

ORIGINAL ARTICLE

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

 Nafiseh Marsousi^{1*}, Mehdi Shafieipour²

1. Associate Professor,
Department of Geography and
Urban Planning, Payame Noor
University, Tehran, Iran.

2. Ph.D Candidate,
Department of Geography and
Urban Planning, Payame Noor
University, Tehran, Iran.

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

Receive Date: 25/Oct/2023
Revise Date: 09/May/2024
Accept Date: 10/May/2024

How to cite
Marsousi, N., & Shafieipour, M.
(2025). Simulation of Biological
Patterns in Urban Design and
Architecture with Emphasis on the
Relationships between Ecosystem
Services. *Urban Ecological Research*,
16(3), 87-110.

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.

KEY WORDS

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





«مطالعه پژوهشی»

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

نقیسه مرصوصی^{۱*}، مهدی شفیع‌پور^۲

چکیده

یکی از راهکارهای مؤثر در مدیریت مصرف انرژی در شهرها استفاده از روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی است. شهرها به گونه‌ای که آن‌ها به سیستم‌های پیچیده 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 مطالعه 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 تصمیم‌های مطلوب‌تری در جهت بهره‌برداری از خدمات مختلف اکوسیستم در مناطق شهری اتخاذ نموده و آثار مخرب 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.

۱. دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، ایران.
۲. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: نقیسه مرصوصی
رایانامه: marsousin@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱

استناد به این مطالعه:

مرصوصی، نقیسه و شفیع‌پور، مهدی (۱۴۰۴). شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و معماری با تأکید بر روابط میان خدمات اکوسیستم. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۱۶(۳)، ۸۷-۱۱۰.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. © ۱۴۰۴ ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



This is an open access article under the CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<https://grup.journals.pnu.ac.ir/>

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 شهرنشینی 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). اگرچه شهرها کانون‌های بزرگ مصرف خدمات اکوسیستمی و تولیدکننده‌های بالقوه زباله هستند، اما ذخایر بزرگی از بیوغ 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). این شرایط باعث شده اخیراً رویکردهای طراحی شهری مبتنی بر ادغام روش‌های ارزیابی عملکرد و روش‌های استوار بر ویژگی‌های احیاء و بازسازی مورد توجه قرار گیرند (Doughty, 2004). در این راستا این مطالعه 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 معمارانه معماران قابل مشاهده است. تقلید یا استفاده از طبیعت و ارگانیزم 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 داونچی که زیبایی، اقتصادی و علمی بودن استفاده از طبیعت و ارگانیزم را در طرح‌های خود بالاتر از هر دستاورد و اختراعی می‌دانست تا جان راسکین^۱ که در سال ۱۹۰۶ که تنها تقلید از طبیعت را توصیه می‌کند. پریمو لوی^۲

شیمیدان ایتالیایی در سال ۱۹۸۶ اظهار داشت که هر چیزی که در شیمی اتفاق می‌افتد (نژاد ابراهیمی، ۱۴۰۰).

پیتر کالینز^۳ 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 قابل تقسیم 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^۴، زیستارشناختی^۵، زیست ریخت‌شناسی^۶، ارگانیک، شبیه‌سازی الگوهای زیستی^۷، ژنگان‌شناسی^۸ و توسعه پایدار قابل تحلیل و بررسی هستند (نژاد ابراهیمی، ۱۴۰۰).

در میان این رویکردها، شبیه‌سازی الگوهای زیستی روشی است که بر تأثیرات فرایند شکل‌گیری، مقیاس و تاریخی بودن 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 ارگانیزم یا ساختارهای طبیعی می‌تواند توسط متخصصان حوزه شهرسازی مورد استفاده قرار گرفته و به خروجی‌های کاربردی مطلوبی در طراحی معماری شهری و ساماندهی محیط‌های شهری منتهی شود (Knippers, 2012).

در مفاهیم مرتبط با اصول تقلید از طبیعت، بی تردید قیاس، مهم‌ترین مفهوم نگاشت بین ویژگی‌های بین طبیعت و محیط انسان‌ساخت محسوب می‌شود. قیاس یک سازوکار شناختی مؤثر است که برای نتیجه‌گیری و یادگیری مفاهیم جدید مورد استفاده

3. Peter Collins

4. Biophilic

5. Bionic

6. Biomorphic

7. Biomimetic

8. Genomic

1. John Ruskin

2. Primo Levi

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 /جلاس زمین^۱ در شهر ریودوژانیرو در برزیل برگزار شد. در این کنفرانس این موضوع مطرح شد که توسعه کنونی جهان در جهت تخریب محیط زیست 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). در خلال نشست مقدماتی برای کنفرانس شهر قرن ۲۱ 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 ایفاء می‌نماید (Regional Environmental Center, 2001). علاوه بر تعریف مذکور تاکنون تعریف‌های زیادی از توسعه پایدار شده است. به‌طور کلی می‌توان مجموعه‌هایی از تعریف‌های 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 محیط زیست، یکپارچه کردن حفاظت و توسعه به‌عنوان رویکرد کلی (عزیزی، ۱۳۸۵).

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

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 نه تنها متأثر از طبیعت بلکه از مفاهیم بنیادی و انتزاعی مانند فرهنگ، دین، تصویر، بشریت و غیره نیز قرار می‌گیرد (فرشی حقی، ۱۴۰۰).

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 به بکارگیری 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 بکارگیری 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 بکارگیری 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 ارگانیک، 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 مطالعه پژوهشی توصیفی- تحلیلی از نقش الگوهای شبیه‌سازی زیستی در طراحی شهری ارائه نموده و با استفاده از روش

اصطلاح شبیه‌سازی الگوهای زیستی ترجمه واژه بایومیمتیک^۲ است که از ترکیب دو شامل بایو به معنای زندگی و میمیس به معنای تقلید به وجود آمده است. تاکنون تعاریف متعددی درباره این اصطلاح از طرف صاحب‌نظران ارائه شده است؛ از نظر بنیوس^۳ شبیه‌سازی الگوهای زیستی مفهوم جدیدی است که به بررسی بهترین ایده‌های طبیعت و آنگاه الگوبرداری از طرح‌ها و فرایندها به منظور حل مسائل انسانی می‌پردازد؛ با وجود این از نظر پدرسون زاری^۴ 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 بکارگیری کامل بهترین روش شبیه‌سازی الگوهای زیستی جهت استفاده از مزایای آن حائز اهمیت است. گوبره^۵ 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).

شبیه‌سازی الگوهای زیستی رویکردی مبتنی بر مطالعه بهترین ایده‌های طبیعت برای الهام و تقلید در اجرای سازه‌های انسانی است. در این رویکرد طراحان 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 (عالی و مجیدی، ۱۴۰۰).

به‌طور کلی کامل‌ترین تعریف شبیه‌سازی الگوهای زیستی را می‌توان یادگیری 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 شناختی 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 ایده اولیه، شبیه‌سازی الگوهای زیستی در فرایند طراحی لحاظ شود (Zari, 2017). 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،

کمیسیون پایدار ملل متحد^۱ 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 (جمعه‌پور، ۱۳۹۵). 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). 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 علاوه بر آن، نقش مهمی نیز در ایجاد تغییرات محیطی بر عهده دارد (Sjostrom, 1999).

