مجلهٔ منظر، ۱۵(۶۲)، ۵۴-۷۱ / بهار ۱۴۰۲
DOI: 10.22034/MANZAR.2023.356492.2204

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Analyzing and Developing Strategies for the Ecological Restoration of Urban Rivers in the Framework of Ecological Urbanism
در همین شمارهٔ مجله به چاپ رسیده است.

مقالهٔ پژوهشی

# تحلیل و تدوین راهبردهای بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک*

**ساناز حائری**
*دکتری معماری، پردیس بین‌الملل کیش، دانشگاه تهران، عضو هیئت علمی دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه شیراز، ایران.*

**محمدرضا مثنوی****
*استاد، عضو هیئت علمی دانشکدهٔ محیط زیست، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، ایران.*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۱ تاریخ قرارگیری روی سایت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۱

**چکیده|** درجهان معاصر با توسعهٔ شهریِ بی‌وقفه‌ای مواجه هستیم که با آسیب به اکوسیستم‌های طبیعی درون‌شهری، شرایط اکولوژیکی شهرها را دچار اختلال کرده است. رودخانه‌های درون‌شهری اکوسیستم‌های طبیعی هستند که ماهیت اکولوژیکی دارند و بر بهبود شرایط اکولوژیکی شهرها اثر می‌گذارند. چارچوب شهرسازی اکولوژیک بر تداوم ساختارهای اکولوژیکی اکوسیستم‌های طبیعی در شهرها تأکید می‌کند و در جهت بهسازی آنها برنامه‌ریزی کرده و راهبردهایی تدوین می‌نماید. این پژوهش در چارچوب شهرسازی اکولوژیک بر بهسازی اکوسیستم رودخانه‌های شهری متمرکز شده، با مرور ادبیات تحقیق به بررسی مبانی نظری شهرسازی اکولوژیک، ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌ها، آسیب‌های اکولوژیکی ناشی از توسعه‌های شهری و بهسازی رودخانه‌های شهری پرداخته می‌شود. سپس با روش قیاسی-استنتاجی، براساس منابع معتبر علمی، مبتنی‌بر نظر پژوهشگران، مؤلفه‌ها در جهت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری مبتنی‌بر فرایند استخراج می‌شود. در نهایت به روش استنتاجی، براساس مؤلفه‌های اکولوژیک، راهبردهایی در مقیاس کلان و خُردِ برنامه‌ریزی به منظور بهسازی مجدد و حفاظت از اکوسیستم رودخانه‌ها و کرانه‌ها و اراضی مجاور، افزایش انعطاف‌پذیری اکوسیستم رودخانه در مواجهه با اغتشاشات اقلیمی آینده و جلوگیری از تداخل انسانی در فرایندهای طبیعی تدوین می‌شود. شناخت دلایل اصلی تخریب اکوسیستم، حفاظت از سلامت رودخانه، بازیابی مجدد ژئومورفولوژی رودخانه در شهر، ایجاد واتصال شبکه‌های اکولوژیکی زیستی، ممانعت از ورود فاضلاب و روان‌آب آلودهٔ شهری، کنترل سیلاب با حفظ شرایط اکوسیستم رودخانه، برنامه‌ها و اقدامات بهسازی متناسب با توسعهٔ شهری، تغییر نگرش مردم در حفاظت رودخانه و محدودیت حضور شهروندان در حریم آن، راهبردهایی در مقیاس کلان برنامه‌ریزی و اجرایی هستند که به‌واسطهٔ راهبردهایی در مقیاس خُرد میسر می‌شوند تا در برنامه‌ریزی‌های توسعهٔ شهری، با شرایط مشابه، مورد استفاده قرار گیرند و شهرسازی اکولوژیکْ آیندهٔ شهرهای معاصر شود.

**واژگان کلیدی|** *اکولوژی، بهسازی اکولوژیک، شهرسازی اکولوژیک، رودخانه‌های شهری، توسعهٔ شهری.*

**مقدمه|** انقلاب صنعتی راه جدیدی را برای تبدیل انرژی و تولید کالا گشود و انسان را در ابعاد گسترده‌ای از وابستگی به اکوسیستم پیرامونش رهانید. انسان‌ها در پی گسترش شهرها به ساختار پوشش‌های گیاهی و جانوری و منابع آب و خاک آسیب بسیار وارد کرده، اکوسیستم‌ها مختل شدند تا کلان‌شهرها احداث شوند. در حقیقت آشوب زیست‌بومی انسان، امروزه بقای خود انسان را نیز به خطر انداخته است. تغییرات اقلیمی، گرمای زمین، مخاطرات محیطی زندگی بر روی زمین را برای نوع بشر نامساعد کرده و در نتیجه در آینده چالش پرفراز و نشیبی میان

** نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۱۰۴۶۰۹۴، masnavim@ut.ac.ir

انسان و محیط زیست برقرار می‌شود که ناشی از عملکرد ناصحیح انسان برای تسلط بر طبیعت در طی قرن‌هاست. محیط زیست تغییر می‌کند اما نابود نمی‌شود، لذا باید شیوهٔ مواجهه با محیط زیست را تغییر داد. علاوه‌بر این جمعیت جهان در حال رشد است و همگام با آن جریان مهاجرتی مداوم از مناطق روستایی به مناطق شهری نیز در حال افزایش است. این روند رشد در بسیاری از این شهرها آن‌قدر زیاد است که روش‌های مرسوم برنامه‌ریزی نمی‌توانند در برابر تحولات شدید و سریع آنها پاسخگو باشد. چالش شهرسازی اکولوژیک یافتن راهی برای پاسخگویی به این شرایط است. این‌گونه راهبردها تاریخچه‌های طولانی دارند که از ابتدای قرن بیستم با فعالیت‌های لوییس مامفورد[1] آغاز شده، او واضع نظریهٔ متروپلیتن و نظریهٔ جوهری در جغرافیای شهری است (مامفورد، ۱۳۹۷). او از پیروان پاتریک گدس است که پیشنهاد کرد برنامه‌ریزی شهرهای بزرگ بر پایهٔ رویکردی انسان‌دوستانه و طبیعت‌گرا (اکولوژیک) تنظیم شوند. همانند این رویکرد، نشهرسازی اکولوژیک» قابلیت ایجاد تحول در شاخصه‌های مؤثر در شکل‌گیری شهر مانند جغرافیا، جهت‌گیری، آب‌وهوا و آلودگی دارد (Mostafavi, 2013). اکولوژی شهری فرصتی فراهم می‌کند که دربارهٔ پیامدهای اجتماعی گسترده‌تر جنبش محیطی (ارتباط اجتماع و محیط) و پیامدهای احتمالی طولانی‌مدت برای درک ما از شهرها (ارتباط انسان با محیط) بیاندیشیم (Hodson & Marvin, 2013). اکولوژی شهری راهنمای شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری است تا سمت‌وسوی حرکت و توسعهٔ شهر را با برنامه‌های زیست‌محیطی هماهنگ کنند و به مطالعهٔ تعاملات پیچیده میان انسان‌ها و ساختمان‌هایشان با ارگانیسم‌های زندهٔ (عوامل طبیعی) دیگرِ ساکن در شهر می‌پردازد. دانشمندانی که اکولوژی به هم‌ریختهٔ شهرها را مورد مطالعه قرار می‌دهند، در واقع هدف اصلی‌شان یافتن بهترین راه‌حل برای تلفیق طبیعت در درون شهرهاست (مقدسی، ۱۳۹۵). یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد جغرافیایی در شهرها، رودخانه‌ها هستند. رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی، شکل‌گیری و گسترش شهرها، از جمله عناصر طبیعی محسوب می‌شوند که از آغاز پیدایش شهرها، با آنان همراه بوده و در نتیجه در استخوان‌بندی اصلی و ساختار شکلی شهرها نقش مهمی دارند. بسیاری از شهرهای بزرگ ایران (اصفهان، تبریز، و شیراز) و جهان (لندن، پاریس، لس‌آنجلس) چنین خصوصیتی دارند. حتی برخی رودخانه‌ها با آن‌که نقشی در مکانیابی هستهٔ اصلی شهر نداشته‌اند، در اثر رشد شهر، جزئی از آن شده‌اند. حفاظت و برنامه‌ریزی جهت استفادهٔ کارآمد و بهینه از جریان‌های آب و رودخانه‌های فصلی (به‌خصوص در مناطق گرم‌وخشک) بر مدیریت آب سیلاب‌های فصلی و تقویت منابع آب‌های زیرزمینی اثرگذار است، خصوصاً رودخانه‌هایی که به دلیل واقع‌شدن در کناره یا در بطن بافت‌های شهری درحال تغییرشکل از فرم طبیعی و مئاندر به شکل کانالیزه و غیرقابل انعطاف هستند. از آنجا که رودخانه‌های شهری یکی از ارگانیسم‌های جغرافیای هر سرزمین هستند و بر عملکرد آن سرزمین اثرگذارند ضرورت دارد که ارزش اکولوژیکی رودخانه‌های هر سرزمین را با برنامه‌ریزی حفظ و بهسازی کرد.

## سؤالات پژوهش

تحقق «بهسازی» ساختارهای طبیعی رودخانه‌های شهری متأثر از توجه به مؤلفه‌ها و معیارهای مرتبط با ماهیت اکولوژیک رودخانه‌هاست. با توجه به ساختارهای شکل‌گرفتهٔ شهری و طبیعت موجود در شهرها به‌خصوص رودخانه‌ها، برای مواجهه با چالش «بهسازی رودخانه‌ها متناسب با ماهیت اکولوژیک آنها»، شهرسازی اکولوژیک یکی از رویکردهای مناسب است. در این پژوهش مفروض است که دستیابی به مؤلفه‌هایی در جهت بهسازی ماهیت اکولوژیک رودخانه‌ها، عامل مؤثری در شکل‌گیری ساختار اکولوژیک شهری خواهد بود تا موردتوجه شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری قرار گیرد. هدف بهسازی ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری به‌عنوان پتانسیل‌های رشد در جهت ارتقا کیفیت زیستی در شهر و بهبود شرایط اکولوژیک شهری است. به‌گونه‌ای که منجر به تدوین راهبردهایی جهت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری شود. همچنین مفروض است که برنامه‌ریزی و تداخل در حاشیهٔ رودخانه به نحوی صورت گیرد که ساختار مورفولوژیک رودخانه به ساختار مئاندر طبیعی آن نزدیک شود تا ارتباط قسمت‌های مختلف اکوسیستم رودخانه با یکدیگر و با سیستم شهری و اراضی پیرامونی برقرار شود و مجموعه سیستم‌های مصنوعی (ساخته‌شده توسط انسان) و سیستم طبیعی (رودخانه و فضاهای باز و سبز اطراف آن) بتوانند به‌عنوان سیستم حمایت‌کنندهٔ شرایط اکولوژیک شهرعمل کند، اکوسیستم رودخانه بهسازی شود و به‌عنوان ارگانیسم زندهٔ شهری بر شرایط اکولوژیک شهر اثر گذارد. در این صورت شهر وارد تعاملی پویا میان انسان (شهروندان) و ساختارهای شهری و طبیعت درون‌شهری به‌ویژه رودخانه‌ها می‌شود تا ویژگی‌های اکولوژیک در شهرسازی شکل می‌گیرند. این پژوهش در پی پاسخگویی به سؤالات ذیل است:

- چگونه می‌توان اکوسیستم رودخانه‌های شهری را با هدف دستیابی به شهرسازی اکولوژیک بهسازی کرد؟
- چه مؤلفه‌هایی در بهسازی اکولوژیکی رودخانه‌های شهر ی در چارچوب شهرسازی اکولوژیک مؤثر هستند؟
- چه راهبردهایی در بهسازی اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه مرتبط با ساختار توسعهٔ شهری اثرگذار است؟

## روش تحقیق

پژوهش پیشنهادی از دیدگاه اهداف، کاربردی-توسعه‌ای محسوب

می‌شود، زیرا با اتکا و استفاده از زمینه و بستر شناختی و معلوماتی که از طریق تحقیقات بنیادی فراهم شده است، در جستجوی دستیابی به توسعهٔ کاربردی و حصول یک هدف عملی است. به عبارت دیگر این پژوهش با توجه به معضل پیش روی طرح‌های توسعهٔ شهری در ایران در مواجهه با محیط‌های طبیعی درون‌شهری و عدم برنامه‌ریزی صحیح برای طبیعت‌های شهری به‌خصوص رودخانه‌ها می‌کوشد به راهبردهایی جهت اخذ تصمیم و رفع مشکلات توسعه‌های شهری در مواجهه با رودخانه‌های درون‌شهری دست یابد. در بخش نخست با مرور ادبیات تحقیق، به مبانی نظری اکولوژی، شهرسازی اکولوژیک، ماهیت اکولوژیک رودخانه‌های شهری، آسیب‌های توسعهٔ شهری بر ساختار اکولوژیکی رودخانه‌های شهری، مفهوم بهسازی و اصول و راهبردهای اکولوژیک بهسازی اکوسیستم رودخانه‌های شهری پرداخته می‌شود. سپس با روش قیاسی-استنتاجی، براساس مطالعات صورت‌گرفته از منابع معتبر علمی، مبتنی‌بر نظر محققین، مؤلفه‌ها در جهت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری استخراج می‌شوند. در نهایت به روش استنتاجی، براساس مؤلفه‌های مؤثر بربهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری، راهبردهایی در مقیاس کلان و خُرد (در حوزهٔ اجرا) ارائه می‌شود تا در برنامه‌ریزی‌های شهری و تدوین برنامه‌های توسعهٔ شهری در مواجهه با رودخانه‌های درون‌شهری مورد استفاده قرار گیرند و رودخانه‌های درون‌شهری در تمامی فصول سال (روزهای سیلابی و دوره‌های خشکسالی) به‌عنوان ارگانیسم زندهٔ شهری شناخته شوند. قطعاً نتایج مطرح‌شده متناسب با هر بستری، می‌بایست اختصاصی و دقیق شده و مطابق با همان بستر درچارچوب برنامه‌های کاربردی و اجرایی تدوین شود.

