecture to explain the relationship between the rhizome plant and the historical market of Tabriz. *Human and Environment Quarterly*, 19(2), 181-199. (In Persian)

Nowrozi, M., & Bemanian, M. (2018). Analysis of the Effect of Urban Green Infrastructure on Promotion of Environmental Sustainability Components. *The Journal of Architectural Thought*, 3(6), 175-189. https://doi.org/10.30479/at.2019.11641.1322. (In Persian)

Parivar, P., Friadi, Sh., Salehi, I., Yavari, A., & Sotoudeh, A. (2014). A framework for Strategic Environmental Assessment of Urban Development Plans based on the principles of Resilience Thinking. *Journal of Architecture and Urban Planning*, 6(11), 155. https://doi.org/10.30480/aup.2013.116. (In Persian)

Sajjadi Ghaemmaghami, S., & SayahNia, R. (2021). Evaluating the consequences of urban growth on ecosystem services of carbon storage (case study: sub-basins of Karaj city). *Journal of Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 12(1), 20-37. SID. https://sid.ir/paper/409360/en (In Persian)

Sjostrom, Ch., & Bakens, W. (1999). *Agenda 21 On Sustainable Construction*, Bourdeau, Centre Scientifique Et Technique Du Batiment (Cstb), Editor:122.

Tabibian, M. and Faryadi, S. (1380). Evaluation of the environmental quality of the city of Tehran. *Journal of Environment*, ،27(28) ،12-1. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1396.8.15.4.0. (In Persian)

Zari, M. P. (2007, November). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. In *The SB07 NZ sustainable building conference* (No. 033).

Pedersen Zari, M. (2020). Biomimetic urban and architectural design: Illustrating and leveraging relationships between ecosystem services. *Biomimetics*, *6*(1), 2. https://doi.org/10.3390/biomimetics 6010002.

پریور، پرستو؛ فریادی، صالحی، اسماعیل یاوری احمدرضا و ستوده، احد (۱۳۹۲). بسط چارچوب ارزیابی راهبردی محیط زیستی طرح‌های توسعه شهری براساس تفکر تاب‌آوری، *نشریه نامه معماری و شهرسازی*، ۶(۱۱)، ۱۵۵. https://doi.org/10.30480/aup.2013.116.

جمعه‌پور، محمود (۱۳۹۵). *برنامه‌ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه‌ای: اصول، روش‌ها و شاخص‌های محیطی پایداری سرزمین*، انتشارات سازمان مطالعات و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

حریرچیان، مینو (۱۳۹۷). گزارش سیاستی زیرساخت‌های سبز در شهرهای جدید، *کارگروه تحقیق و توسعهٔ شرکت مادر تخصصی عمران شهرهای جدید*، وزرات راه و شهرسازی.

خاتمی، سیدمحمدجعفر و فلاح، محمدحسن. (۱۳۸۹). جایگاه آموزش پایداری در معماری و ساختمان. *فصلنامه علمی معماری و شهرسازی صفه*، ۲۰(۱)، ۲۱-۳۴. https://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1389.20.2.2.5

خردمند، صبا و ستاری ساربانقلی، حسن (۱۳۹۷). معماری از طبیعت پیروی می‌کند. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، ۱۵(۵۷)، ۶۹-۸۷.

سجادی قائم مقامی، ساره سادات و سیاح‌نیا، رومینا (۱۴۰۰). ارزشیابی پیامدهای رشد شهری بر خدمات اکوسیستمی ذخیره کربن (مطالعه موردی: زیرحوضه های آبریز شهر کرج)، *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲(۱)، ۲۰-۳۷. SID. https://sid.ir/paper/409360/fa

طبیبیان، منوچهر و فریادی، شهزاد (۱۳۸۰). ارزیابی کیفیت محیطزیست شهر تهران. *مجله علمی پژوهشی محیطشناسی*، ۲۷(۲۸)، ۱۲-۱. Dor: 20.1001.1.10258620.1380.27.28.1.1