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). معماری بر هر سه وجه محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری تأثیر مستقیم دارد. تفکر معماری پایدار متضمن تلاش برای همساز کردن طرح معماری با محیط زیست است. در واقع معماری پایدار با استفاده از ابزار طراحی و شیوه‌های ساخت و ایجاد رابطه مناسب بین بنا و محیط زیست، درصدد کاهش تأثیرات منفی ساخت‌وساز در محیط زیست است و در عین حال با پاسخگویی به نیازهای اجتماعی، سبب دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌شود (خاتمی و فلاح، ۱۳۸۹). 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 محیط زیست، استفاده حداقلی از انرژی‌های فسیلی و استفاده حداکثری از انرژی‌های طبیعی، تخریب حداقلی محیط زیست، بهبود فیزیکی و روانی زندگی انسان‌ها و هماهنگی با محیط طبیعی (گرچی مهربانی، ۱۳۸۹).

شبیه‌سازی الگوهای زیستی (بایومیمتیک)

شبیه‌سازی الگوهای زیستی را می‌توان نوعی تجزیه و تحلیل محیط شهری از منظر نحوه عملکرد اکوسیستم‌های شهری و تغییرات پایدار مبتنی بر تقلید از این اکوسیستم‌ها به شمار آورد (Zari, 2007).

2. Biomimetic

3. Janine Benyus

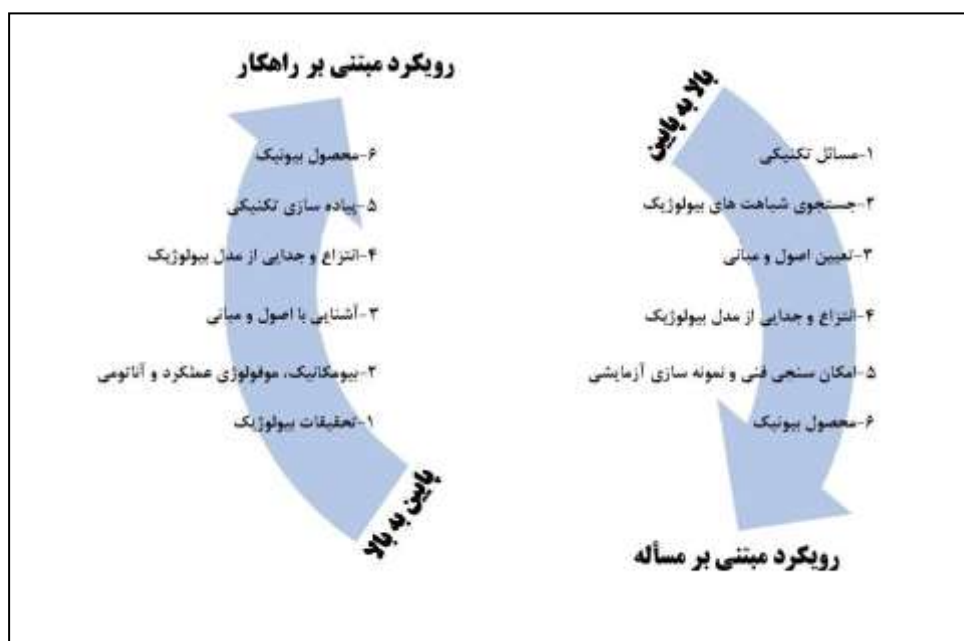
4. Pederson Zari

5. Guber

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

بر راهکار نیز دارای عناوین مختلفی است که عبارتند از: زیست‌شناسی متأثرکننده طراحی، طراحی متأثر از حیات موجودات زنده، روش از پایین به بالا یا رویکرد جز به کل که جملگی در پی یافتن راهکاری مبتنی بر طراحی با الهام از زیست موجودات زنده هستند. این روش زمانی استفاده می‌شود که فرایند طراحی به جای اتکاء بر مشکلات طراحی انسانی اساساً به دانش علمی زیست‌شناسان و دانشمندان بستگی داشته باشد (خردمند و ستاری، ۱۳۹۷).

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 زمینه بازخورد و پالایش در چرخه‌ها را فراهم می‌آورد. در این روش، طراحان از طریق شناخت مسائل به دنبال یافتن راهکارهای حل آن‌ها هستند. روش یاد شده زیست‌شناسان را ترغیب می‌کند تا مسئله موجود را با موجود زنده‌ای تطبیق دهند که مسئله‌ای مشابه با این مسئله را حل کرده است. رویکرد مبتنی



شکل ۱. رویکردهای شبیه‌سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری

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

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 انرژی موردنیاز برای بقاء 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).

شبیه‌سازی الگوهای زیستی به معنای الهام گرفتن از طبیعت برای طراحی و ساخت سازه‌ها و مواد است. شبیه‌سازی الگوهای

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 بکارگیری واژگان در جای یکدیگر می‌تواند شبهه‌ای 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^۱ 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 ویژگی‌های سیستم‌های زنده برخوردارند. زیستارشناسی به کنکاش در طبیعت

۱. Otto Schmitt

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 هر یک دارای پنج بُعد هستند که بر میزان الهام و تقلید، اثر مستقیم می‌گذارند؛ این ابعاد عبارتند 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).

زیستی به‌عنوان یک موتور نوآوری در نظر گرفته می‌شود و نه تنها 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 کامپوزیت‌ها 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).

در پژوهش‌های مرتبط با طراحی و معماری، شبیه‌سازی الگوهای زیستی دارای سه سطح اصلی است که عبارتند از:

اصول	شرح	منابع
ارگانیسم	تقلید محض از یک ارگانیسم که می‌تواند به ایجاد مواد یا تکنولوژی جدید منجر شود. البته در برخی موارد از این تقلید بدون توجه به نحوه عملکرد می‌تواند منجر به ایجاد طرح‌های سنتی شود و تأثیر محیطی چندانی ندارد.	 برج کرکین (خیابان‌سور) الهام گرفته شده از ارگانیسم اسفنج
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. به‌طور کلی تعداد زیادی از ارگانیسم‌ها به عملکرد در ظرفیت بوم‌شناختی یک موقعیت قابل 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 مورینه
اکوسیستم	شبیه‌سازی مبتنی بر اکوسیستم می‌تواند بر دو سطح متافوریک (استعاری) و عملکردی عمل کند. در سطح متافوریک قوانین کلی اکوسیستم در نظر گرفته می‌شود و در صورتی که 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 ساحارا فاریست، الهام گرفته شده از موسک نامیا

شکل ۲. سطوح شبیه‌سازی الگوهای زیستی

مأخذ: عالمی و مجیدی، ۱۴۰۰

یک دستگاه تهویه برای مورینه‌ها است. کلونی دومیلیونی مورینه‌ها 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 و پس از افزایش چگالی، مجدداً به سمت پایین خانه سرازیر می‌شود. از طرفی با

نمونه موردی شبیه‌سازی الگوهای زیستی

جدول ۱، چارچوبی مدون براساس سطوح ادغام زیست‌شناسی و دانش معماری را در یک نمونه موردی از لانه مورینه ارائه نموده است. لانه مورینه‌ها به‌عنوان نمونه‌ای منحصربه‌فرد مانند هر ساختاری در زیست‌شناسی، نمایانگر انطباق شکل با کارکرد است. در بین تمام حشرات، مورینه‌ها بلندترین خانه‌ها را نسبت به‌اندازه خودشان می‌سازند، ارتفاع این خانه‌ها در مناطق استوایی حتی به ۷/۵ متر هم می‌رسد. این سازه علاوه بر تأمین سرپناه،

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 می شود فشار هوا در پایه های خانه زیاد و فشار در رأس مخروط خانه کم باشد، این اختلاف فشار می تواند باعث ایجاد جریان هوا از پایین به بالا شده و به عمل تهویه در لانه کمک کند.