## پیشینهٔ تحقیق

براساس ادبیات مروری تحقیق از اوایل قرن بیست و یکم مطالعات گسترده ای پیرامون مبحث شهرسازی اکولوژیک در حوزه های مبانی نظری، آسیب شناسی،برنامه‌ریزی و طراحی پژوهش هایی صورت پذیرفته است که در جدول ۱ خلاصه آن از سال ۲۰۰۸-۲۰۲۲ مشاهده می‌شود.

## مبانی نظری

### • مفهوم اکولوژی

واژهٔ اکولوژی از واژهٔ یونانی oikos به معنای خانه و logos به معنای مطالعه گرفته شده است. بنابراین مطالعهٔ خانهٔ محیطی شامل تمامی ارگانیسم‌های موجود در آن و تمامی فرایندهای عملکردی است که خانه را قابل سکونت می‌کند. بنابراین، بوم‌شناسی به معنای واقعی کلمه مطالعهٔ «زندگی در خانه» با تأکید بر «کلیت یا الگوی روابط بین موجودات و محیط‌شان» است، تا به یک تعریف استاندارد لغت‌نامه از این کلمه استناد شود (Mish, 2004). اکولوژی در اوایل تاریخ بشر در جامعهٔ بدوی مورد توجه عملی قرار داشت، همهٔ افراد برای بقای خود نیاز به شناخت محیط خود، یعنی درک نیروهای طبیعت و گیاهان و جانوران اطراف خود داشتند. به دلیل دستاوردهای تکنولوژیکی، امروزه به نظر می‌رسد انسان برای نیازهای روزانهٔ خود کمتر به محیط طبیعی وابسته است. بسیاری از ما وابستگی مداوم خود به طبیعت برای هوا، آب و به‌طور غیرمستقیم غذا را فراموش می‌کنیم، طبیعت جهت جذب زباله، تفریح و بسیاری از خدمات دیگر حائز اهمیت می‌شود. همچنین نظام‌های اقتصادی با هر ایدئولوژی سیاسی، برای چیزهایی که توسط انسان ساخته می‌شوند ارزش قائل هستند که در درجهٔ اول به نفع فرد است، اما ارزش کمّی و مادی برای کالاها و خدمات طبیعت قائل نیستند که برای ما به‌عنوان یک جامعه مفید است. تا زمان وقوع بحران، انسان‌ها تمایل دارند خدمات و محصولات طبیعی را بدیهی تلقی کنند. فرض می‌کنیم منابع طبیعی نامحدود هستند یا به نوعی توسط نوآوری‌های تکنولوژیکی قابل جایگزینی هستند، حتی اگر بدانیم ضروریات زندگی مانند اکسیژن و آب ممکن است قابل بازیافت باشند، اما قابل تعویض با عنصر دیگری نیستند (Odum & Barrett, 1971).

### • شهرسازی اکولوژیک

شهرها همانند تمامی موجودات زنده، برای تأمین مایحتاج زندگی و سرپناه شهروندان خود، تولید کالاها و خدمات، رشد و ازبین‌بردن زباله‌ها و آلودگی‌ها به انرژی، مواد، آب و مواد مغذی احتیاج دارند (Kennedy, Cuddihy, & Engel-Yan.2007). به همان روشی که متابولیسم یک موجود زنده نتیجهٔ همکاری بین مغز، اندام‌ها و آنزیم‌ها است، متابولیسم شهری با سیاست‌های مدیریت شهر، زیرساخت‌ها و شهروندان آن تسهیل می‌شود. امروزه شاهد رشد شهرها در مقیاس کلان هستیم که برای تطابق با هجوم جمعیت، بایستی خدمات شهری و زیرساخت‌های خاکستری گسترش یابد که به‌نوبهٔ خود باعث افزایش انتشار، پسماندها و تولید فاضلاب می‌شود (Kennedy, Cuddihy & Engel-Yan, 2007; Kötter & Friesecke, 2011).متأسفانه، این بدان معنی است که درحالی‌که سیستم‌های شهری به خدمات اکوسیستم بستگی دارند[۳]، آنها همچنین اکوسیستم‌های مشابه را با استفاده از منابع، سوء استفاده و استفادهٔ بی‌رویه از زمین و تولید آلودگی تهدید می‌کنند. در حقیقت چرخهٔ متابولیسم شهری مدرن، تغییرات محیطی را در مقیاسِ محلی به جهانی ایجاد می‌کند و بر کاربری و پوشش زمین، تنوع زیستی، سیستم‌های آبی، چرخه‌های بیوشیمیایی و اقلیم تأثیر می‌گذارد[۴] (Grimm et al.,2008). در سال‌های اخیر به‌طور گسترده اذعان شده است که با توجه به رشد فعلی ما برای شهرنشینی جهانی، تنها راه‌حل بهبود شرایط زیستیِ شهرها، پرداختن به محیط زیست و ویژگی‌های اکولوژیک جهانی است.

جدول ۱. پژوهشگران علم منظر در حوزهٔ شهرسازی اکولوژیک در جهان و ایران و حوزهٔ فعالیت تحقیقاتی مرتبط. مأخذ: نگارندگان.

| حوزهٔ فعالیت تحقیقاتی در شهرسازی اکولوژیک | سال ثبت تحقیق | پژوهشگر |
|---|---|---|
| شهرسازی اکولوژیکی منظرگرا | ۱۳۹۴ | مریم دبیری و محمدرضا مثنوی (۱۳۹۴) |
| - شهرسازی اکولوژیک؛ شهرسازی معاصر<br>- حضور زیرساخت اکولوژیک در برنامه‌ریزی و طراحی شهری<br>- حفظ محیط زیست در ساختار شهری با رویکرد اکولوژیک | ۲۰۰۸-۲۰۱۶ | Mohsen Mostafavi (2013)<br>Gareth Doherty (2013)<br>Fredrick Steiner (2011)<br>Marina Alberti (2008)<br>Verena Andermatt Conley (2013)<br>Mike Hudson (2013)<br>Hodson & Marvin (2013)<br>Kongjian (2016) |
| - تفکر اکولوژیک مرتبط با درک «سیستم تطبیقی پیچیده»<br>- تغییر و انعطاف‌پذیری رویکردهای انسان در طراحی در مواجهه با طبیعت | ۲۰۱۰ | Reed (2010) |
| - ایجاد «اکوسیستم مصنوعی»[۲] شهری<br>- ارزش‌گذاری زمین‌های خالی از ساخت‌وساز<br>- تحلیل سنجه‌های محیطی شهری | ۲۰۱۰ | Susannah Hagan (2010) |
| - زیرساخت‌های شهری به‌مثابهٔ منظر<br>- اقتصاد جدایی‌ناپذیر از اکولوژی | ۲۰۱۶ | Bélanger (2016) |
| حفاظت طبیعت درون‌شهری به منظور ارتقا ویژگی‌های اکولوژیکی بستر | ۱۳۹۵ | مریم یوسفی نجف ابادی (۱۳۹۵) |
| پیوند مسائل اکولوژیکی و شهرسازی (رسالهٔ دکتری):<br>- تدوین چارچوب مفهومی و مؤلفه‌های مؤثر شهرسازی منظرگرای پایدار و راهبردی آن در راستای پایداری شهری<br>- تبیین و ارزیابی مؤلفه‌های مؤثر بر ارتقای نقش منظر در پایداری محیط<br>- روش شناختی مرمت منظر گستره‌های طبیعی در ایران با تأکید بر رویکرد اکولوژی منظر<br>- رویکرد منظرین به زیرساخت‌های شهری؛ راهبردهای توسعهٔ شبکه‌های آبی تهران به‌مثابهٔ زیرساخت منظرین<br>- ارزیابی و مدلسازی تاب‌آوری شهری در برابر سیل و راهکارهایی برای افزایش تاب‌آوری<br>- تبیین چارچوب نظری فرایند طراحی منظر پایدار | ۱۳۹۰-۱۳۹۷<br>(۲۰۱۱-۲۰۱۸م) | امین حبیبی (۱۳۹۰)<br>محمد شریف شهیدی (۱۳۹۱)<br>فریال احمدی (۱۳۹۳)<br>آیدا آل هاشمی (۱۳۹۴)<br>نازنین زارع (۱۳۹۷)<br>مریم دبیری (۱۳۹۷) |
| -شهرسازی اکولوژیک با توجه به ابعاد پایداری محیطی<br>شهرسازی اکولوژیک بر اساس معیار های اکولوژیکی و اجتماعی<br>-بررسی داده های تاب آوری و شکل گیری فضا<br>-تغییر دیدگاه های شهرسازی از ساخت وسازهای متراکم شهری به فضاهای طبیعی -اجتماعی | ۲۰۲۰ -۲۰۲۲ | SE. Bibri. (2020)<br>Colding et al. (2022) |

در سال ۲۰۱۴، سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرد که تا سال ۲۰۵۰، در طول زندگی بیشتر مردم رشد شهری از ۳/۹ میلیارد شهرنشین به ۶/۴ میلیارد افزایش خواهد یافت. یعنی جمعیت شهرنشین از ۵۴ درصد به ۶۴ درصد از کل جمعیت جهانی خواهد رسید (United Nations, 2014). در حقیقت فعالیت انسان بر اکوسیستم جهانی غالب است. شهرنشینی یک مؤلفهٔ بزرگ از این تغییر است. امروز جهان به شهرهایی نیاز دارد که همساز با محیط زیست و متناسب با منابع محیطی برنامه‌ریزی و ساخته شود و در جهت باززنده‌سازی منابع طبیعی گام بردارد به‌گونه‌ای که بتوانند هم از نظر مسائل اقتصادی، اجتماعی و هم از بعد مسائل زیست‌محیطی و اکولوژیکی پاسخگوی شهروندان و بستر باشند. تنزل کیفیت زیست‌محیطی و آلودگی‌های ناشی از آن مستقیماً باعث تنزل شرایط حیات و کیفیت زندگی شده و از غنای محیط‌های شهری می‌کاهد. هر چند در شهرسازی امروز فضاهای طبیعی به‌صورت مصنوع ایجاد شده، اما فاقد نقش اکولوژیکی هستند. در حقیقت حفظ ماهیت اکولوژیکی محیط زیست شهری بدان معناست که شهر در همبستگی با محیط زیست ادامه حیات می‌دهد. (تقوایی، ۱۳۸۹؛ یوسفی نجف آبادی، ۱۳۹۵؛ شیبانی، ۱۳۸۹؛ بحرینی، ۱۳۷۶). ریچارد فرمن در کتاب «اکولوژی شهری» (Forman, 2014) اکولوژی را نیروی قدرتمندی جهت نجات شهرهای معاصر با تمام کاستی‌های کالبدی- اجتماعی می‌داند. به‌زعم وی، حضور خاص و اثرگذار

طبیعت در شهر، تحلیل و برخورد واقعی در مداخلات انسانی، توجه به طبیعتِ شهر در شکل‌گیری و توسعهٔ شهرها، آیندهٔ امیدوارکننده‌تری برای شهرها، هرچند با رشد جمعیتی مثبت، به‌دنبال خواهد داشت. بهترین و مفیدترین ایدهٔ اکولوژی شهری فُرمن جهت ساخت و بهبود مناطق شهری، بررسی اثر متقابل موجودات (میکروب‌ها، گیاهان، جانوران)، ساختارهای مصنوعِ ساخته‌شده (جاده‌ها و ساختمان‌ها)، محیط فیزیکی (خاک، آب‌وهوا) در جایی است که مردم متمرکز و ساکن شده‌اند (حائری و اسماعیل‌دخت، ۱۴۰۱، ۶۱).

## • ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری

مناظر طبیعی شهری شبکه‌ای منسجم و یکپارچه از زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی در شهرها هستند که توسط جریان‌های کالبدی، عملکردی، خُرداقلیمی، جانوری و انسانی با یکدیگر مرتبط شده‌اند. در بین عناصر منظر شهری طبیعی، رودخانه‌های شهری جایگاهی مشخص و قابل اهمیت دارند. چراکه رودخانه‌های شهری و فضاهای سبز شکل‌گرفته در پیرامون آن، یکی از مهمترین عوامل شکل‌دهی مورفولوژی و استخوان‌بندی اصلی شهر و عامل دوام و پایداری اکولوژیکی شهری هستند (دیناروندی، صالحی، یاوری و شاکرزاده، ۱۳۹۱). وجود کریدورهای سرسبز، آب‌های جاری، کریدورهای هوای مطلوب و مناظر و چشم‌اندازهای بدیع طبیعی یکی از عناصر پیوند شهر، طبیعت و انسان است (پاسبان حضرت، ۱۳۹۲). در حقیقت رودخانه‌های شهری بر شرایط اکولوژیک شهرها اثر می‌گذارند. در خصوص ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری در سه حوزهٔ مطالعاتی ذیل مورد شناخت، ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرند؛ فرایند و عملکرد حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها، رودخانه‌های شهری زیرساخت آبی و سبز و رودخانه‌های شهری زیرساخت اکولوژیکی.