عالمی، بابک و مجیدی، مرتضی. (۱۴۰۰). جایگاه طبیعت در دو رویکرد معماری پایدار و معماری بیونیک، *دو فصلنامه اندیشنامه معماری*، ۱(۲)، ۱۲۱-۱۳۷. https://doi.org/10.30480/arcand.2022.981

عبادی قاجاری، سلیمه (۱۳۹۷). جایگاه خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی کاربری زمین، مجله محیطزیست و توسعه فرابخشی، ۳(۶۰)، ۲۹-۴۸. https://dorl.net/dor/20.1001.1.29809088.1397.3.60.3.1

عزیزی، محمدمهدی. (۱۳۸۵). محله مسکونی پایدار: مطالعه موردی نارمک. *نشریه هنرهای زیبا*، -(۲۷)T ۳۵-۴۶. https://sid.ir/paper/5742/en

عنابی، علیرضا و جلالی، محمود (۱۳۹۷). محیطزیست، چالش سیاسی- حقوقی، *فصلنامه مطالعات حقوق*، ۳(۲۵)، ۹۷-۱۱۳. URL: http://jlawst.ir/article-1-854-fa.html

فرشی‌حقی، زهره و محمودی‌نژاد، هادی (۱۴۰۰). ارزیابی کاربست دانش بیومیمیکری در آموزش طراحی معماری با روش قیاس از طبیعت. *نشریه معماری و شهرسازی پایدار*، ۹(۲)، ۱۱۲-۹۷. Doi: 10.22061/jsaud.2021.7748.1859

فیض‌آبادی، محمود (۱۳۹۱). *تبیین مبانی نظری معماری تکنولوژیک مبتنی بر سازواره های طبیعی در ایران*. رسالهٔ دکتری رشته معماری، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

گرجی مهلبانی، یوسف و یاران، علی (۱۳۸۹). راهکارهای معماری پایدار گیلان به همراه قیاس با معماری ژاپنی. *نشریه علمی پژوهشی پردیس هنرهای زیبا دانشگاه تهران*، ۲(۴۱)، ۴۳-۵۴.

گلابچی، محمود و محمودی‌نژاد، هادی (۱۳۹۸). *بیونیک در طراحی معماری: نظریه‌ها و مدل‌ها*. تهران: انتشارات دانشگاه پارس.

مثنوی، محمدرضا و دبیری، مریم (۱۳۹۶). ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم شعری به‌عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی شهرهایی پایدارتر، *مجله علمی ترویجی منظر*، ۹(۴۱)، ۲۴-۳۵.

محمودی‌نژاد، هادی (۱۳۹۱). *تبیین مبانی آموزش خالقیت در معماری زیست مبنا*. رسالهٔ دکتری رشته معماری، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

معتقد، محمد و سجادزاده حسن (۱۴۰۲). تبیین مدل مفهومی شبکه سبز شهری از منظر علوم محیطی. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۴(۳)، ۶۵-۹۴.

میرحسینی، سیدمجتبی؛ انصاری، مجتبی و بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۹). تبیین معیارهای حیات مبتنی بر علم بیونیک در برنامه‌ریزی و طراحی سکونتگاه‌های انسانی. *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۲)، ۵۶۹-۵۸۸. Doi: . 10.22059/JHGR.2018.265945.1007775

نژادابراهیمی، احد و تخمچیان، علی (۱۴۰۰). تحلیل آفرینش معماری مبتنی بر طبیعت برای تبیین ارتباط میان گیاه ریزوم و بازار تاریخی تبریز. *فصلنامه انسان و محیطزیست*، ۱۹(۲)، ۱۸۱-۱۹۹.

نصرآزادانی، آزاده و هودجی، مهران (۱۳۹۳). ارزیابی تأثیر یک نمونه پساب صنعتی بر آلودگی خاک با فلزات سنگین. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست*، ۱۶(۴), ۴۳۷-۴۵۰

نوروزی، مریم و بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۸). تحلیل اثر زیرساخت‌های سبز شهری بر ارتقاء مؤلفه‌های پایداری محیطی، *اندیشه معماری*، ۳(۶)، ۱۷۵-۱۸۹. Doi: 10.30479/AT.2019.11641.1322

آماده به انتشار