جدول ۱. چارچوبی برای سطوح کارکردی شبیه سازی الگوهای زیستی، نمونه موردی لانه موریانه

نمونه موردی ساختمانی که از لانه موریانه ها تقلید می کند:	ابعاد	سطح بیومیمتیک
ساختمان شبیه به لانه موریانه است.	شکل	سطح ارگانسیم (تقلید یک موجود زنده)
ساختمان از همان ماده لانه موریانه ساخته شده است؛ ماده ای که به عنوان مثال از اسکلت یا لایه بیرونی لانه موریانه تقلید می کند.	مواد	
ساختمان به همان شیوه لانه موریانه ساخته شده است؛ برای مثال چرخه های رشد مرحله ای مختلفی را طی می کند.	ساختار	
این ساختمان مانند لانه های موریانه های منفرد عمل می کند؛ مثلاً هیدروژن را از طریق متازنومیک تولید می کند.	فرایند	
عملکرد ساختمان تنها محدود به تأمین سرپناه نیست و به عنوان مثال مانند لانه موریانه ضایعات سلولز را بازیافت و خاک ایجاد می کند.	عملکرد	سطح رفتار (تقلید نحوه رفتار یا ارتباط یک موجود زنده با زمینه بزرگ تر خود)
ساختمان نمونه ای کپی برداری شده از شکل لانه موریانه است.	شکل	
ساختمان از همان مصالحی ساخته شده است که موریانه با آن لانه می سازد؛ به عنوان مثال از خاک های ریزدانه (مانند خاک ریز هضم شده در لانه موریانه) به عنوان ماده اولیه استفاده شود.	مواد	
ساختمان از نظر مکانی و زمانی به همان شکلی ساخته شده است که موریانه آن را می سازد (با انباشتن زمین در مکان های خاص در زمان های خاص).	ساختار	
این ساختمان به همان شیوه ای عمل می کند که یک تپه موریانه از نظر جهت گیری دقیق، شکل، انتخاب مواد و تهویه طبیعی انجام می دهد.	فرایند	سطح اکوسیستم (تقلید یک اکوسیستم)
ساختمان به همان شیوه ای عمل می کند که اگر توسط موریانه ها ساخته می شد همان عملکرد را داشت؛ برای مثال شرایط داخلی به گونه ای تنظیم شود که از نظر حرارتی پایدار باشد.	عملکرد	
این ساختمان شبیه به یک اکوسیستم ساخته شود آن گونه که حیات موریانه ها در لانه امکان پذیر می گردد.	شکل	
این ساختمان از همان موادی ساخته شده است که اکوسیستم موریانه از آن ساخته شده است؛ به عنوان مثال ترکیبات معمولی طبیعی مانند آب نقشی مهم در تأمین مواد اولیه و محیط شیمیایی ساختمان داشته باشد.	مواد	
ساختار ساختمان به همان روشی که یک اکوسیستم موریانه گردآوری و مونتاژ می شود، شکل بگیرد مانند استفاده از اصول جانشینی و افزایش پیچیدگی در طول زمان.	ساختار	فرایند
ساختمان مانند اکوسیستم موریانه عمل کند؛ به عنوان مثال انرژی خورشید را جذب، تبدیل و از آن مثلاً برای ذخیره آب استفاده نماید.	فرایند	
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 چرخه های هیدرولوژیکی، کربن، نیتروژن و ... به روشی مشابه یک اکوسیستم عمل کند.	عملکرد	

معمول ندارد و توانسته آسایش طبیعی را با این حجم از پیچیدگی با سیستم هایی از جریان همرفتی ایجاد کند. میک پیرس به عنوان یک مشاهده گر توانمند از سیستم تهویه ای مشابه به سیستم تهویه لانه موریانه ها الهام گرفته است. دودکش های بلندی در این سازه وجود دارد که از طریق دریچه هایی 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 بدنه آن از طریق این دریچه ها وارد دودکش های بلند شده و باعث تبادل و تعدیل دمای هوای ساختمان های بلند می شود.

مرکز ایست گیت یک مرکز خرید و بلوک اداری در شهر هرا، پایتخت زیمبابوه، توسط میک پیرس طراحی شده است. این مرکز دارای ۵۶۰۰ مترمربع فضای خرده فروشی 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 می کند. ایست گیت نمونه ای بسیار موفق در شبیه سازی الگوهای زیستی محسوب می شود. این مجموعه، سیستم تهویه مطبوع یا گرمایش



شکل ۳. مرکز ایست گیت در هاراره، زیمبابوه

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

تا موجودیت اکوسیستم‌های ارزشمند شهری به‌شدت مورد تهدید قرار گیرد، این شرایط به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بیشتر دیده می‌شود (Zari, 2007).

با صرف‌نظر از تأمین مواد غذایی و مواد اولیه، بیشتر خدمات اکوسیستمی در محیط‌های شهری طی شصت سال گذشته کاهش یافته است، خدماتی که جایگزینی آن‌ها با فناوری فعلی 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 علاوه بر اهداف متعارف طراحی (ایجاد سرپناه، دسترسی، تأمین انرژی و ...)، در خدمت دستیابی به اصول شهر پایدار باشند (Zari, 2021).

پیشینه پژوهش

ورنر ناختیگال^۳ را می‌توان از اولین کسانی دانست که در زمینه 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

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^۱ و ترنر^۲ 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 انسان‌شناسانه است (مثنوی، ۱۳۹۶).

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 وسیله محیط ساخته شده پشتیبانی، ادغام یا شبیه‌سازی شوند. بسیاری از این خدمات مانند چرخه مواد مغذی، چرخه کربن، تنظیم آفات و گرده‌افشانی نقش مهمی در بهره‌بری پایدار از زمین دارند. رشد شهر و شهرنشینی باعث شده

1. Fischer

2. Turner

3. Werner Nachtigall

مبانی تکنولوژی مبتنی بر طبیعت پرداخته است.

در ارتباط با سنجش و ارزیابی های زیست محیطی شهر در جهان، اولین سیستم ارزیابی راهبردی محیط زیستی در سال ۱۹۶۹ در قانون خط مشی محیط زیستی ایالات متحده آمریکا تدوین شد که براساس آن انجام ارزیابی محیط زیستی برای پروژه های بزرگ مقیاس دولت های فدرال الزامی گردید، پروژه هایی که بر کیفیت محیط زیست انسانی، تأثیرات عمده ای را برجای می گذارند. اگرچه اجرای ارزیابی راهبردی محیط زیستی در آمریکا از سال ۱۹۶۹ آغاز شده است اما این رهیافت محصول دهه های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ می باشد (پرک، ۱۳۹۶).

در ایران تا به امروز پژوهش های فراوانی در زمینه سنجش کیفیت و پایداری محیط زیست شهری، شاخص های توسعه پایدار شهری و شهر پایدار انجام شده است که از آن جمله می توان به پژوهش هایی مانند ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر تهران (طیبیان و فریادی، ۱۳۹۳) اشاره کرد. اگرچه این مدل ها از کامل ترین و منطقی ترین مجموعه های شاخص های ارزیابی پایداری در ایران به شمار می روند؛ ولی به نظر می رسد جایگاه آن در مراحل تدوین و تصویب برنامه های توسعه مشخص نشده است. (پریور و فریادی، ۱۳۹۲).