### - فرایند و عملکرد حوضه‌های آبریزِ رودخانه‌ها

در شرایط طبیعی، رودخانه‌ها طیفی از فرایندهای ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی و بیولوژیکی را در بر می‌گیرند. جریان آب درکریدور رودخانه مواد غذایی و مواد آلی را توزیع کرده و زیستگاهِ گونه‌های جانوری و گیاهی را فراهم می‌کند. رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی تحت تأثیر فرایندهای هیدرولوژیکی در مقیاس حوضهٔ آبریز قرار می‌گیرند. بسترهای رودخانه‌ای نامنظم (مئاندر)، حوضچه‌های ذخیرهٔ آب و تجمع گیاهان به‌طور قابل‌توجهی سرعت آب و در نتیجه سیلاب را کاهش می‌دهند. حوضچه‌های سیلاب، دریاچه‌ها و تالاب‌ها جریان آهسته‌ای دارند و با ذخیرهٔ آب، مقدار قابل‌توجهی تخلیهٔ سیلاب در پایین‌دست را کاهش می‌دهند (Beechie & Roni, 2012) و بر ساختار بیولوژیکی رودخانه اثر می‌گذارند؛ چنانچه حوضچه‌های آب در دشت‌های سیلابی شرایط ایده‌آل برای رشد گیاهان، تغذیه و تولیدمثل حیات‌وحش رودخانه (به‌ویژه پرندگان) را فراهم می‌کنند (Pretty et al., 2003; Stanford, Frissell & Coutant, 2006). شایان ذکر است مناطق گیاهی تا حدی ناهمواری ایجاد کرده و می‌توانند جریان آب (سیلاب) را کُند کنند، حتی اگر طغیان بیش از حد ظرفیت رخ دهد. علاوه‌براین پوشش گیاهی به افزایش زیستگاه جانوری و تنوع بیولوژیکی کمک کرده و استقرار و نگهداری جوامع گونه‌های زیستی را پشتیبانی می‌کند (Poff et al., 1997; Richter, Mathews, Harrison & Wigington, 2003). ساختار کریدور رودخانه و فعل و انفعالات دشت سیلابی بر جابجایی و ذخیرهٔ رسوبات غیر آلی و مواد آلی تأثیرگذارند. مواد آلی (گیاهان آبزی، جلبک‌ها،خزه‌ها) در درجهٔ اول در نهرها و در مناطق حاشیهٔ رودخانه (بستر برگ، دانه‌ها، بی‌مهرگان خشکی) تولید می‌شود. ذرات کوچکتر مانند بذرها در آبراهه‌های باریک و کوچک ته‌نشین شده یا توسط گیاهان آبزی و ساحلی اسیر می‌شوند (Gurnell, Thompson, Goodson & Moggridge, 2008; Richardson, Zhang, 2010; Hoover, Marczak, Richardson & Yonemitsu, 2010). لذا فرایندهای بیولوژیکی در جریان رودخانه، درساختار و عملکرد اکوسیستم‌های جریان رود، از جمله انتخاب زیستگاه، تغذیه، رقابت و شکار، تأثیرگذارند. ازاین‌رو محیط‌های رودخانه‌ای دست‌نخورده، انواع خدمات اکوسیستم[5] را ارائه می‌دهند. متأسفانه در تصمیم‌گیری در حوزهٔ برنامه‌ریزی شهری و توسعهٔ سیستم‌های آبریز به حفظ شرایط اکوسیستمِ رودخانه و خدمات اکوسیستم توجه چندانی نمی‌شود و اغلبَ نادیده گرفته شده است (Georgiou & Turner,2012; Gilvear, Spray & Casas-Mulet, 2013). چرا که این تأثیر از نظر صوری در کوتاه‌مدت ملموس نیست. فقط در طولانی‌مدت ازبین‌رفتن خدمات اکوسیستم و اختلالات هیدرولوژیکی و بیولوژیکی، موجب بروز آسیب‌های اکولوژیکی می‌شود که مشهود شده و برای جبران نیازمند صرف زمان و هزینه‌های گزاف است.

### - رودخانه‌های شهری زیرساخت اکولوژیکی

شهرنشینی و چرخهٔ آب رودخانه‌ها از مهمترین عوامل مورفوژنتیکی است که مناظر را توصیف می‌کند. در شرایط طبیعی، آب به‌طور مفید و تأثیرگذار، عملکردهای اساسی محیطی را انجام می‌دهد. علاوه‌براین، رودخانه یک زیرساخت اکولوژیکی است که عملکردهای هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی را تضمین می‌کند (Allan & Castillo, 2007). رودخانه به‌ویژه در شهرهایی با رشد جمعیت و توسعهٔ شهری بیشتر، باعث تراکم، نفوذپذیری کمتر و افزایش خطر سیلاب می‌شود (White, 2013). در شهرهای مدرن، زیرساخت‌های آب اغلب به‌عنوان یک سیستم خطی و یک جمع‌کننده برای بارگیری سریع آب باران و زباله از محیط‌های شهری طراحی شده و منجر به فقر شدید اکولوژیکی-زیستی آب می‌شوند (Walsh et al., 2005). در طول قرن گذشته، تقریباً

در همه‌جا، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها به شدت تغییر ساختار داده و مصنوع شده‌اند تا فضای رشد شهری را به حداکثر برسانند. در بعضی شهرها، به مکان جمع‌آوری زباله‌ها و فاضلاب‌های شهری مبدل شده‌اند. محدودکردن عرض رودخانه به منظور دستیابی به زمین قابل‌توسعه برای اسکان و زیرساخت‌های حمل‌ونقل با عواقب جدی برای هیدروژئولوژی، محیط زیست و خدمات اکولوژیکی همراه است. در حقیقت، تاکنون دو سیاست‌گذاری حفظ محیط زیست شهری و توسعهٔ شهری در خلاف جهت یکدیگر شکل گرفته‌اند (Brown, Keath & Wong, 2009). با نگاهی به ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌ها (جدول ۲) در مقیاس‌های کلان و خُرد، دریافت می‌شود که خدمات اکولوژیکی ارائه‌شده توسط رودخانه‌های شهری، دارای عملکردهای چندجانبه است و توسعهٔ اکولوژیک شهری، فقط با همکاری میان‌رشته‌ای تخصص‌های مرتبط، امکان‌پذیر می‌شود.

**- رودخانه‌های شهری زیرساخت سبز وآبی[۶]**

مجموع زیرساخت‌های خاکستری، سبز ، آبی و انسانی یک شهر را می‌سازد و ساختار منسجم و پایدار شهر، حاصل تعامل این زیرساخت‌هاست. زیرساخت سبز و آبی[۷] (GBI) به‌طور فزاینده‌ای با هدف افزایش مقاومت و انعطاف شهری در برابر تغییرات آب‌وهوایی، بهبود ظرفیت‌های مقابله‌ای و تطبیقی پتانسیل‌های طبیعی در شهرهاست. زیرساخت سبز و آبی از عملکرد اکوسیستم برای ارائهٔ مزایای متعدد استفاده می‌کند و می‌تواند رژیم تعادل

جدول ۲. ابعاد ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری در مقیاس برنامه‌ریزی کلان و خرد. مأخذ: نگارندگان.

| ردیف | ابعاد ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری با هدف بهسازی اکوسیستم آسیب‌دیده | ماهیت اکولوژیکی (مقیاس کلان ) | ماهیت اکولوژیکی (مقیاس خُرد) |
|---|---|---|---|
| ۱ | فرایند و عملکرد حوضه‌های آبریز و سلامت رودخانه‌های درون‌شهری (مؤثر در ساختار و عملکرد اکوسیستم) | - حفظ سلامت رودخانه<br>- حفظ ساختار هیدرولوژیکی جریان آب<br>تضمین‌کنندهٔ عملکردهای: هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی | - حفظ آب (عملکرد اساسی هیدرولوژیکی)<br>- حفظ کیفیت مناسب آب<br>- حفاظت از منابع طبیعی آب و خاک<br>- ایجاد و حفاظت از عناصر بیولوژیکی<br>- سرویس‌های طبیعی اکوسیستم<br>- کنترل سیلاب و کاهش مخاطرات طبیعی<br>- حمل‌ونقل آبی (رودخانهٔ پرآب) |
| | | - کنترل شدت جریان رودخانه<br>- کنترل سیلاب | - کاهش شدت جریان سیلاب (ایجاد حوضچه‌های ذخیرهٔ آب)<br>- کنترل رسوبات (ذخیرهٔ رسوبات آلی و غیر آلی)<br>- ممانعت از فعل و انفعالات شیمیایی<br>- کنترل روان‌آب<br>- توزیع مجدد آب زیرزمینی<br>- شکل‌گیری چرخهٔ طبیعی آب |
| ۲ | زیرساخت اکولوژیکی (محرک بهسازی شرایط اکولوژی شهری) | تنوع بیولوژیکی | - افزایش زیستگاه‌های جانوری و پوشش گیاهی مجاور رودخانه<br>- پشتیبانی و نگهداری از جوامع گونه‌ها |
| | | فرایندهای بیولوژیکی در جریان آب | انتخاب زیستگاه جانوری، تغذیه و رقابت و شکار گونه‌های جانوری |
| | | استفاده از انواع خدمات اکوسیستم | شکل‌گیری خدمات اکوسیستم به‌صورت؛ گردافشانی، چرخهٔ مواد مغذی، تصفیهٔ طبیعی آب |
| ۳ | زیرساخت شهری سبز وآبی(GBI) | - افزایش مقاومت بستر (تاب‌آوری) در برابر تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی<br>- بهبود ظرفیت‌های مقابله‌ای و تطبیقیِ طبیعی در شهر | - کاهش روان‌آب شهری حاصل از سیلاب<br>- پاکسازی روان‌آب شهری<br>- افزایش رژیم تعادل آب<br>- کاهش فرسایش خاک در کرانه‌های رود<br>- افزایش آب‌های زیرزمینی (ذخیرهٔ آب)<br>- افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی |
| | | بهبود و تنظیم شرایط محیطی شهری | افزایش فضای سبز شهری |
| | | افزایش کارآیی اتصال اکولوژیکی و هیدرولوژیکی رودخانه‌های شهری | -کاهش آسیب‌های اکولوژیکی و محیطی<br>- کاهش آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

آب را افزایش دهد و موجب کاهش تخلیهٔ روان‌آب شهری پس از سیل و طوفان شود. همچنین می‌تواند فرسایش خاک را کاهش داده، باعث پاکسازی روان‌آب شده وکیفیت آب را افزایش دهد، ذخیرهٔ آب فصلی را تضمین کرده و ذخیرهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی شهری را افزایش دهد (Voskamp & Van de Ven, 2015). زیرساخت‌های سبز و آبی می‌توانند در مهار تأثیرات منفی خطرات مرتبط با آب‌وهوا، از جمله موج طوفان، بارش شدید و سیلْ کمک‌کننده باشند[8]. یکی از بهترین زیرساخت‌های آبی و سبز، رودخانه‌ها هستند، به‌ویژه در مناطق شهری، چراکه کارآیی اتصال اکولوژیکی و هیدرولوژیکی را به حداکثر می‌رسانند، در حقیقت پروژه‌های بهسازی رودخانه، آسیب‌های اکولوژیکی و زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی، اقتصادی و محیطی مرتبط را کاهش می‌دهند. هنگامی که زیرساخت‌های سبز و آبی به‌صورت فعالانه برنامه‌ریزی، توسعه و حفظ می‌شود، می‌توانند با ارائهٔ چارچوبی برای توسعهٔ شهری، رشد اقتصادی و حفاظت از طبیعت هدایت شوند (Tzoulas et al., 2007). در این زمینه، طراحی شهری معاصر با توجه به حضور رودخانه‌های درون‌شهری، می‌تواند اثرات منفی فعالیت‌های انسانی را در حوزهٔ محیط زیست کاهش داده، موجب کاهش مسائل زیست‌محیطی در سلامت و کیفیت زندگی انسان‌ها شود وعدم تعادل اکولوژیکی و محیط زیستی را کاهش دهد.

## مدل مفهومی مبانی نظری پژوهش

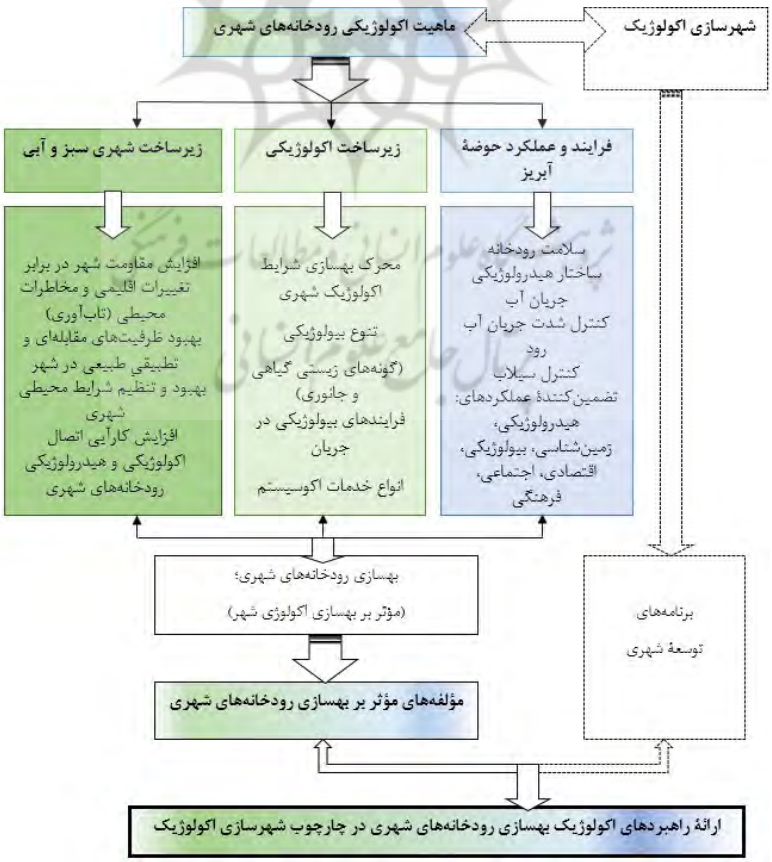
در این پژوهش مدل مفهومی مبانی نظری، بر اساس مطالعات و استنتاج‌های صورت‌گرفته در تصویر ۱ مشاهده می‌شود؛ بر این اساس ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک، با بررسی ابعاد اکولوژیکی رودخانه‌های شهری، فرایند و عملکرد حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها و جایگاه زیرساخت آبی و سبز رودخانه‌ها در شهر استخراج می‌شود و به راهبرد «بهسازی رودخانه‌ها» دست می‌یابد. سپس مؤلفه‌های مؤثر و راهبردهای اکولوژیک را تدوین می‌نماید.