در کتاب طراحی با طبیعت اثر ایان مک هارگ^{۱۱} با ارائه رویکردی نوین تصورات متخصصان رشته های مختلف را در توجه به منابع طبیعی و فضای سبز تغییر داده است. در این رویکرد، از روی هم گذاری نقشه های مختلف در راستای تعیین نقاط مناسب توسعه و محدوده هایی استفاده می شود که نباید در آن توسعه ایجاد کرد. این روش، پایه سیستم مطالعات جغرافیایی است که اکنون یکی از مهم ترین بازارها در تحلیل های چندمعیاره در برنامه ریزی است. در کنفرانس بین المللی حفظ میراث طبیعی در اروپا که با عنوان به سوی یک شبکه زیست محیطی و بوم شناسی /روپایی که در ماستریخت و به سال ۱۹۹۳ برگزار شد، گراهام بنت^{۱۲} نیاز به چارچوبی عملیاتی را برای هدایت اجرای استراتژی در حفاظت از طبیعت اروپا پیشنهاد کرد. این چارچوب نشان دهنده آن بود که مفهوم شبکه بوم شناسی به عنوان ابزاری برای رسیدن به این مهم اهمیت دارد. در این شبکه، هرچه لکه ها و کوردیدورها از نظر اندازه وسیع تر باشند، عملکرد شبکه به لحاظ زیست محیطی بهتر خواهد بود و هرچه به هم نزدیک تر باشند، کارایی بیشتری خواهند داشت (نصرآزادانی، ۱۳۹۳).

در رابطه با پژوهش های انجام شده در زمینه خدمات

معماری معرفی نموده است (میرحسینی، ۱۳۹۹). جنین بنیوس^۱ بنیانگذار مؤسسه شبیه سازی الگوهای زیستی^۲ در ایالات متحده آمریکا، مؤلف چندین جلد کتاب در زمینه علم زیستارشناسی و مبدع واژه شبیه سازی الگوهای زیستی است. از نظر وی، شبیه سازی الگوهای زیستی فقط تقلید از طبیعت نیست بلکه طبیعت معلم و معیاری برای سنجش نوآوری است (Benyus, 2002).

در بسیاری از منابع زیستارشناسی، فرم اولین منبع الهام از طبیعت معرفی شده است. در این راستا آلدرسی- ویلیامز^۳ و فورشتاین^۴ در آثار خود مجموعه های از ساختارها با فرم و ریخت طبیعی را در محدوده مکانی و زمانی خود معرفی و به تصویر کشیده اند. با گذشت زمان، صاحب نظران علوم مختلف از این دانش ها برای حل مسائل انسانی استفاده کرده اند. از جمله شهرسازان و معمارانی که در این زمینه به پژوهش و انتشار اثر پرداخته اند، می توان از کریستوفر الکساندر^۵، پترا گروبر^۶، ایالریا مازولنی^۷ و مایکل پاولین^۸ نام برد. الکساندر به تبیین سرشت نظم و ساختارهای زنده در شهرسازی و معماری می پردازد. گروبر نیز در دانشگاه تکنیک وین به تبیین رابطه علم زیستارشناسی و سکونتگاه های انسانی و تفسیر معیارهای حیات پرداخته است. مازولنی اما با ارائه مثال هایی نحوه کاربرد زیستارشناسی در یکی از اجزای سکونتگاه های انسانی (پوسته ساختمان) را تبیین می کند. پاولین نیز به معرفی روش های طراحی زیستارشناختی شامل مسئله محور و ارائه مثال هایی از کاربرد آن در معماری می پردازد. در راستای همین موضوع، پورتوگزی^۹ و آلیور^{۱۰} در آثار خود مجموعه ای از تصاویر زیستگاه های انسانی بومی و سنت های ساخت و ساز در سراسر دنیا را ارائه کرده اند که برگرفته از ساختارهای طبیعی پیرامون خود بوده است (میرحسینی، ۱۳۹۹).

پژوهش های مرتبط با شبیه سازی الگوهای زیستی و زیستارشناسی در منابع فارسی به واسطه نوظهور بودن موضوع، اندکی تهیدست است. از مهم ترین منابع فارسی مرتبط می توان به رساله دکتری محمودی نژاد و فیض آبادی در دانشگاه تربیت مدرس اشاره کرد. در این پژوهش ها محمودی نژاد به تبیین مبانی آموزش خلاقیت در دانش زیستارشناسی و فیض آبادی به تبیین

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

11. Ian McHarg

12. Graham Bennett

سنجش میزان خدمات اکوسیستم‌های شهری و جایگاه روش‌های کمی و مطالعات فضایی در تخصیص فضا برای بازآفرینی اکوسیستم‌های شهری مورد بررسی قرار گرفته است.

خدمات اکوسیستمی و محیط‌های شهری

به‌طور کلی خدمات اکوسیستم به چهار گروه اصلی تقسیم می‌شود:

۱. خدمات تأمین‌کننده^۹ ۲. خدمات تنظیم‌کننده^{۱۰} ۳. خدمات فرهنگی^{۱۱} ۴. خدمات پشتیبان یا وابسته به زیستگاه^{۱۲}. 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). خروجی‌های غیرمادی اکوسیستم‌ها مانند تجربیات معنوی، تفریحی، حس زیبانشناختی یا حس مکان در دسته خدمات اکوسیستم فرهنگی جای می‌گیرند و سرانجام خدمات پشتیبان اکوسیستم شامل عملکردهای بوم‌شناختی برای تولیدات نهایی اکوسیستم تعریف می‌شود که در برگرفته زیستگاه گونه‌ها و مراقبت از تنوع ژنتیکی است (مثنوی، ۱۳۹۶). جدول ۲، این خدمات اکوسیستمی را بر تمرکز بر زمینه طراحی شهری ارائه نموده است.

اکوسیستم، از زمان انتشار آثار و فعالیت‌های دگوروت^۱ (۱۹۹۲)، دیلی^۲ (۱۹۹۷) و کوستانزا^۳ (۱۹۹۷) پژوهش پیرامون خدمات اکوسیستم رشد قابل‌توجهی یافت. ارزیابی اکوسیستم هزاره^۴، برنامه ابتکاری اقتصاد اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی^۵ و نشست بین دولتی در تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم^۶ 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^۷ جایگاه ویژه‌ای دارند. از جمله مقالات پیش‌تاز در خصوص خدمات اکوسیستم می‌توان به مطالعه بلوند و هانهمر^۸ (۱۹۹۹) اشاره کرد که منجر به گسترش مفهوم خدمات اکوسیستم شهری در ابعاد فضایی، زمانی، ارزشی و کاربردی آن شده است (عبادی، ۱۳۹۷).

روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع و هدف، تحلیلی-توصیفی و به لحاظ روش از تحلیل هم‌واژگانی 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

9. Provisioning Services

10. Regulating Services

11. Cultural Services

12. Habitat or Supporting Services

1. De Groot

2. Daily

3. Costanza

4. MEA, 2005

5. TEEB, 2010

6. The Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services

7. Common International Classification of Ecosystem Services

8. Bolund & Hunhammar

جدول ۲. خدمات اکوسیستمی مؤثر در طراحی در بافت شهری

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

جدول ۳، نشان می دهد که انتخاب راهبردها یا فناوری های لازم تا چه اندازه می تواند بر افزایش بهره مندی از خدمات اکوسیستم تأثیر می گذارد. آنچه از این جدول می توان استنباط کرد این است که اتخاذ راهبردها و استفاده از فناوری ها باید براساس کاهش تمرکز بر مطالعات کمی رایج و افزایش تقلید از خدمات اکوسیستم در مناطق شهری صورت گیرد.

نکته بسیار مهم در ایجاد تغییرات بنیادین در محیط های شهری سیاست ها، راهبردها و برخورداری از فناوری های 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 ویژگی های بوم شناختی به یک بافت محیطی باشد (Zari, 2021). همان طور که اشاره گردید لازمه درک عملکرد اکوسیستم های شهری، شناخت ارتباط خدمات اکوسیستم است.

جدول ۳- الف. انتخاب راهبردها/فناوری های طراحی برای افزایش خدمات اکوسیستم

تأمین مواد غذایی و بیوشیمیایی	- رشد مواد غذایی در زمین های دولتی و خصوصی - توسعه کمربندهای تولید مواد غذایی در حوالی شهری - افزایش عملکرد تکنیک های رشد مواد غذایی تجدید پذیر - تهیه مواد غذایی / کشاورزی عمودی - کاهش صادرات مواد غذایی
مواد اولیه	- کشاورزی/جنگلداری شهری - پشت بام های سبز فشرده - بوم شناسی صنعتی (طراحی برای بازیافت)
ارائه خدمات	- بهره وری در مصرف انرژی (رفتار و فناوری) - توسعه سامانه های غیرفعال خورشیدی - جایگزینی منابع سوخت فسیلی با منابع تجدید پذیر - توسعه ساختار یکپارچه تولید برق تجدید پذیر
انرژی/سوخت	- کاهش تقاضای آب (رفتار و کارایی) - بازیافت و تصفیه آب در محل
آب شیرین	- بازگشت آب فاضلاب تمیز به منبع اصلی (در صورت امکان) - توسعه مخازن برداشت آب باران (جمع آوری/تولید منابع آب جایگزین - طراحی شهری حساس به آب (زیرساخت سبز) - مهار، تصفیه و ذخیره رواناب ها در محیط های طبیعی (جنگل، تالاب و ...)

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

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

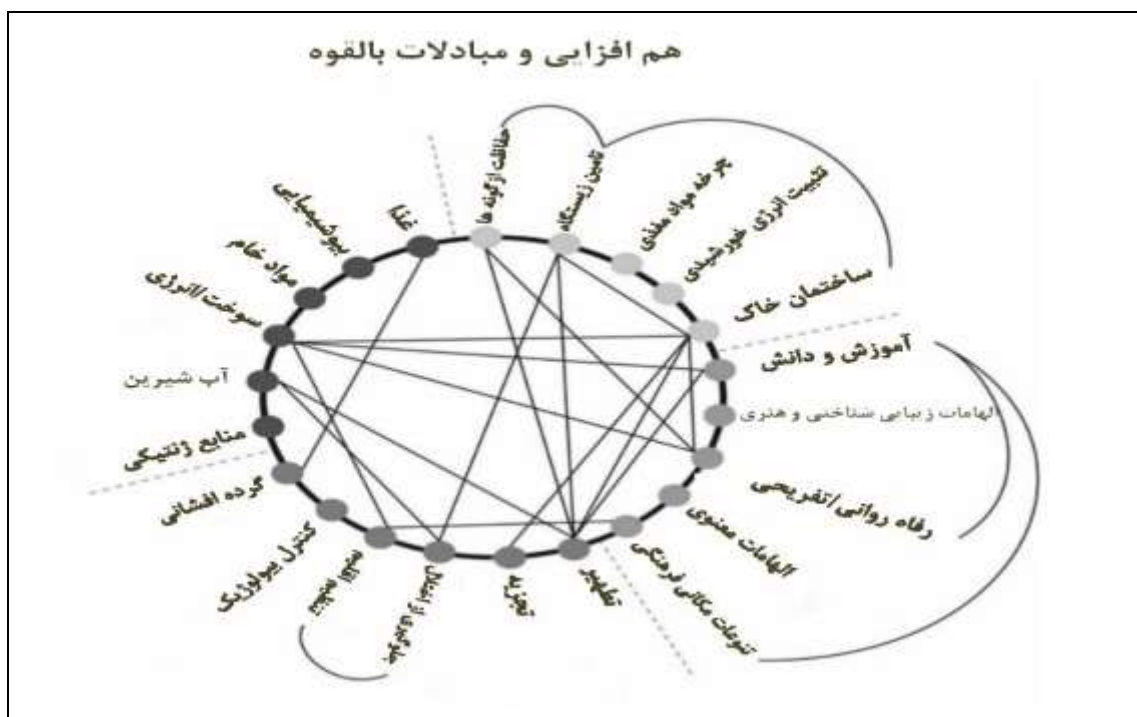
و دست کاشت و فضاهای آبی، خدماتی همچون تصفیه هوا، تنظیم جریان‌های هیدرولوژیک، تعدیل خرده اقلیم‌های شهری و ترسیب کربن را ارائه می‌کنند، اما نکته بسیار مهم همانا مداخلات و نقشی است که این عناصر می‌توانند به شکل مؤثری در طراحی شهری ایفاء نموده تا فرصت‌های جدیدی را برای انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی، افزایش رفاه شهرنشینان، زیرساخت‌های سبز یا زیرساخت‌های ترکیبی سبز/خاکستری فراهم سازند. از طرف دیگر طراحی شهری مبتنی بر خدمات اکوسیستم می‌تواند منجر به کاهش یا معکوس کردن تأثیرات منفی محیط‌های شهری بر اکوسیستم‌ها و کاهش فشار بر آن‌ها گردد. این استراتژی به‌عنوان یکی از اهداف مهم برنامه توسعه پایدار

بسیاری از موضوع‌هایی که در رابطه با مفهوم خدمات اکوسیستم به آن پرداخته می‌شود، در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد و به‌وسیله توسعه 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 قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. در کلی‌ترین وضعیت می‌توان انتظار داشت که این اکوسیستم‌ها در قالب پارک‌ها و فضاهای سبز، جنگل‌های طبیعی

است و مقیاس منطقه‌ای شامل مناطق شهری است. این تنوع مقیاس، باعث بکارگیری 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 مطالعه 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.

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



شکل ۴. روابط بین خدمات اکوسیستم

مأخذ: Zari, 2021

آگاهی‌های مردم محلی و یا دانش بوم‌شناسان می‌تواند در تعیین سلسله‌مراتب اهمیت خدمات اکوسیستم و انتخاب راهبرد مطلوب نقشی مهم ایفا کند. نخستین اقدام برای بهبود خدمات اکوسیستم، شناسایی یک نقطه شروع قابل سنجش در بازسازی اکوسیستم‌های موجود است. گام بعدی اقدام در جهت ارائه مجدد خدماتی است که به واسطه تخریب ناشی از شهرسازی از

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 شهری خاص مناسب‌تر است. در این راستا زمینه‌یابی با استفاده از

مبتنی بر خدمات اکوسیستم به کمک مشارکت ذی‌نفعان صورت خواهد گرفت (عبادی قاجاری، ۱۳۹۷). 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؟
- 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؟

بین رفته‌اند. از این مرحله به بعد، بکارگیری 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 محیط زیست 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^۱ (IES)، روش زیرساخت سبز^۲ (GI) و روش تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستم^۳ (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 بر خدمات اکوسیستم ضرورتی که باید مورد توجه 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 ذی‌نفعان 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 رسمی 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

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

- آیا سیاست های اولویت بندی شده در ارتباط با توسعه شهری، واقع بینانه، امکان پذیر، قابل قبول و منسجم هستند؟
- آیا ظرفیت های 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 ذی نفعان به اشتراک گذاشته خواهد شد؟ (Kosmus, 2016).