## یافته‌های تحقیق

### • آسیب‌های اکولوژیکی بر رودخانه‌های شهری

توسعهٔ شهرهای مجاور به رودخانه‌ها، موجب آسیب به ماهیت اکولوژیک رودخانه‌های شهری می‌شود که متأثر از مداخلات انسانی، توسعهٔ شهری و ساخت‌وسازهای مجاور به حریم رودخانه است که در دو بخش مورد تحلیل قرار می‌گیرد: الف: روان‌آب شهری در حریم رودخانه‌ها و ب: تغییرات انسانی بر ساختار رودخانه‌ها.

الف : روان‌آب شهری در حریم رودخانه‌ها: آلودگی در مناطق شهری بر کیفیت آب نیز تأثیر زیادی می‌گذارد. اثرات بارندگی در زمین‌های گیاهی و روی سطوح سختِ ساخته‌شده، بسیار




تصویر ۱. مدل مفهومی مبانی نظری پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

متفاوت است، بنابراین مدیریت آب سیلاب از بیشترین موارد و موضوعات مهمی است که باید در مناطق شهری مورد توجه قرار گیرند. بیشترین میزان جذب بارش برروی گیاهان اتفاق می‌افتد و در خاک جذب می‌شود و در نهایت به شبکهٔ آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد یا به جو منتقل می‌شود. آب جذب سطوح سخت مانند آسفالت و بتون نمی‌شود و به‌صورت روان‌آب از طریق سیستم‌های زهکشی وارد رودخانه‌ها می‌شود (Dunnett & Kingsbury, 2008). براساس پژوهش‌های آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحدهٔ آمریکا (EPA)، این روان‌آب با فاضلاب صنعتی، خودروها، فاضلاب مسکونی و تجاری و بسترآلوده شده است، که در صورت جذب روان‌آب سیلابیِ آلوده، از سطوح معابر شهری، در سفره‌های آب‌های زیرزمینی برکاهش کیفیت آب‌های شهری اثر می‌گذارد. از آنجا که جمعیت‌های شهری غالباً از منابع آب متمرکز استفاده می‌کنند، این آلودگی باعث ایجاد خطرات بهداشتی محیطی و عمومی، مانند کاهش کیفیت آب آشامیدنی می‌شود[9] (EPA, 2016). ثابت شده است شهرنشینی درحال‌رشد تأثیرات چشمگیری نیز بر ارگانیسم‌های طبیعی دارد (Grimm et al., 2008). در بسیاری از موارد، مجزاشدن[10] و آلودگی باعث ناپیوستگی در اکوسیستم‌ها و ازبین‌رفتن تنوع زیستی می‌شود. هر چقدر میزان پوشش زمین با مصالح غیرقابل نفوذِ آب (مانند بتن، سیمان و آسفالت) بیشتر باشد، میزان جذب آب توسط زمین کاهش یافته، امکان تبخیر آب‌های سطحی کم می‌شود و میزان رواناب افزایش می‌یابد. یکی از عملکردهای اساسی یک سیستم هیدرولوژیکی سالم، حفظ آب است. چرخهٔ آب طبیعی، شامل نفوذ باران به زمین، به تدریج در رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی فیلتر می‌شود چراکه زمین‌های پوشیده از پوشش گیاهی دارای اثر اسفنجی معمولی است وآب را جذب می‌کند، لذا حجم آب را کاهش داده و حرکت آن را کُند می‌کند. درحالی‌که، سطوح شهری غیرقابل نفوذ اغلب مانند «چترها» عمل می‌کنند و روان‌آب طوفان را افزایش می‌دهد. از آنجا که آب تمایل دارد سریع‌تر جریان یابد؛ کاهش نفوذپذیری، ساختار مصنوع رودخانه‌های شهری، موجب می‌شود میزان روان‌آب سطحی، بی‌ثباتی هیدروژئولوژیکی و جاری‌شدن سیل افزایش یابد (Shuster, Bonta, Thurston, Warnemuende & Smith, 2005).

ب: تغییرات انسانی بر ساختار رودخانه‌ها: تغییرات انسانی در جریان آب، شکل رودخانه (جهت مدیریت کنترل سیل)، افزایش منابع آب، تأمین انرژی برق‌آبی، تأمین نیازهای کشاورزی، نیازصنعتی و ناوبری اعمال می‌شود. علاوه‌براین، سیستم‌های رودخانه‌ای به دلیل رشد شهری به شدت تغییر کرده‌اند. عرصهٔ رودخانه‌ها به‌طور مداوم با بهره‌برداری گسترده و زیاد، تحت فشار میزان آلودگی‌های شهری قرار دارند.

رودخانه‌ها اغلب به‌عنوان مجاری پسماند (ضایعات فاضلاب و دفع مواد شیمیایی سمی) مورد استفاده قرار می‌گیرند و باعث پراکندگی آلودگی می‌شوند. لایروبی‌های متعدد، ماهیگیری زیاد (رودخانه‌های پرآب)، حذف پوشش گیاهی ساحلی و پوشش گیاهی آبی، تغییرات رژیم جریان آب و معرفی گونه‌های گیاهی بیگانه (غیر بومی) از پیچیدگی طبیعی مناظر رودخانه‌ای کاسته و باعث ازبین‌رفتن عملکردهای اکولوژیکی آن شده است (Ward & Stanford, 1995 & Ward, 1998). یکپارچگی اکوسیستم رودخانه به دلیل فعالیت‌های انسانی مختل شده و سازگاری خود با عملکرد اصلی اکوسیستم را از دست می‌دهد و بر هیدرولوژی، کیفیت و ساختار جریان‌های آب تأثیر می‌گذارد. فرایندهای اولیهٔ اکوسیستم تحت تأثیر منفی این فرایندها قرار گرفته، در نتیجه رودخانه‌های تخریب‌شده، خدمات اکوسیستم کمتری را ارائه می‌دهند[11] (Gilvear, Spray & Casas-Mulet, 2013). در جدول ۳ آسیب‌های اکولوژیکی ناشی از فعالیت‌های انسان بر توسعهٔ شهری بر رودخانه‌های شهری در مقیاس کلان و خُرد دیده می‌شود.

### • بهسازی رودخانه‌های شهری[12]

مبحث بهسازی رودخانه‌های شهری که یکی از باارزش‌ترین مناظر طبیعی شهری هستند، در این پژوهش در حوزه‌های مفاهیم، مبانی و اصول بهسازی ارگانیسم‌های طبیعی، مؤلفه‌های بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری و بهسازی مبتنی‌بر فرایند مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس به تفضیل، به مبحث راهبردهای بهسازی رودخانه‌های شهری، پرداخته می‌شود.

مفهوم بهسازی: تغییر مناظر در طول زمان به‌واسطهٔ مداخالت انسانی یا ایجاد آشفتگی‌های طبیعی به‌وجود می‌آید و موجب اختلال در ساختار و فرایندهای موجود در مناظر می‌شود. این اختلال هم در پوشش گیاهی و جامعهٔ حیوانی و هم در ادراک فرهنگی از محیط اطراف و فعالیت‌های انسان‌ها رخ می‌دهد. ازاین‌رو تخریب و تنزل اکوسیستم‌های طبیعی به‌عنوان مهمترین مسئلهٔ حال حاضر شناخته می‌شود. نگرش بهسازی مجدد منظر طبیعی به منظور حفاظت از آنچه باقی مانده و احیای آن بخش از طبیعت که به لحاظ ساختاری دچار اختلال شده، وارد مباحث شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری و طراحی منظر محیطی در شهرها شده است (پوریوسف‌زاده، بمانیان و انصاری، ۱۳۹۱). مهمترین نگرانی در بهسازی اکوسیستم‌های طبیعی، حفاظت از استمرار گونه‌های گیاهی و جانوری و جوامع آنها، جامعه و فرایندهاست. تمامی رویکردها بر استمرار فرم‌ها و اخیراً فرایندها در اکوسیستم‌های طبیعی تمرکز دارند (Farina, 2006). بهسازی شامل بازآفرینی اکوسیستم‌ها، کنترل آلودگی‌های آب‌وهوایی، جلوگیری از باران‌های اسیدی و محافظت از زیستگاه‌هاست. یکی از فرصت‌ها و امکانات عمدهٔ بهسازی مجدد ارگانیسم‌های طبیعی ایجاد رابطه‌های جدید بین مردم اجتماع واکوسیستم‌های طبیعی است. این بهسازی می‌تواند در همه‌جا و در مورد هر اکوسیستم

جدول ۳. آسیب‌های اکولوژیکی شهر بر رودخانه در مقیاس کلان و خرد. مأخذ: نگارندگان.

| ردیف | حوزهٔ مطالعاتی | آسیب‌های اکولوژیکی (مقیاس کلان) | آسیب‌های اکولوژیکی (مقیاس خُرد) |
|---|---|---|---|
| ۱ | مدیریت روان‌آب شهری در رودخانه‌ها | شکل‌گیری روان‌آب شهری متأثر از زیرساخت‌های خاکستری (آسفالت معابر، پیاده‌راه‌های سیمانی، سطوح بتنی و...) | - هدر رفت آب باران و عدم استفاده در آبیاری پوشش‌های گیاهی در مکان‌های عمومی شهری<br>- عدم شکل‌گیری منابع آب آشامیدنی زیرزمینی |
| | | انتقال روان‌آب شهری از طریق زهکشی به جریان رودخانه | -تغییر ساختار هیدرولوژی طبیعی رودخانه<br>- افزایش جریان و ایجاد سیلاب در برخی مناطق |
| | | ترکیب روان‌آب شهری با منابع آلودگی (فاضلاب صنعتی، منابع سیار (اتومبیل)، فاضلاب مسکونی و تجاری و...) | - کاهش کیفیت منابع آب شرب شهری<br>- ایجاد خطرات بهداشتی محیطی و عمومی<br>- اختلال در پیوستگی اکوسیستم رودخانه<br>- کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم رودخانه |
| | | انتقال آلودگی از روان‌آب شهری به منابع آبی پاک زیرزمینی | |
| ۲ | تغییرات انسانی بر رودخانه‌های درون‌شهری | توسعهٔ شهر و ایجاد تغییر در مورفولوژی طبیعی رودخانه (کاهش عرض رودخانه‌ها به علت توسعهٔ زمین اسکان و احداث زیرساخت حمل‌ونقل شهری) | - مجزاشدن بخش‌های رودخانه<br>- کاهش پیچیدگی طبیعی کرانه و منظر رودخانه<br>- تبدیل رودخانه به مکان ورود فاضلاب شهری<br>- تبدیل رودخانه به مسیر بارگیری سریع باران |
| | | تداخل در یکپارچگی عملکرد اکوسیستم رودخانه تغییر در جریان آب رودخانه (کنترل سیلاب و کانالیزه‌کردن رودخانه) | تغییر کیفیت آب: افزایش کدورت و مواد جامد معلق /افزایش مواد مغذی (نیتروژن،فسفر)/ تغییرآب PH |
| | | | تغییر رژیم جریان آب: افزایش شدت جریان /افزایش ماکزیمم سرعت جریان/ کاهش مینیمم سرعت جریان |
| | | | کاهش ثبات بستر و حوضه‌های پیرامونی به دلیل فرسایش و رسوب‌گذاری |
| | | | تغییر منابع غذایی- انرژی: تغییرنوع، مقدار و اندازهٔ ذرات مواد آلی/ کاهش مواد آلی معلق درشت/ افزایش تولید جلبک و ریزگردهای آلی |
| | | | فعل و انفعالات بیولوژیکی متفاوت: تغییر ساختار زیستگاه‌های جانوری و گیاهی/ افزایش درصد گونه‌های غیربومی و مهاجم/ یکنواختی زیستگاه وکاهش تنوع گونه‌ها |

و بستر طبیعی آسیب‌دیده صورت پذیرد (Cairns, 1982). در این رویکرد اعتقاد بر این است که هرآنچه از سرمایه‌های طبیعی بستر باقی مانده است با برنامه‌ریزی و مدیریت شهریِ سازگار، حفظ شود و شرایط مناسب برای به‌وجود آمدن اکوسیستم‌های ثانویهٔ مشابه اکوسیستم‌های طبیعی نابودشده، فراهم شود تا کیفیت طبیعی بستر گسترش یابد، که خود موجب محدودکردن فعالیت و دخالت انسان در طبیعت می‌شود (احمدی، بمانیان و انصاری، ۱۳۹۶).