مرحله پنجم: ارزیابی تصمیم گیری

- فرصت ها و تهدیدهای مرتبط با خدمات اکوسیستم در برنامه های توسعه شهری کدامند؟
- آیا ارزش گذاری اقتصادی می تواند مفید باشد و اگر هست باید چه چیزی را پوشش دهد؟
- کدام یک از انواع سیاست گذاری برای استفاده از خدمات اکوسیستم و کاهش تهدیدات مناسب تر هستند؟
- چه تجربیاتی (مثبت/ منفی) در ارتباط با اجرای برنامه های و بکارگیری سازوکارهای خاص در منطقه وجود دارد؟

مرحله ششم: اجرای تغییر



شکل ۵. مراحل شش گانه روش یکپارچه سازی خدمات اکوسیستم (IES)

مأخذ: Kosmus, 2016

بربگیرد. کمیسیون اروپا زیرساخت سبز را یک شبکه برنامه ریزی شده راهبردی از مناطق طبیعی و نیمه طبیعی همراه با سایر ویژگی های زیست محیطی تعریف کرده که برای ارائه طیف گسترده ای از خدمات اکوسیستمی در محیط های روستایی و شهری طراحی و مدیریت می شود. از نظر آژانس کانتری ساید^۱ بریتانیا زیرساخت سبز شامل ارائه شبکه های برنامه ریزی شده از فضاهای سبز چندمنظوره است که به حفاظت از زیستگاه های طبیعی و تنوع زیستی کمک کرده، پاسخ به تغییرات آب و هوا و سایر تغییرات زیست کره را امکان پذیر می کند، شیوه های زندگی پایدارتر و سالم تر را ایجاد می کند، زندگی و رفاه شهری را افزایش داده و دسترسی به منابع کلیدی را بهبود می بخشد (Zari, 2021). علاوه بر این، با توجه به اهمیت و ضرورت مفهوم زیرساخت سبز در دسترسی، سلامت، آلودگی هوا و کیفیت زندگی شهری و ...، این مفهوم به طور گسترده ای در برنامه ریزی 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.

روش زیرساخت سبز (GI)

یکی از مهم ترین چالش های رشد شهری در دنیای معاصر فقدان پیوستگی میان اجزاء زیرساخت های سبز در شهرها است. زیرساخت های سبز از طریق یکپارچگی با محیط شهری، ایجاد باغ های شهری، تأمین زیستگاه حیوانات وحشی و ایجاد برکه ها و دالان های طبیعی و مصنوعی، نقشی اساسی در تعریف رشد شهری دارند. در سطح سرزمینی، زیرساخت سبز به عنوان یک کریدور سبز با تنوع زیاد تعریف می شود در حالی که در سطح شهری به عنوان شبکه ای از مداخلات راهبردی، طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی را برای شهروندان فراهم می کند و دارای اهمیت بوم شناختی زیادی است. این زیرساخت ها شامل انواع اکوسیستم های طبیعی، بومی و گونه های منظر است که نظامی متشکل از پارک ها و فضاهای باز، سطوح آب، باغ ها و خانه باغ ها، بام ها و دیوارهای سبز و ... ایجاد می کند (معتقد، ۱۴۰۱).

از زیرساخت سبز تعاریف متعددی ارائه شده است؛ آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا آن را مداخله ای مهندسی شده می داند که در آن از پوشش گیاهی، خاک و فرایندهای طبیعی برای مدیریت آب و ایجاد محیط های سالم برای مردم استفاده می شود. در این تعریف زیرساخت سبز می تواند از نظر مقیاس نمونه های کوچکی مانند باغ ها و بام های سبز را شامل شده و یا راهبردهای برنامه ریزی منطقه ای را نیز در

1. Countryside

جدول ۴. تحولات در مفهوم زیرساخت سبز طی ۲۱ سال گذشته

بازه‌های زمانی	تحولات زیرساخت سبز
۲۰۰۶-۲۰۰۰	- رابطه معقول و پایدار میان انسان، شهر و طبیعت - سرآغاز توجه به مفاهیمی همچون شبکه‌های بوم‌شناسی - فضاهای سبز شهری به توجه به نقش فضاهای سبز شهری عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های سبز در شهرها - کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری از طریق فضاهای سبز شهری - تأکید بر نقش اجتماعی زیرساخت سبز علاوه بر نقش بوم‌شناختی آن - حمایت از فعالیت‌ها و فرایندهای بوم‌شناختی و اجتماعی
۲۰۱۱-۲۰۰۷	- توجه به فضاهای طبیعی به عنوان یکی از عناصر مهم و باقیمانده زیستگاه‌های شهری - توجه به عناصر، کارکردها و مزایای متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فضاهای طبیعی - ضرورت مداخلات جدید در الگوهای موجود شهری - توجه به موضوع ارزش اقتصادی زیرساخت سبز
۲۰۱۳-۲۰۱۲	- استفاده از بهترین روش برای جلوگیری و کاهش اثرات مخرب تغییرات اقلیمی با توجه به ارزش اقتصادی زیرساخت سبز - تأکید بر سیستمی بودن زیرساخت سبز
۲۰۱۷-۲۰۱۴	- توجه به مفاهیم تاب‌آوری شهری و ارتباط آن با مفاهیم ساختار سبز - نقش زیرساخت سبز در سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری - توجه به نقش فضاهای سبز موجود در شهرها به عناصر مهم برنامه‌ریزی برای مدیریت خطرات احتمالی همچون سیل، طوفان، زلزله و ... - ساخت بام‌های سبز و کاهش میزان مصرف انرژی در ساختمان - استفاده از انرژی کمتر برای مدیریت آب - نقش زیرساخت سبز در حفاظت یا احیاء طبیعی (سبز) رودخانه‌های شهری - زیرساخت به عنوان یک استراتژی کلی برای کمک برای مردم و جوامع در مقابل تأثیرات آب‌وهوایی - توجه فزاینده برای مسئله شبکه‌های سبز
۲۰۲۱-۲۰۱۸	- شبکه سبز شهری شامل فضاهای عمومی و مناطق و مناطق تحت مالکیت خصوصی - نقش شبکه‌های سبز برای افزایش پیوستگی فضاهای طبیعی شهری و در نتیجه آن ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری - طراحی و مدل‌سازی شبکه‌ای حفاظتی از انواع کریدورهای زیست‌محیطی - اتصال و افزایش کارکردهای شبکه‌های سبز شهری - چندمنظوره بودن مزایای ارائه شده شبکه سبز شهری

مأخذ: معتقد، ۷۷:۱۴۰۱ (با اندکی تغییر)

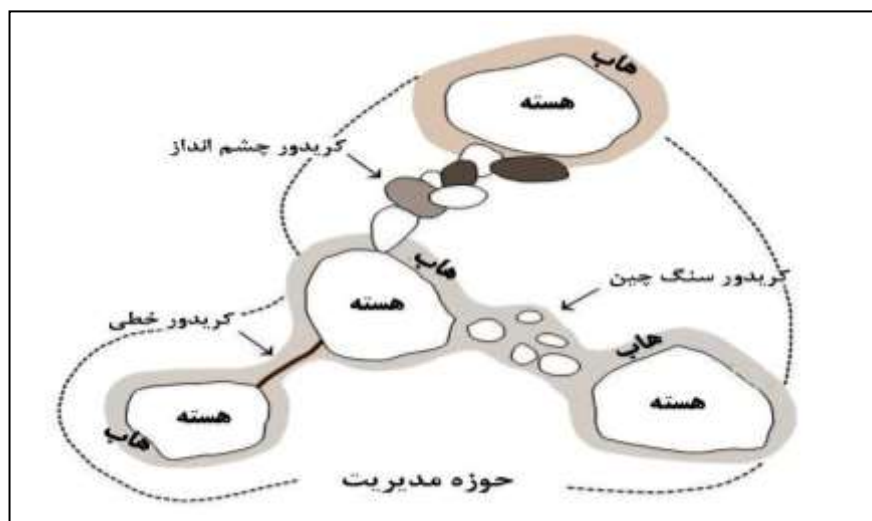
تعریفی واحد از شبکه سبز شهری را پدید می‌آورند؛ یعنی شبکه‌ای متصل که براساس اصول بوم‌شناختی بنا شده است. این شبکه چندمنظوره در چارچوب رویکرد زیرساخت سبز شهری، مجموعه‌ای از ویژگی‌های طبیعی شهر و سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی است که از زندگی شهروندان و منابع بوم‌شناختی شهر حمایت می‌کند (Zari, 2021).

رویکرد زیرساخت سبز، برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیرندگان و طراحان شهری را قادر می‌سازد تا در زمینه 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 جامعه 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

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 به عنوان شبکه‌های سبز برای ارائه خدمات اکوسیستمی ضروری است (معتقد، ۱۴۰۱). 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 به عنوان 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. هر یک از این بخش‌ها در ارتباطی به هم پیوسته،

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 عبارتند از: ۱. انتخاب محیط یا محل‌های مناسب ۲. شناخت محیط از طریق جمع‌آوری اطلاعات محلی بوم‌شناسان و مطالعات کتابخانه‌ای ۳. ارائه برنامه به هیئت‌های اجرایی ۴. تصویب و اجرای برنامه با حداکثر ملاحظات زیست‌محیطی ۵. ارزیابی و پایش مدیریت چشم‌انداز (عبادی قاجاری، ۱۳۹۷).



شکل ۶. مدل مفهومی یک شبکه زیرساخت شهری

مأخذ: Maier, 2014

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).

ESA ابزاری مؤثر در ارزیابی میزان پشتیبانی یا توان تولید خدمات اکوسیستم نیز به شمار می‌رود. این روش می‌تواند از طریق مقایسه 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 گستره بوم‌شناختی است که قبل از توسعه شهری بر

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 فراهم‌کننده زیستگاه‌های ضروری 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

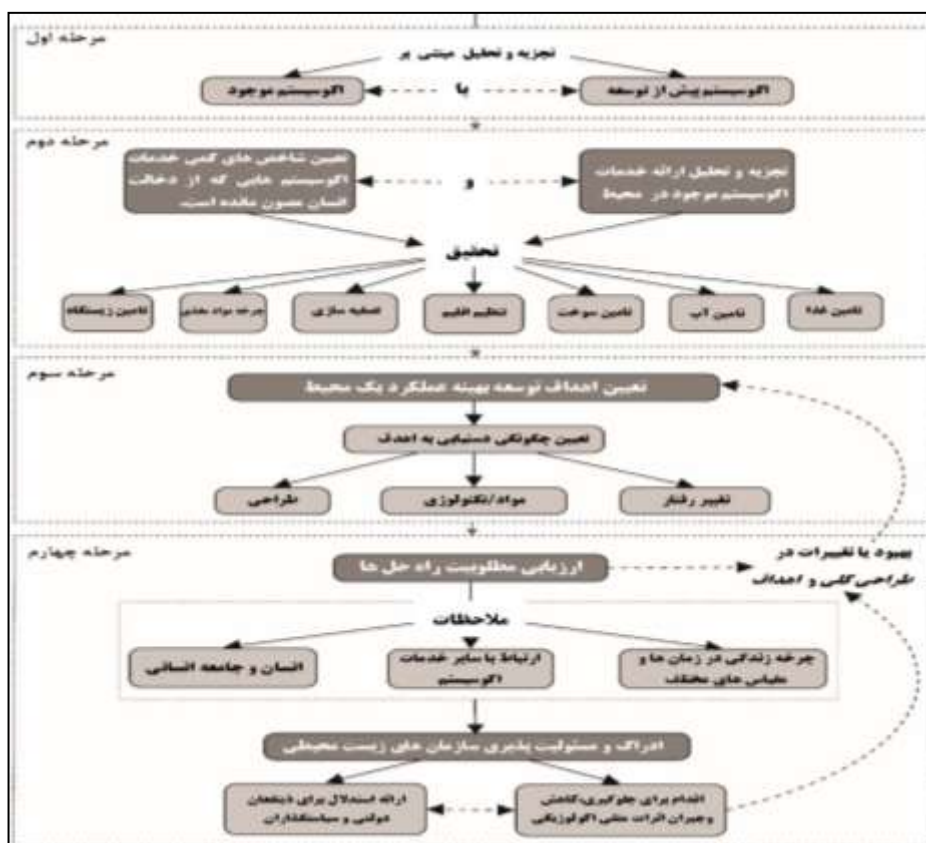
می‌توان انتظار داشت که اجرای روش زیرساخت سبز در طراحی شهری تأثیرات مثبتی بر کالبد شهر و پیکره زیستی آن بر جای گذارد؛ ایجاد جامعه سالم و شاد، تعدیل اثرات جزیره گرمایی، کاهش غبار و آلاینده‌ها، افزایش تنوع زیستی، افزایش رفاه و سلامت شهروندان، افزایش تعاملات اجتماعی فرهنگی، جذابیت بیشتر برای سرمایه‌گذاری 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 قابل اندازه‌گیری 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

بوم‌شناختی، نقشه‌های ایجاد شده در دوره‌های زمانی مختلف، مشاهدات مستقیم، مصاحبه با بوم‌شناسان، 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).

محیط حاکم بوده است. پس از آن در مراحل دوم و سوم، شاخص‌های کمی و قابل اندازه‌گیری 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). مطالعه پیشینه



شکل ۷. چارچوب تحلیل خدمات اکوسیستم برای خانه یا شهر

مأخذ: Zari, 2017

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

مرحله دوم: تعیین خدمات اکوسیستمی موجود برای توسعه شهری پیش از دخالت انسان	
شاخص‌ها و واحدها	فرایندها
- محاسبه مساحت کل محیط	- تعیین انواع پوشش زمین برای شرایط قبل از توسعه با بررسی تاریخچه اکولوژیکی و/یا بررسی اکوسیستم‌های دست نخورده مجاور
- منطقه تحت پوشش جنگل، تالاب، دریاچه/ رودخانه، مرتع و غیره (هکتار)	- تعیین و تخمین پوشش زمین قبل از توسعه شهری
مرحله سوم: تعیین اهداف مبتنی بر خدمات اکوسیستم موجود در یک شهر در حال حاضر	
شاخص‌ها و واحدها	فرایندها
- محاسبه مساحت زیستگاه مناسب برای حیات وحش بومی باقی‌مانده	- منطقه تحت پوشش جنگل، تالاب، دریاچه/ رودخانه، مرتع و غیره (هکتار)
مرحله 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
- تعیین پوشش گیاهی اضافی لازم برای افزایش تنوع زیستی و سلامت گونه‌ها	- تعیین پوشش گیاهی اضافی لازم برای افزایش تنوع زیستی و سلامت گونه‌ها
توجه: تجزیه و تحلیل فضایی در احیاء و بازسازی باید با در نظر گرفتن آستانه فروپاشی و ظرفیت تحمل صورت پذیرد.	