**- مؤلفه‌های بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری**

باززنده‌سازی عرصهٔ رودخانه در مناطق کاملاً شهری می‌تواند به تغییر برداشت مردم از فضای سبز و منابع عمومی آن کمک کند، اما اغلب تأثیر کمی بر روند طبیعی و زیستگاه‌ها دارد .در واقع رشد شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی، اکوسیستم‌های آبی شهرها را تهدید می‌کند و منجر به ازبین‌رفتن زیستگاه مداوم گیاهی و جانوری می‌شود. ازاین‌رو، در این زمینه حفاظت از زیستگاه‌ها با کیفیت مطلوب ضروری است که در اولویت بهسازی قرار گیرد. پژوهشگرانی همچون فیلیپ.جی.بون و همکارانش (Boon, Morgan & Palmer, 1992)، پدرولی، بلاست،لوی و روج (Pedroli, De Blust, Van Looy & van Rooij, 2002)، بیچی و رونی (Beechie & Roni, 2012) با توجه به وضعیت سلامت رودخانه، پنج راهبرد در مواجهه با چالش «حفاظت رودخانه» بیان می‌کنند: محافظت پیش از توسعه، محدودسازی توسعه، کاهش اثرات منفی، بهسازی و رهاسازی. با تحلیلی قیاسی- استنتاجی در می‌یابیم با توجه به اینکه رودخانه‌های شهری در اثر توسعهٔ شهری تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار گرفته‌اند و رودخانه را از ماهیت کاملاً طبیعی خود خارج نموده‌اند، بعضاً مشاهده می‌شود که اکوسیستم طبیعی گیاهی و جانوری آنها کاملاً تغییر کرده است. بنابراین شرایط مناسب برای «محافظت پیش از توسعه» و «محدودسازی توسعه» وجود ندارد. از طرف دیگر رودخانه‌های شهری بخشی از طبیعت شهر محسوب

می‌شوند و «رهاسازی» آنها به معنای ازبین‌بردن بخشی از محیط زیست شهری است. لذا «کاهش» اثرات منفی و «بهسازی» راهبردهای صحیحی هستند که در مواجهه با ماهیت اکولوژیکی رودخانه در جایگاه محیط زیست شهری می‌تواند مؤثر واقع شود. از آنجا که بهسازی بدون کاهش اثرات منفی غیرممکن است، لذا راهبردِ «کاهش اثرات منفی» زیرمجموعه راهبردِ «بهسازی» است. در نتیجه درحوزهٔ رویکردهای اکولوژیک باید بر «بهسازی» رودخانه‌های شهری متمرکز شد. بهسازی رودخانه‌ها به دنبال ارتقای عملکرد طبیعی رودخانه و منظر آن به‌عنوان شبکه‌ای متنوع از زیستگاه‌ها و شامل عملکرد کریدور آن برای حوضهٔ آبریز است و موجب افزایش پتانسیل رودخانه‌ها در برابر مخاطرات محیطی می‌شود.

بهسازی رودخانه‌ها راهبرد کلیدی برای بهبود کیفیت محیط و تنوع زیستی در دهه‌های اخیر با تأکید روزافزون بر ارزش عملکرد رودخانه‌ها و خدمات اکوسیستم ارائه شده توسط آبراهه‌ها، علاقه به بهسازی رودخانه به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (Lemons & Victor, 2008). در حقیقت اصطلاح بهسازی رودخانه[13] به توانبخشی و نوسازی گونه‌های زیستی، تقویت و رشد زیستگاه‌ها، بهبود وضعیت اکوسیستم رودخانه، راهبردهای بهسازی، راهبردهای باززنده‌سازی بستر و احیا مجدد[14] و کاهش سیلاب اشاره دارد (تصویر ۲) (Beechie & Roni,2012). در مطالعات مثنوی و همکاران (Masnavi, Tasa, Ghobadi, Farzad Behtash & Negin Taji, 2016) بهسازی رودخانه‌های شهری متأثر از چهار فاکتور اصلیِ زیست‌محیطی، فضای شهری، فرهنگی-اجتماعی، سیاسی-اقتصادی[15] است و مجموعه عواملی هستند که بهسازی رودخانه را در جهت پایداری شهری شکل می‌دهند. فاکتورهای زیست‌محیطی شامل هیدرولوژی، پوشش‌های گیاهی و شاخص‌های خُرداقلیم هستند و فاکتورهای فضای شهری شامل زیرساخت‌های شهری، دسترسی و محیط اثرگذار شهری است. تصویر ذهنی و ادراک عمومی در حوزهٔ فاکتورهای فرهنگی-اجتماعی اثرگذارند و عوامل سیاسی-اقتصادی به منابع مالی اقتصادی و میزان توزیع آنها بستگی دارد. نهایتاً مجموعهٔ این فاکتورها تنوع گونه‌های زیستی، شکل‌گیری خدمات اکوسیستم، اتصال پهروهای سبز اکولوژیکی و شکل‌گیری نهادهای مردمی در جهت حمایت و همکاری را شکل می‌دهند (ibid.).

**- بهسازی مبتنی‌بر فرایند**

در سال‌های اخیر مفهوم بهسازی رودخانه مبتنی‌بر فرایند[16]، در حال افزایش است. این رویکرد یکپارچه اکولوژیکی-اجتماعی با تکنیک‌های جامع منطبق می‌شود تا به دلایل اصلی تخریب اکوسیستم و ایجاد تعادل جدید بین نیازهای اقتصادی-اجتماعی و مدیریت پایدار آبخیزداری بپردازد. (Brierley & Fryirs, 2004; Kondolf et al, 2006; Bennett, Peterson & Gordon, 2009). علاوه‌براین، تمرکز آن بر جلوگیری از تداخل انسانی در فرایندهای طبیعی، افزایش انعطاف‌پذیری اکوسیستم رودخانه در مواجهه با اغتشاشات آینده است. بهسازی مبتنی‌بر فرایند تضمین می‌کند که برنامه‌ها و اقدامات بدون نیاز به مداخلهٔ مستمر و حضور انسان، از بهبودی وضعیتِ ساختارِ منسجم اکوسیستم رودخانه پشتیبانی می‌کنند. هدف از «بهسازی مبتنی‌بر فرایند» این است که «مجدداً نرخ‌ها و اندازه‌های

تصویر ۲. مؤلفه‌های بهسازی رودخانه‌های شهری. مأخذ: نگارندگان برگرفته از Beechie & Roni, 2012.

اصلیِ فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تعیین شوند که خود اکوسیستم رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی را ایجاد نموده و از آن محافظت می‌کنند» (Sear, 1994; Beechie et al., 2010). شناخت این فرایند براساس تجزیه‌وتحلیل علل مختلف صورت می‌پذیرد که علاوه‌بر مسائل اکولوژیکی، تحت تأثیر عوامل اجتماعی و اقتصادی، در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی برای به حداکثر رساندن مزایا مطرح می‌شود و در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در برنامه‌ریزی‌های شهری سنجیده می‌شود (Beechie & Roni, 2012; Gilvear, Spray & Casas-Mulet, 2013. Sabbion, 2017;). هدف از این سنجش، توسعه‌های شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک است تا برای بهسازی رودخانه‌ها به‌عنوان محیط زیست شهری با حفظ هویت اکولوژیکی، برنامه‌ریزی شده و اقداماتی در بازه‌های زمانی متعدد صورت گیرد.

**- راهبردهای بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری**

در بسیاری از شهرها رودخانه‌های شهری وجود دارند که ماهیت اکولوژیک آنها نادیده گرفته شده است. بعضاً در برخی شهرها کانالیزه شده و حریم رودخانه‌ها از حالت طبیعی خارج شده‌اند و در برخی مناطق شهری دیگر، اغلب برای ایجاد فضایی برای سکونتگاه‌های شهری، رودهای کوچک لوله‌کشی و در زیر جاده‌ها و معابر دفن شده‌اند، لذا نیاز گسترده به بهسازی رودخانه‌ها و طراحی مجدد عرصه‌های آنها دیده می‌شود، به‌گونه‌ای که ماهیت اکولوژیک رودخانه‌ها، با توجه به اهمیت و ضرورت آنها حفظ شود. بدین منظور راهبردهای ذیل جهت بهبود شرایط رودخانه‌های شهری تدوین می‌شود:

الف-بازسازی ژئو مورفولوژی رودخانه‌های شهری: در حوضه‌های آبریز توسعه‌یافته، پوشش مصالح غیرقابل نفوذ (سیمان، بتن، آسفالت و...) باعث ازبین‌رفتن زیستگاه‌های طبیعی می‌شوند. بدین ترتیب، اقدامات بهسازی عمدتاً بر طبیعی‌سازی مجدد عرصهٔ رودخانه‌ها متمرکز است که با محافظت از عرصهٔ طبیعی رودخانه، بازسازی شکل زمین در مناطق آسیب‌دیده، حذف سازه‌های بتنی و غیرقابل انعطاف، طراحی عرصه‌ها و پیچ‌وخم‌های طبیعی همراه با کاشت و پرورش درختان و بوته‌ها درون کانال‌های جریان، صورت می‌گیرد. تکنیک‌های مهندسی متناسب با شرایط زیستگاه‌های گیاهی و جانوری باعث کاهش فرسایش عرصه‌های رودخانه‌ها می‌شود به‌گونه‌ای که زیستگاه‌های ساحلی در حریم رودخانه‌ها را بهبود می‌بخشد (Sabbion,2017; Masnavi et al., 2016). در حقیقت ایجاد مجدد ژئومورفولوژی رودخانه و ایجاد تعادل پویا متناسب با محیط زیست، یکی از اهداف اصلی بهسازی است (Riley & Leopold, 1998).

ب-حفاظت از سلامت رودخانه: اثربخشی ساختارهای متناسب با مورفولوژی رودخانه برای محافظت از عرصهٔ رودخانه و جلوگیری از حرکت کانال ممکن است در فرایندهای حوضهٔ آبریز خللی ایجاد کند و عواملی همچون اتصال و انسجام رود، رسوبات و هیدرولوژی را تحت تأثیر قراردهد. لذا مدیریت پایدار آبخیزداری ضرورت دارد. راهبردهای مرسوم بهسازی در این زمینه، کاهش یا بازیابی تأمین رسوب، کاهش یا بازیابی روان‌آب و هیدرولوژی به‌ویژه در مناطق استقرار رسوب است که با راهکارهایی مانند: زهکشی طبیعی سیستم‌ها ، روکش مجدد سطوح، تثبیت عرصه‌های رودخانه، افزودن یا برداشتن آب گذر رو باز[۱۷] در تقاطع با جاده‌ها، اضافه‌شدن لوله‌های تخلیهٔ آب‌های سطحی در تقاطع با معابر، و بازسازی جاده با مصالح نفوذپذیر (برای روان‌آب) امکان‌پذیر می‌شود (Bagley, 1998; Novotny, Ahern & Brown, 2010). بهسازی جریان رودخانه‌های شهری فرصتی برای تعیین میزان و ادغام فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را فراهم می‌کند تا اکوسیستم‌های آسیب‌دیده بازسازی شوند.

ج: اتصال پهروهای سبز در جهت ایجاد شبکهٔ اکولوژیکی و ممانعت ازگسستگی آنها: بعضاً در حریم مجاور به عرصهٔ رودخانه پهروهایی از پوشش‌های گیاهی وجود دارد که باید با گونه‌های گیاهی بومی منطقه گسترش یافته و به سایر پهروها متصل شود تا ناحیهٔ بافر (حائل) سبز ایجاد شود و شبکهٔ اکولوژیکی منسجمی را شکل دهد. علاوه‌براین از حریم رودخانه محافظت کرده و مانع از توسعهٔ شهری بی‌رویه می‌شود (Masnavi et al.,2016). پهروهای سبز بخشی از اکوسیستم رودخانه محسوب می‌شوند و بر کارکرد اکولوژیکی رودخانه و ایفای خدمات اکوسیستم تأثیر گذارند.

ه: کاهش مداخلات انسانی در فرایندهای طبیعی: مداخله در مناطق ساکن و متراکم شهری شامل برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات بر روی اتصال رودخانه است. در حقیقت تأثیر مداخلات انسانی (توسعهٔ شهری)، معمولاً بر اتصال حوضه‌های آبریز تأثیر منفی می‌گذارد. همچنان که ظرفیت فرایندهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اکولوژیکی را کاهش می‌دهد (Paul & Meyer, 2001). در بسیاری از شهرها، برنامه‌هایی برای بازیابی توده‌های آبی وجود دارد که به‌صورت کوتاه‌مدت فعال می‌شود (به‌ویژه برای ایجاد زیرساخت‌های شهری و حفظ ویژگی‌های جریان رودخانه) (Nilsson et al., 2003 Walsh et al., 2005; Brooks, Palmer, Cardinale, Swan & Ribblett, 2003;). چنانچه این نوع اقدامات تداوم یابد و حریم حوضه‌های آبریز از تداخلات انسانی محفوظ شود، ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه محفوظ مانده، در نتیجه ماهیت اکولوژیکی آن نیز ماندگار می‌شود. بدین منظور باید حضور شهروندان در حریم رود محدود شود و در جهت حفاظت از محیط زیست طبیعی رودخانه‌های شهری اقدامات فرهنگی صورت پذیرد.

و: کنترل سیلاب: جهت کنترل سیلاب می‌بایست حریم ساخت‌وساز شهری نسبت به رودخانه محدود شود تا بستر رودخانه شکل طبیعی خود را حفظ کرده و در نتیجه به

کانال‌هایی با مصالح نفوذناپذیر و مقاوم به آب مانند سطوح بتنی تبدیل نشود (Masnavi et al., 2016). مصالح نفوذناپذیر زبری کمی دارند و بر شدت جریان می‌افزایند. چنانچه در بستر رودخانه حوضچه‌های آرامش ایجاد شود، موجب کاهش جریان شده، افزایش جذب آب در لایه‌های زیرزمینی را امکان‌پذیر می‌کند و از شدت سیلاب می‌کاهد. همچنین افزایش لایه‌های پوشش گیاهی در کرانهٔ رودخانه موجب کاهش سرعت جریان می‌شود.

ز: ممانعت از ورود فاضلاب و روان‌آب‌های آلودهٔ شهر به رودخانه: توسعهٔ فضاهای شهری و ایجاد زیرساخت‌های فاضلاب شهری، موجب آلودگی منابع آبی و خاک در حریم رودخانه می‌شود. علاوه‌براین در بسیاری از مناطق شهری دیده می‌شود که به علت مشکلات اقتصادی و ناآگاهی‌های فرهنگی نسبت به محیط زیست، فاضلاب و روان‌آب‌های معابر شهری و برخی فاضلاب‌های خاکستری به سمت رودخانه‌های شهری هدایت شده و در نهایت در کوتاه‌مدت موجب آلودگی‌های زیست‌محیطی، تخریب شبکهٔ اکولوژیکی و ازبین‌رفتن برخی گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود. ایجاد سیستم زهکشی مناسب برای فاضلاب‌های مجاور رودخانه و تصفیهٔ روان‌آب‌های شهری پیش از امکان ورود به حریم رود، به میزان قابل‌توجهی از آلودگی‌ها می‌کاهد. لذا گسترش ساختار توسعهٔ شهری با رودخانه‌ها به تدوین راهبردها و برنامه‌ریزی‌های اکولوژیکی نیازدارد تا هم ماهیت اکولوژیکی رودخانه حفظ شود و هم توسعهٔ شهری متناسب با شرایط اکولوژیکی شهری انجام گردد. در تصویر ۳ راهبردهای «بهسازی رودخانه‌های شهری مبتنی‌بر فرایند» در مقیاس‌های برنامه‌ریزی کلان و خُرد متناسب با اهداف اکولوژیکی دیده می‌شود.

## بحث

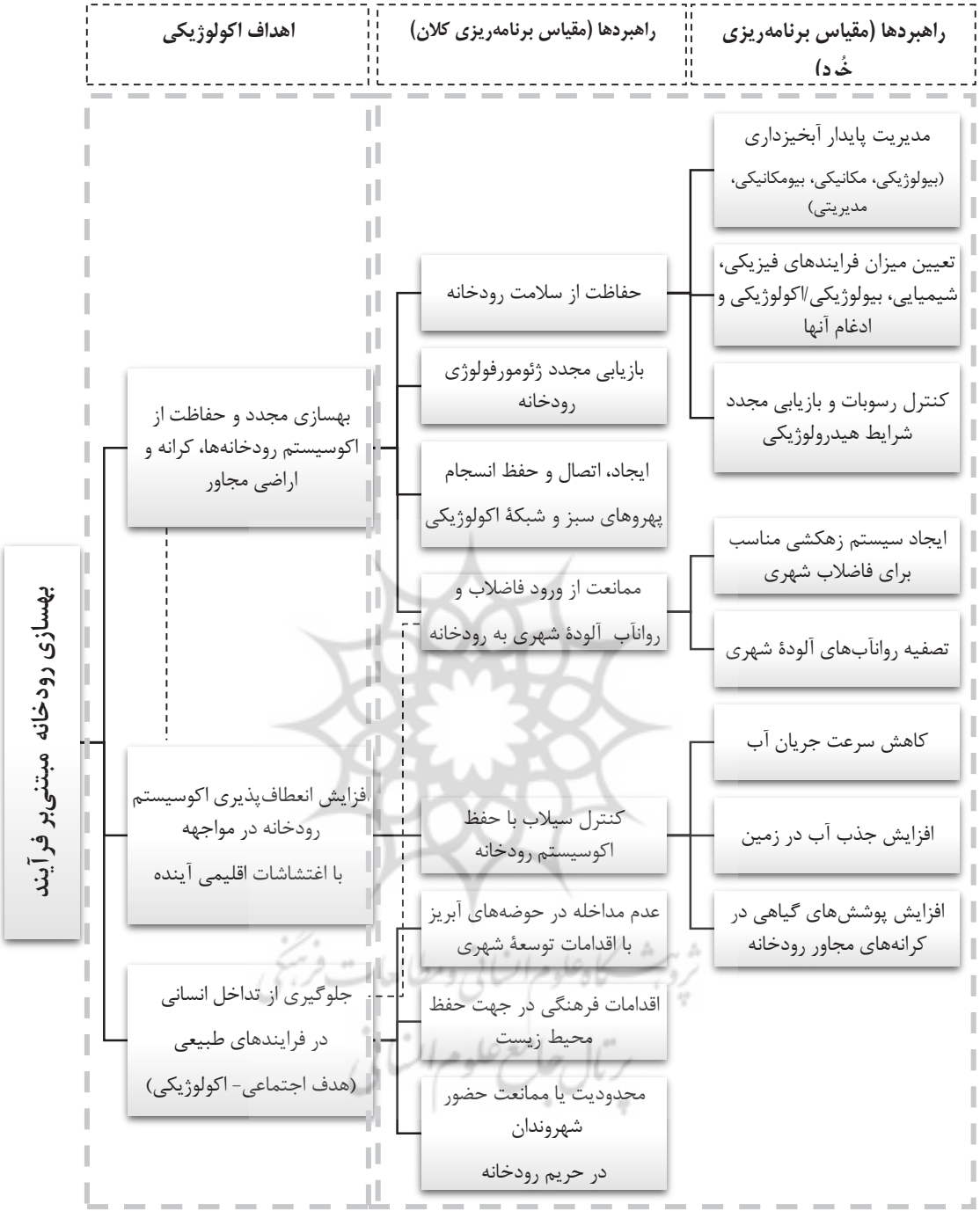
رودخانه‌های شهری ماهیت اکولوژیکی دارند که می‌توانند به‌عنوان زیرساخت اکولوژیکی شهری قلمداد شوند. در حقیقت رودخانه‌ها، اکوسیستم زنده و پویایی از گونه‌های گیاهی و جانوری هستند که در مجاورت کریدور آبی و سبز رودخانه مجموعاً، «اکوسیستم رودخانه» را شکل می‌دهند. اکوسیستم رودخانه‌ها به‌عنوان رویدادی طبیعی از ساختار منعطف و قابل تغییر طبیعت تأثیر می‌پذیرند و در طی زمان‌های متوالی تغییر کرده، تکامل یافته و بهسازی می‌شوند، لذا بهسازی رودخانه‌های شهریِ آسیب‌دیده «مبتنی‌بر فرایند» است که در طول زمان، فرایند تکامل و بهسازی طی می‌شود. لذا در کوتاه‌مدت نتیجهٔ قطعی به‌دست نمی‌آید و بهسازی کامل میسر نیست. یکی از اهداف شهرسازی اکولوژیک، بهسازی مجدد و حفاظت از اکوسیستم رودخانه‌های درون‌شهری و حفاظت از کرانه‌ها و اراضی مجاور آنها در شهر است که با راهبردهای ذیل با برنامه‌ریزی شهری در مقیاس‌های کلان و خُرد امکان‌پذیر می‌شود:

الف: در ابتدا باید دلایل تخریب اکوسیستم شناسایی شود. سپس با مدیریت پایدار آبخیزداری، تعیین میزان فرایندهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اکولوژیکی و ادغام آنها، کنترل رسوبات و بازیابی مجدد شرایط هیدرولوژیکی، کیفیت آب بهسازی شده و سلامت رودخانه مجدداً احیا شود. به منظور حفاظت از کیفیت آب، ممانعت از ورود روان‌آب‌های آلودهٔ معابر، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و... ضرورت دارد. در این صورت بایستی سیستم فاضلاب شهری با مدیریت صحیحی طراحی و ساخته شود تا هم پاسخگوی زیرساخت شهری باشد و هم عاری از آلودگی‌های زیست‌محیطی. روان‌آب‌های شهری باید به‌عنوان فاضلاب خاکستری تصفیه شود و در صورت بهبود کیفیت آن، مورد استفادهٔ مجدد قرار گیرد.

ب: در صورت امکانِ ایجادِ تغییرات در بافت شهری، ساختار ژئومورفولوژیک رودخانه اصلاح شود به‌گونه‌ای که در هر مکانی که پتانسیل تغییر دارد، (در بافت‌های پراکندهٔ شهری مجاور به رودخانه یا اراضی اطراف شهرها در کرانهٔ رودخانه) فرم طبیعی رودخانه با حفظ حریم‌های مرتبط بهسازی شود، تا رود به شکل طبیعی خود (مئاندر) جریان یابد. در این صورت ساختار هیدرولوژیکی رودخانه نیز احیا می‌شود و سرعت جریان سیلاب نیز در صورت وقوع بحران کاهش می‌یابد. در این صورت کرانه‌های رودخانه بدان بازگردانده شده و در حریم این زیرساخت آبی، زیرساخت سبز پوشش‌های گیاهی نیز امکان رشد و تکثیر خواهند داشت، بدین ترتیب می‌توان اتصال و انسجام در پهروهای سبز ایجاد کرد. متعاقباً گونه‌های پرندگان و جانوران (محدود به زندگی شهری)، نیز افزایش یافته و شبکهٔ اکولوژیکی زیستی نیز احیا می‌شود.

ج: یکی دیگر از اهداف اکولوژیکی، افزایش انعطاف‌پذیری اکوسیستم رودخانه‌های شهری در مواجهه با اغتشاشات اقلیمی و مخاطرات محیطی است. به علت تغییرات اقلیمی در سال‌های متوالی و تغییرات جوی در فصول متعدد امکان ایجاد سیلاب وجود دارد. لذا کنترل سیلاب به علت مجاورت با بافت شهری و رخداد خطرات احتمالی، از ملزومات مدیریت شهری است که باید در برنامه‌ریزی‌های شهرسازی دیده شود. ایجاد و حفظ مورفولوژی طبیعی رودخانه، ایجاد وگسترش پوشش‌های گیاهی مجاور به حریم رودخانه (کریدور سبز)، وجود بافت طبیعی مصالح در بستر رود و عدم استفاده از مصالح نفوذناپذیر در بستر و بدنه از سرعت جریان آب می‌کاهد، و میزان جذب آب در زمین افزایش یافته (پوشش مصالح نفوذپذیر)، از حجم روان‌آب کاسته و امکان شکل‌گیری سیلاب را کاهش می‌دهد. این اقدامات صرفاً اکولوژیکی است که الزاماً همراه با اقدامات امنیتی-اجتماعی برای شهروندان، دراراضی مجاور رودخانه مانع از وقوع حوادث خواهد شد.

د: رودخانه‌های شهری به علت حضور در بافت‌های شهری




تصویر ۳. راهبردها و اهداف «احیا و بازسازی رودخانه مبتنی‌بر فرایند» در مقیاس‌های برنامه‌ریزی کلان و خُرد. مأخذ: نگارندگان.

متأثر از حضور اجتماع‌های انسانی است، لذا علاوه‌بر اهداف اکولوژیکی، اهداف اجتماعی نیز با آن دخیل می‌شود. حضور شهروندان در حریم رودخانه‌های شهری اجتناب‌ناپذیر است و در نتیجه مداخلات انسانی و ایجاد اختلال در فرایندهای طبیعی اکوسیستم رخ می‌دهد. جلوگیری از تداخل عملکردهای انسانی در اکوسیستم رودخانه از اهداف اجتماعی-اکولوژیکی است که با برنامه‌ریزی و تدوین اقدامات بهسازی متناسب با توسعهٔ شهری، ایجاد محدودیت برای حضور شهروندان در حریم رودخانه،

تغییر در نگرش مردم در زمینهٔ حفاظت از بستر طبیعی رود و زیستگاه‌های وابسته و فرهنگ‌سازی در مواجهه با طبیعت، قابل کنترل است. تا در طولانی‌مدت میزان تداخل انسانی کاهش یافته و بهسازی اکوسیستم تداوم یابد.