مطالعات فضایی

علاوه بر اولویت بندی در تخصیص فضا برای بازآفرینی یا حفظ زیستگاه های شهری، نیاز به تعیین اهداف خاص برای تأمین زیستگاه و پتانسیل های آن نیز اهمیت زیادی دارد که این مهم از طریق استفاده از مدل های رقومی و نقشه های سه بعدی سطح زمین صورت می پذیرد؛ این نقشه ها 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 نقشه ها باید به خوبی طراحی شده، منطقی، واضح و قابل فهم بوده تا به خوبی بتوانند منعکس کننده تمام این پیچیدگی ها باشد (سجادی قائم مقامی و سیاح نیا، ۱۴۰۰). چنین نقشه هایی نشان

می دهند که کدام مناطق از شهرها در ارائه خدمات اکوسیستم وضعیت مطلوب تری دارند و یا در چه مناطقی می توانند همپوشانی داشته باشند. این نقشه ها در نشان دادن نیاز به اتخاذ یک رویکرد کل نگر برای ارائه خدمات اکوسیستمی در شهرها بسیار مؤثرند و مقیاس و مکان بالقوه مداخلات مورد نیاز برای شروع فرایند بازسازی اکوسیستم ها را مشخص می کنند. چنین نقشه هایی نشان می دهند که مناطق اصلی تضاد ارائه خدمات اکوسیستمی از نظر نوع پوشش زمین و مدیریت کجا رخ می دهد و اینکه که کدام بخش از شهرها احتمالاً از نظر ارائه خدمات اکوسیستمی در آینده از نظر راهبردی مهم تر هستند (جدول ۶).

جدول ۶. اولویت بندی مناطقی که باید به تأمین زیستگاه شهری اختصاص داده شوند

حفظ و گسترش جنگل های بومی یا دیگر مناطق زیستگاه اولیه
اصلاح بخش های رو به نابودی جنگل های بومی یا دیگر مناطق زیستگاه اولیه
تمرکز بر انواع زمین هایی که از طریق جانشینی مدیریت شده یا طبیعی به سمت همپوشانی با زیستگاه بومی می روند
پوشش گیاهی مجدد و مدیریت فلور بومی در مناطق تحت پوشش گونه های گیاهی مهاجم
مناطق تحت پوشش جوامع گیاهی متنوع از جمله درختان بالغ با تاج پوشش بزرگ
مناطق ساحلی، کرانه دریاچه ها، مناطق ساحلی، راه های سیلابی، تالاب ها و باتلاق ها
مناطق خنک تر (دامنه های جنوبی و دامنه های شمالی در نیمکره شمالی) به عنوان یک معیار سازگاری با تغییرات اقلیمی
نواحی نزدیک به مناطق قهوه ای، مناطق صنعتی متروکه و جاده های اصلی
حیاط خلوت مالکیت های خصوصی، یام سبز و تالاب های مصنوعی - مناطق دور از سکونت انسانی

بحث و نتیجه گیری

امروزه رشد روزافزون شهرنشینی در جهان باعث بروز مسائل و مشکلات زیست محیطی در شهرها شده و رفاه شهروندان را با چالش های متعددی مواجه ساخته است، از این رو شهرها باید به بازیگران کلیدی در تلاش برای حفظ و احیای اکوسیستم های شهری و خدمات آن ها تبدیل شوند. برنامه ریزان و سیاستگذاران شهری در پی یافتن راه حل هایی برای تعدیل معضلات زیست محیطی شهرها بوده اند. اما بیشتر بر رهیافت ها و روش های کمی و فناوریانه تمرکز داشته اند. هدف معماری و طراحی شهری پایدار ایجاد یا مقاوم سازی شهرها به گونه ای است که از رفاه مردم و جامعه حمایت کند و با توجه به نقش اثرگذار اکوسیستم های شهری و خدمات آن ها، بازسازی خدمات اکوسیستم شهری باید در سیاست گذاری و طراحی برای ایجاد مناطق شهری با پایداری بالا مورد توجه قرار گیرد. برای دستیابی به این هدف، روش های طراحی شهری مورد نیاز است که شهرها را قادر سازد خدمات اکوسیستمی را در حجم بیشتری تولید کنند. برای مؤثرتر کردن این روش ها درک چگونگی ارتباط خدمات اکوسیستم حیاتی است. بدین منظور شبیه سازی الگوهای زیستی به عنوان یک زمینه مطالعاتی در حال رشد در معماری و طراحی شهری، ضمن ارائه راهکارهای جدید و الهام بخش، امکان پایداری در محیط

شهری را فراهم می کند. شبیه سازی الگوهای زیستی می تواند با تطبیق پذیری، شبیه سازی و بهینه سازی در سازه های معماری تا حد زیادی توان دستیابی به اصول طراحی پایدار شهری را افزایش می دهد. الگوهای شبیه سازی زیستی می توانند با هدف طراحی سیستم های هوشمند و مدیریت انرژی در ساختمان ها، طراحی سیستم های انرژی پایدار و کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی و گرمایش هوا و مقاومت در برابر آسیب های طبیعی به کار گرفته شوند. دستیابی به نتایج مورد انتظار در طراحی و معماری مبتنی بر شبیه سازی الگوهای زیستی به اصول مربوط به معماری پایدار بستگی دارد. بدین معنا که از یک طرف معماری باید در یک همزیستی مسألت آمیز در جهت حفظ طبیعت گام بردارد و از طرف دیگر طبیعت به عنوان منبع الهام در خدمت معماری پایدار مبتنی بر کیفیت منظر، مصرف انرژی، مدیریت اکوسیستم، بهداشت محیط و سلامت و آرامش ذی نفعان باشد.

در تجزیه و تحلیل مسائل مرتبط با شبیه سازی الگوهای زیستی در طراحی شهری و معماری با تأکید بر روابط میان خدمات اکوسیستم در این پژوهش، مشخص گردید که استفاده از روش های مبتنی بر شبیه سازی الگوهای زیستی، بدون درک روابط میان اکوسیستم های شهری، نتایج قابل قبولی در طراحی شهری به دنبال نخواهد داشت، ضمن آنکه اجرای روش های

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؛

✓ ایجاد تغییرات حاصل از بکارگیری 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.

✓ بهترین روش مواجهه با مشکلات زیست‌محیطی شهرها، اتکاء به راه‌حل‌های محلی است و راه‌حل‌های طبیعت مینا (خدمات اکوسیستمی) می‌توانند نقش مهمی در کاهش یا تعدیل مسائل زیست‌محیطی شهر ایفاء کنند؛

✓ سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان شهری با اتکاء به طراحی شهری می‌توانند از طریق معماری و یا فضای سبز به طرز قابل توجهی بر تولید خدمات اکوسیستمی اثر بگذارند.

✓ 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 دلیل روش‌های طراحی شهری باید در ارزیابی تعامل میان ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران شهری به کار 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.

✓ 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.

✓ 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.

مبتنی بر شبیه‌سازی الگوهای زیستی، بدون توجه به ویژگی‌ها و الگوهای رفتاری ذی‌نفعان و اتکای صرف به روش‌های کمی 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 پیشنهاد کرد:

✓ روش‌های طراحی باید شهرها را قادر سازد خدمات اکوسیستمی را در حجم بیشتری تولید کنند، از این‌رو برای مؤثرتر کردن این روش‌ها درک چگونگی ارتباطات موجود میان خدمات اکوسیستم حیاتی است؛

✓ شبیه‌سازی الگوهای زیستی به‌عنوان یک زمینه مطالعاتی 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؛

✓ 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 به کار گرفته شوند؛

✓ 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 مخرب زیست‌محیطی محدود

References

- Alami, B., & Majidi, M. (2021). 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), 97-113 No. 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 edition. <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 Efficient 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.
- Motaghd, 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. (2001). 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). 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>.