## نتیجه‌گیری

رودخانه‌های شهری یکی از ارگانیسم‌های زنده و طبیعی شهری با ماهیت اکولوژیکی هستند که بر اثر توسعه‌های شهری در کرانه‌های رود و توسعهٔ زیرساخت‌های خاکستری، دچار آسیب و تغییر شده‌اند به‌گونه‌ای که اکوسیستم رودخانه با اختلال مواجه شده و ماهیت اکولوژیکی خود را از دست داده‌اند. بهسازی اکولوژیک اکوسیستم رودخانه‌های درون‌شهری، راهی در چارچوب شهرسازی اکولوژیک و اهداف آن است. با توجه به ماهیت طبیعی رود و تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی، بهترین روش برای احیای ماهیت اکولوژیکی رودخانه «بهسازی مبتنی‌بر فرایند» است، و چنانچه با اهداف اکولوژیکی، در برنامه‌های توسعهٔ شهری جایگاهی بیابد، شهرها در چارچوب شهرسازی اکولوژیک توسعه خواهند یافت. لذا ضرورت دارد راهبردهایی جهت دستیابی به بهسازی مجدد به اکوسیستم رودخانه‌ها، حفاظت از کرانه‌های و اراضی مجاور آنها، افزایش انعطاف‌پذیری رودخانه‌های شهری و شهردر برابر مخاطرات محیطی و جلوگیری از مداخلات انسانی تدوین شود. این راهبردها در برنامه‌ریزی شهری در مقیاس‌های زمانی متعدد (کوتاه‌مدت و بلندمدت) تأثیرگذار بوده و موجب احیای اکوسیستم رودخانه‌های شهری و بهسازی ماهیت اکولوژیکی رودخانه و شهر می‌شوند. چنانچه اهداف و عملکردهای بهسازی رودخانه‌های شهری بازنگری شوند، می‌توان آنها را در سه دستهٔ کلی هیدرولوژی، اکولوژی و مورفولوژی تقسیم نمود که در برنامه‌ریزی‌های توسعهٔ شهری بایستی جایگاه ویژه‌ای بیابد. لذا در تطابق با برنامه‌ریزی‌های شهری باید به‌گونه‌ای تدوین شوند که قابلیت اجرا و تداوم داشته باشند. از آنجا که بهسازی رودخانه‌های شهری «بهسازی مبتنی‌برفرایند» است لذا نظارت و ارزیابی بر اجرا و پس از اجرا ضرورت دارد. از آنجا که تمامی برنامه‌های توسعهٔ شهری در جهت ارائهٔ خدمات به شهروندان است و ایجاد زیرساخت‌های شهری نیز به همین منظور صورت می‌پذیرد، محدودکردن یا ایجاد ممنوعیت برای حضور شهروندان در حریم رودخانه در

**مراحل اجرایی و برنامه‌ریزی با هدف توسعهٔ پایدار شهری**

| مؤلفه‌های اکولوژیک مؤثر بر بهسازی رودخانه‌های شهری | | شناسایی پروژه (سلامت رودخانه) | تدوین پروژه (براساس اهداف و راهبردها) | اجرای پروژه (براساس راهبردها و قوانین) | نظارت و ارزیابی بر پروژه |
|---|---|---|---|---|---|
| | هیدرولوژی | • وضعیت سلامت رودخانه (کیفیت آب و عملکرد حوضهٔ آبریز)<br>• ساختار هیدرولوژیکی جریان آب (رژیم جریان)<br>• نحوهٔ مصرف آب<br>• کنترل جریان آب (پتانسیل ذخیره‌سازی آب) | • مدیریت یکپارچه حوضهٔ آبریز رودخانه<br>• کنترل رسوبات (ذخیرهٔ رسوبات آلی و غیرآلی)<br>• ممانعت از انتقال روانآب‌های آلودهٔ شهری<br>• فیلتراسیون آب (زهکشی طبیعی با کریدور پوشش گیاهی، ایجاد ایستگاه تصفیه ، و...)<br>• تداوم شرایط هیدرولوژیکی اکوسیستم | • اجرا بر اساس سیاست‌های ملی و منطقه‌ای<br>• ایجاد اهداف هوشمند در برابر نتایج<br>• همکاری میان‌رشته ای: همکاری هیدرولوژیست، زیست‌شناس، بوم‌شناس، زمین‌شناس، اقتصاددان، جامعه‌شناس، شهرساز، برنامه‌ریز شهری، معمار منظر<br>• تعیین معیارها و اهداف قابل ارزشیابی برای بهسازی<br>• انتخاب تکنیک‌های مناسب با امکانات اجرا<br>• تعیین میزان ریسک و عدم قطعیت<br>• اولویت‌بندی در اقدامات بهسازی<br>• برنامه‌ریزی کوتاه و بلندمدت<br>• انعطاف‌پذیری در اجرای پروژه<br>• برنامه‌ریزی مالی<br>• برنامه‌ریزی زمانی | • نظارت مداوم برکیفیت هیدرولوژیکی رودخانه (نمونه‌برداری و آزمایش)<br>• نظارت بر زهکش‌های طبیعی و مصنوعی و ایستگاه‌های تصفیه |
| | تنوع بیولوژیکی | • نحوهٔ عملکرد اکوسیستم ( سلامت اکوسیستم)<br>• نحوهٔ خدمات اکوسیستم<br>• شناخت تنوع بیولوژیکی (شناخت گونه‌ها و زیستگاه‌ها، چگونگی و علت تغییر زیستگاه‌ها)<br>• بررسی فرایندهای بیولوژیکی در جریان رود<br>• کنترل سیلاب (تاب‌آوری) | • بهسازی بیولوژیکی اکوسیستم رودخانه<br>• تداوم شرایط بیولوژیکی رودخانه<br>• کنترل سیلاب با هدف حفظ تنوع بیولوژیکی<br>• حفاظت و مدیریت گونه های زیستی (افزایش گونه‌های گیاهی در طول رودخانه به منظور فیلتراسیون آب، کنترل سیلاب و کاهش فرسایش و افزایش پرندگان و جانوران)<br>• استفاده از گونه‌های گیاهی بومی (مقاوم در بوم و اقلیم)<br>• تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی | | • ارزیابی اثرات اکولوژیکی بر محیط<br>• نظارت بر فرایندهای اکولوژیکی پس از اجرا<br>• نظارت برحفاظت و مدیریت گونه‌های زیستی |
| | مورفولوژی | • شناسایی ویژگی‌های منحصربه‌فرد رودخانه<br>• بررسی تغییرات مورفولوژیکی<br>• شاخص‌های اصلاح فیزیکی و تغییر زمین‌شناسی<br>• محدودیت‌های کاربری زمین‌های مجاور با تدوین قانون | • ایجاد فرم مئاندر طبیعی رودخانه (با ایجاد تغییرات محدود در کرانهٔ کانال موجود جهت کنترل سیلاب)<br>• کنترل ساخت‌وساز و گسترش زیرساخت شهری در حریم رودخانه<br>• بهسازی ماتریس اکولوژیک رودخانه: پیوند یکپارچه کرانهٔ دو طرف رودخانه (بهروهای اکولوژیکی) با کریدور رودخانه | | • نظارت بر ساختار کانال و کرانه ها پس از وقوع سیلاب<br>• بازسازی پس از وقوع مخاطرات محیطی<br>• نظارت و بهسازی با توجه به بازخوردهای تغییرات طبیعی |

تصویر ۴. تدوین راهبردهای بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری برای برنامه‌های توسعهٔ شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک. مأخذ: نگارندگان.

برنامه‌ریزی‌های شهری توجیه‌پذیر نیست و این امر با حفظ ساختار اکولوژیک رودخانه (و حتی تمامی محیط‌های زیست شهری) در تضاد است. لذا حضور شهروندان یا ایجاد محدودیت در استفاده از رودخانه در ابعاد زیبایی‌شناسی و منظر شهری جایگاه می‌یابد (که در محدودهٔ مطالعات این پژوهش نیست). بنابراین تدوین راهبردهای بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک در چهار مرحلهٔ شناسایی پروژه، تدوین پروژه، اجرای راهبردها براساس اهداف و نظارت و ارزیابی بر پروژه امکان‌پذیر می‌شود. این پژوهش به روش قیاسی استنتاجی، راهبردهای اکولوژیک در جهت بهسازی اکوسیستم رودخانه‌های شهری و ماهیت اکولوژیکی آسیب‌دیدهٔ شهرها را برای برنامه‌های توسعهٔ شهری درچارچوب شهرسازی اکولوژیک تحلیل و تدوین کرده است. شایان ذکر است در هر اقلیم و سرزمینی، رودخانه‌ها ماهیت منحصربه‌فردی دارند که بر راهبردهای «بهسازی اکوسسیستم رودخانه‌ها» اثر می‌گذارند. «بهسازی اکوسیستم رودخانه‌های شهری» نتیجهٔ «توسعهٔ شهری» نادرست است اما با توجه به ضرورت «محافظت ماهیت اکولوژیکی رودخانه‌های شهری»، جهت شکل‌گیری شهرهای آینده و توسعهٔ آیندهٔ شهرها در چارچوب شهرسازی اکولوژیک، منطقی است پیش از تخریب ساختار اکولوژیکی رودخانه‌ها، اقداماتی زیست‌محیطی صورت گیرد و به این سؤالات پاسخ داده شود: چگونه برنامه‌ریزی توسعهٔ شهرهای آینده (از ابتدا) با توجه به ماهیت اکولوژیکی ارگانیسم‌های طبیعی درون‌شهری (به‌ویژه رودخانه‌ها) صورت پذیرد؟ چه راهبردهایی درشکل‌گیری شهرهای آینده، مانع از بروز اختلال بر اکوسیستم رودخانه‌های شهری می‌شود؟ چگونه زیرساخت‌های خاکستری شهرهای آینده، بدون تداخل یا با حداقل آسیب بر اکوسیستم‌های طبیعی رودخانه‌ها طراحی و ساخته شده و گسترش یابند؟

## اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان بدین‌وسیله اعلام می‌دارند در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

## پی‌نوشت‌ها

* این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری «ساناز حائری» با عنوان «تدوین مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی رودخانه‌های شهری با رویکرد منظر اکولوژیک، نمونهٔ مورد مطالعه: رودخانهٔ خشک (خرم‌دره) شیراز» است که به راهنمایی دکتر «محمدرضا مثنوی» در سال ۱۴۰۱در دانشکدهٔ معماری پردیس بین‌المللی دانشگاه تهران انجام شده است.

۱. لوئیس مامفورد (Lewis Mumford) ۱۹ اکتبر ۱۸۹۵ – ۲۶ ژانویه۱۹۹۰، متفکر و شهرساز سدهٔ بیستم اهل ایالات متحده آمریکا که شهرت وی بیشتر به‌واسطهٔ دیدگاه انسان‌گرایانه و بشردوستانه‌ای است که در آثار خود ارائه داده است. وی مورخ تمدن بشری، متخصص عصر ماشین، متخصص و کارشناس شهرهای متروپلیتن و واضع نظریه‌های جوهری در جغرافیای شهری است. مرید و پیرو پاتریک گدس بوده و مانند گدس، شهر را مکان حساس عصر ما می‌داند.

۲. Artificial ecosystems»-cities

۳. Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-being: Synthesis

۴. WUP: World Urbanization Prospect

۵. سرویس پشتیبانی، ارائه و تنظیم خدمات اکوسیستم، تأمین و سرویس‌های فرهنگی

۶. زیرساخت‌های شهری سامانه‌هایی هستند که به یک شهر یا کشور خدمات‌رسانی می‌کنند. منظور از زیرساخت‌های شهری جاده‌ها، پل‌ها، شبکه‌های فاضلاب شهری و... هستند که در اختیار عموم قرار دارند. اگرچه ممکن است تحت پوشش بخش دولتی یا خصوصی گسترش یافته و اداره شوند Piryonesi, ۲۰۱۹)). زیرساخت‌های یک شهر را در چهار دستهٔ کلی تقسیم‌بندی می‌کنند (Young, Symons & Jones, 2015): زیرساخت خاکستری: ساختمان‌ها، خیابان‌های درون‌شهری و جاده‌های برون‌شهری، تأسیسات شهری / زیرساخت سبز: محیط‌های زیست شهری مانند جنگل‌های درون یا حومهٔ شهر، پارک‌ها، درختان، دیوارهای سبز، بام سبز، زمین‌های کشاورزی درون یا حومهٔ شهر / زیر ساخت آبی: رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، راه‌های آبی و زیرساخت شهرهای حساس به آب / زیرساخت‌های انسانی: شبکه‌های اجتماعی، ساختارهای فرهنگی و اقتصادی.

۷. GBI: Green & Blue Infrastructure

۸. UNSIDAR: The United Nations Office for Disaster Risk Reduction

۹. EPA: Environmental Protection Agency

۱۰. Fragmentation

۱۱. طبق مطالعات اخیر، تقریباً ۸۰ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در معرض تهدیدات بالای امنیت آب و تخریب زیستگاه‌های رودخانه‌ها قرار دارند (Vörösmarty et al, 2010). شورای جهانی آب تخمین می‌زند بیش از نیمی از رودخانه‌های جهان آلوده شده یا در معرض خشک‌شدن هستند. فقط،کمتر از ۲۰ درصد از آب‌های شیرین جهان بکر و دست‌نخورده است. ازبین‌رفتن زیستگاه‌های طبیعی یکی از اولین عواقب نابودی اکوسیستم‌های آبی است (Beechie & Roni, 2012).

۱۲. River Restoration

۱۳. River Restoration: Habitat Rehabilitation, Habitat Enhancement, Improvement, Reclamation Strategies, Flood Mitigation

۱۴. Reclamation strategies: revival

Land reclamation: process of restoring land that has been mined or converting bodies of water to land

احیای اراضی: فرایند احیای زمین‌های استخراج‌شده یا تبدیل بدنه‌های آبی به زمین

۱۵. Environmental, Urban- Spatial, Cultural-Social factors, Political-Economical factors

۱۶. The concept of process-based river restoration

۱۷. Culvert

## فهرست منابع


• آل هاشمی، آیدا. (۱۳۹۴). *رویکرد منظرین به زیرساخت‌های شهری؛ راهبردهای توسعهٔ شبکه‌های آبی تهران به‌مثابهٔ زیرساخت منظرین* (رسالهٔ دکتری معماری). دانشکدهٔ هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران.

• احمدی، فریال. (۱۳۹۳). *روش شناختی مرمت منظر گستره‌های طبیعی در ایران با تأکید بر رویکرد اکولوژی منظر* (رسالهٔ منتشرنشدهٔ دکتری معماری منظر). دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

• احمدی، فریال؛ بمانیان، محمدرضا و انصاری، مجتبی. (۱۳۹۶). روش مرمت منظر مناظر طبیعی بر مبنای رویکرد اکولوژی منظر. *باغ نظر*، ۱۴(۵۶)، ۵-۱۶.

• بحرینی، سیدحسین. (۱۳۷۶). شهر، شهرسازی و محیط زیست. *محیط‌شناسی*، ۲۰(۱۹)، ۷۵-۸۴.

• پاسبان حضرت، غلامرضا. (۱۳۹۲). چشم‌انداز و چالش‌های محیط زیست شهری. *اولین کنفرانس ملی خدمات شهری و محیط زیست*، دانشگاه فردوسی، مشهد.

• پوریوسفزاده، سارا؛ بمانیان، محمدرضا و انصاری، مجتبی. (۱۳۹۱). معیارهای مرمت منظر محوطه‌های تاریخی و طبیعی با تأکید بر محوطه بیستون -کرمانشاه. *باغ نظر*، ۹(۲۲)، ۳۵-۴۴.

• تقوایی، سید حسن. (۱۳۸۹). ماهیت منظر شهری از دیدگاه معماری منظر: اهمیت مؤلفه های طبیعی در منظر شهری تهران. *اولین همایش ملی منظر شهری*، جهاد دانشگاهی، تهران.

• حائری، ساناز و اسماعیل‌دخت، مریم. (۱۴۰۱). مقیاس‌های تعامل منظر شهری با اکولوژی شهری در برنامه‌های توسعهٔ شهری. *منظر*، ۱۴(۵۹)، ۵۸-۷۳.

• حبیبی، امین. (۱۳۹۰). *تبیین و ارزیابی مؤلفه‌های مؤثر بر ارتقای نقش منظر در پایداری محیط، بررسی نمونه موردی رودخانهٔ خشک شیراز* (رسالهٔ منتشرنشدهٔ دکتری معماری) دانشکدهٔ هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران.

• دبیری، مریم و مثنوی، محمدرضا. (۱۳۹۴). از توسعهٔ شهری تا شهرسازی اکولوژیک منظرگرا. *منظر*، ۷(۳۲)، ۶۶-۷۳.

• دبیری، مریم. (۱۳۹۷). *تدوین چارچوب مفهومی و مؤلفه‌های مؤثر شهرسازی منظرگرای پایدار و راهبردهای آن در راستای پایداری شهری* (رسالهٔ منتشرنشدهٔ دکتری معماری منظر). پژوهشکدهٔ هنر، معماری و شهرسازی نظر، تهران، ایران.

• دیناروندی، مرتضی؛ صالحی، اسماعیل؛ یاوری، احمدرضا و شاکرزاده، محمد. (۱۳۹۱). رود دره‌ها به‌عنوان پارادایم شاخصه‌های طبیعی در حفظ محیط زیست شهری (مطالعه موردی: رود دره درکه). *دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

• زارع، نازنین. (۱۳۹۷). *ارزیابی و مدلسازی تاب‌آوری شهری در برابر سیل و راهکارهایی برای افزایش تاب‌آوری: مطالعه موردی کلان‌شهر شیراز* (رسالهٔ منتشرنشدهٔ دکتری معماری). دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

• شریف شهیدی، محمد. (۱۳۹۱). *تبیین چارچوب نظری فرایند طراحی منظر پایدار* (رسالهٔ منتشرنشدهٔ دکتری معماری). دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

• شیبانی، مهدی. (۱۳۸۹). آسیب‌شناسی منظرشهری تهران. *منظر*، ۲(۹)، ۲۶-۲۹.

• مامفورد، لوییس. (۱۳۹۷). *شهر در بستر تاریخ، خاستگاه‌ها، دگرگونی‌ها و دورنماهای آن* (ترجمهٔ احمد عظیمی بلوریان). چاپ سوم. تهران: رسا.

• مقدسی، نگین السادات. (۱۳۹۵). *طراحی منظر بزرگراه‌های شهری با رویکرد اکولوژیک (نمونه موردی: بزرگراه شهید چمران)* (پایان‌نامهٔ منتشرنشدهٔ کارشناسی ارشد معماری منظر). دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

• یوسفی نجف آبادی. مریم. (۱۳۹۵). معیارهای ارزیابی طرح‌های احیای فضاهای طبیعی درون‌شهری. *هفت شهر*، ۴(۵۵-۵۶)، ۷۴-۸۶.

• Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*. New York: Springer.

• Allan, J.D. & Castillo, M.M. (2007). Detrital energy sources. In: J.D. Allan & M.M. Castillo (Eds.), *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Netherlands: Springer, pp. 135–161.

• Andermatt Conley, V. (2013). Urban ecological practices Felix Guattari›s three ecologies. In: M. Mostafavi & Doherty (Eds.), *Ecologycal Urbanism*. Cambridge: Lars Muller Publisher.

• Bagley, S. (1998). *The road-ripper's guide to wildland road removal. Wildlands Center for Preventing Roads*. Wildland Center for Preventing Roads, Missoula, MT. http://www.wildlandscpr.org/road - rippers - guide - wildland -road – removal.

• Beechie, T. & Roni, P. (eds.). (2012). *Stream and Watershed Restoration: A Guide to Restoring Riverine Processes and Habitats. Chichester*. West Sussex; Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

• Beechie, T. J., Sear, D. A., Olden, J. D., Pess, G. R., Buffington, J. M., Moir, H., Roni, P., & Pollock, M. M. (2010). Process-Based Principles for Restoring River Ecosystems. *BioScience*, 60(3), 209–222.

• Bélanger, P. (2016). Redefining Infrastructuren. In: M. Mostafavi & D. Gareth (eds.) *Ecological Urbanism*. Baden, Switzerland: Harvard University Graduate School of Design and Lars Muller Publishers, pp. 458-467.

• Bennett, E. M., Peterson, G. D. & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394–1404.

• Bibri, S. E. (2020). The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions. *Energy Informatics*, 3(1), 1-26.

• Brierley, G. J. & Fryirs, K. A. (eds.). (2004). *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. Blackwell: Oxford.

• Boon, P.J., Morgan, D.H.W. & Palmer, M.A. (1992). Statutory protection of freshwater flora and fauna. *Protection of Freshwater Flora and Fauna*, 91-101.

• Brooks, S. S., Palmer, M. A., Cardinale, B. J., Swan, C. M., & Ribblett, S. (2002). Assessing Stream Ecosystem Rehabilitation: Limitations of Community Structure Data. *Restoration Ecology*, 10(1), 156–168.

• Brown, R. R., Keath, N. & Wong, T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science and Technology*, 59(5), 847–855.

• Cairns, J. (1982). Restoration of damaged ecosystems. In: W.T. Mason & S. Iker (Eds.), *Research on Fish and Wildlife Habitat*. U.S., Washington: Environmental Protection Agency, pp. 220-239.

• Colding, J., Samuelsson, K., Marcus, L., Gren, Å, Legeby, A., Berghauser Pont, M., Barthel, S. (2022). Frontiers in Social–Ecological Urbanism. *Land*, 11(6), 929.

• Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Portland (OR): Timber Press.

• Farina, A. (2006). Principles and methods in landscape ecology. In: A. Farina (ed.), *Methods in Landscape Ecology*. Netherland: Springer, pp. 313-391.

• Forman, R. T. T. (2014). *Urban Ecology Science of cities*. New York: Cambridge University Press.

• Georgiou, S. & Turner, R. K. (2012). *Valuing ecosystem services: the case of multi- functional wetlands*. London: Routledge.

• Gilvear, D. J., Spray, C. J. & Casas-Mulet, R. (2013). River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of Environmental Management*, 126, 30–43.

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

• Gurnell, A., Thompson, K., Goodson, J. & Moggridge, H. (2008). Propagule deposition along river margins: linking hydrology and ecology: Propagule deposition along river margins. *Journal of Ecology*, 96(3), 553–565.

• Hagan, S. (2010). ‹Performalism›: environmental metrics and urban design. In: M. Mostafavi, & G. Dogherty (eds.), *Ecological Urbanism. Harvard University Graduate School of Design and Lars Muller Publishers*. Switzerland: Baden. pp. 458-467.

• Hodson, M. & Marvin, S. (2013). ECO-Urbanism as Transcendent Urbanism. In: M. Mostafavi & G. Dogherty (eds.), *Ecological Urbanism*. Baden, Switzerland: Harvard University Graduate School of Design and Lars Muller Publishers, pp. 458-467.

• Hoover, T. M., Marczak, L. B., Richardson, J. S. & Yonemitsu, N. (2010). Transport and settlement of organic matter in small streams. *Freshwater Biology*, 55(2), 436-449.

• Kennedy, C., Cuddihy, J. & Engel-Yan, J. (2007) The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11 (2), 43–59.

• Kongjian, Y. (2016). Aggregation and integration, measured by big feet. *Landscape Architecture Frontiers*, 4(2), 4-7.

• Kondolf, G. M., Boulton, A. J., O'Daniel, S., Poole, G. C., Rahel, F. J., Stanley, E. H., Wohl, E., B\an ang Asa, Carlstrom, J., and Cristoni, C. & et al. (2006). Process-based ecological river restoration: visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society*, 11(2), 5.

• Kötter, T. & Friesecke, F. (2011). *Developing urban indicators for managing mega cities.* The World's Population: Washington, DC, USA, 2009; pp. 1–17.

• Lemons, J. & Victor, R. (2008). Uncertainty in River Restoration, in: River Restoration: Managing the Uncertainty in Restoring Physical Habitat. In: Darby S.E., Sear D. (eds.) *Uncertainties in river restoration.* Chichester: Wiley, pp. 3–13.

• Martin-Carrasco, M., Evans-Lacko, S., Dom, G., Christodoulou, N. G., Samochowiec, J., González-Fraile, E., ... & Wasserman, D. (2016). *EPA guidance on mental health and economic crises in Europe.* European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience, 266, 89-124.

• Masnavi, M. R., Tasa, H., Ghobadi, M., Farzad Behtash, M. R. & Negin Taji, S. (2016). Restoration and Reclamation of the River Valleys' Landscape Structure for Urban Sustainability using FAHP Process, the Case of Northern Tehran-Iran. *International Journal of Environmental Research*, 10(1), 193–202.

• Mish, F. C. (Ed.). (2004). *Merriam-Webster›s collegiate dictionary.* (Vol. 1). Springfield (MA): Merriam-Webster.

• Mostafavi. M. (2013). Why ecological urbanism? why now? In: M. Mostafavi, & G. Dogherty (eds.), *Ecological Urbanism.* Baden, Switzerland: Harvard University Graduate School of Design and Lars Muller Publishers, pp. 458-467.

• Nilsson, C., Pizzuto, J. E., Moglen, G. E., Palmer, M. A., Stanley, E. H., Bockstael, N. E., & Thompson, L. C. (2003). Ecological Forecasting and the Urbanization of Stream Ecosystems: Challenges for Economists, Hydrologists, Geomorphologists, and Ecologists. *Ecosystems*, 6(7), 659–674.

• Novotny, V., Ahern, J. & Brown, P. (2010). Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting and Building the Next Urban Environment. New York: John Wiley & Sons.

• Odum, E. P. & Barrett, G. W. (1971). Fundamentals of ecology. Philadelphia: Saunders.

• Paul, M. J. & Meyer, J. L. (2001). Streams in the Urban Landscape. Annual Review of Ecology and Systematics, 3 (1), 333–365.

• Pedroli, B., Blust, G., Looy, K. & Rooij, S. (2002). Setting targets in strategies for river restoration. Landscape Ecology, 17(1), 5-18.

• Piryonesi, S. M. (2019). The application of data analytics to asset management: Deterioration and climate change adaptation in Ontario roads (Published Ph.D. Thesis). University of Toronto, Canada.

• Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegaard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E. & Stromberg, J. C. (1997). The natural flow regime. BioScience, 47(11), 769-784.

• Pretty, J. L., Harrison, S. S. C., Shepherd, D. J., Smith, C., Hildrew, A. G., & Hey, R. D. (2003). River rehabilitation and fish populations: assessing the benefit of in stream structures. Journal of Applied Ecology, 40(2), 251–265.

• Reed, C. (2010). The agency of ecology. Ecological Urbanism, 338-343.

• Richardson, J. S., Zhang, Y. & Marczak, L. B. (2010). Resource subsidies across the land–freshwater interface and responses in recipient communities. River Research and Applications, 26(1), 55–66.

• Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L. & Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. Ecological Applications, 13(1), 206–224.

• Riley, A. & Leopold, L. B. (1998). Restoring Streams in Cities: A Guide for Planners, Policymakers, and Citizens. Washington, D.C: Island Press.

• Sabbion, P. (2017). Urban River Restoration. In: K. Perini, & P. Sabbion (Eds.). Urban Sustainability and River Restoration. BlacKwell: Wiley.

• Sear, D. A. (1994). River restoration and geomorphology. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 4(2), 169–177.

• Shuster, W.D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E. & Smith, D.R. (2007). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. Urban Water Journal, 2(4), 263-275.

• Stanford, J. A., Frissell, C. A. & Coutant, C. C. (2006). The Status of Freshwater Habitats. In: R.N. Williams (ed.), Return to the River. Burlington: Academic Press, pp. 173–248.

• Steiner, F. (2011). Landscape ecological urbanism: Origins and trajectories. Landscape and Urban Planning, 100(4), 333-337.

• Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. 7 James, Ph. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning, 81(3), 167-178.

• United Nations. (2014). World Urbanization Prospects.United Nations: New York.

• Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467(7315), 555-561.

• Voskamp, I.M. & Van de Ven, F.H.M. (2015). Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. Building and Environment, 83, 159-167.

• Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, I. R. P. (2005). The urban stream syndrome: Current

knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society,* 24(3), 706–723.
• Ward, J. V. (1998). Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, 83(3), 269–278.
• Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1995). Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11(1), 105–119.
• White, I. (2013). *Water and the City: Risk, Resilience and Planning for a Sustainable Future.* London and New York: Routledge.
• Young, C., Symons, J. & Jones, R. (2015). *Investing in Growth: Understanding the Value of Green Infrastructure Workshop Report.* Victoria Institute of Strategic Economic Studies, Victoria University, Melbourne, pp. 57.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the authors with publication rights granted to Manzar journal. This is an open access article disributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**نحوهٔ ارجاع به این مقاله**
حائری، ساناز و مثنوی، محمدرضا. (۱۴۰۲). تحلیل و تدوین راهبردهای بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری در چارچوب شهرسازی اکولوژیک. *منظر*، ۱۵(۶۲)، ۵۴-۷۱.

DOI: 10.22034/MANZAR.2023.356492.2204
URL : http://www.manzar-sj.com/article_166835.html