

ارزیابی زیرساخت‌های سبز شهری به منظور اصلاح تدریجی آن‌ها در سیمای سرزمین تهران

مهسا یزدان‌پناه^{۱*}، احمدرضا یآوری^۲، لعبت زبردست^۳، سیده آل محمد^۴

۱. کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
ayavari@ut.ac.ir

۳. استادیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
lzebardast@ut.ac.ir

۴. کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

Sh.alemohammad@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۳/۱۰

تاریخ وصول مقاله: ۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

یکی از چالش‌هایی که بسیاری از شهرها در نتیجه افزایش جمعیت و مصرف زمین، با آن مواجه‌اند، از بین رفتن سیستم پشتیبان حیات یا شبکه زیرساخت‌های سبز است. از آنجا که این زیرساخت‌ها ارائه‌دهنده خدمات اکولوژیک متعددی برای مناطق شهری‌اند، امروزه توجه بسیاری از برنامه‌ریزان شهری را به خود جلب کرده‌اند. تهران نیز در دهه‌های اخیر رشد سریعی داشته و اختلال‌های جدی ساختاری در آن ایجاد شده که در مطالعات مختلف به آن پرداخته شده است. اما این مطالعه مناطق بیست‌و دوگانه تهران را از نظر دارابودن فرصت مرمت، حفاظت، توسعه و بهره‌وری و به طور کلی مناطقی که بیش از بقیه در معرض تخریب زیرساخت‌های سبز قرار دارند، شناسایی می‌کند. از این‌رو هدف از این پژوهش ابتدا شناسایی و تشریح این زیرساخت‌ها، سپس تعیین نارسایی آن‌ها با در نظر گرفتن توزیع فضایی عوامل تخریب است. در این پژوهش ابتدا زیرساخت‌های سبز تهران در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، شناسایی، سپس بر اساس حضور تباهی‌ها در سطوح سبز و باز و با استفاده از مفاهیم و متریک‌های سیمای سرزمین ارزیابی شده است. در نهایت با توجه به خصوصیات ساختاری هر منطقه، راهبردهایی برای ارتقای وضعیت زیرساخت‌های سبز پیشنهاد شده است.

کلیدواژه

اکولوژی سیمای سرزمین، تغییرات پوشش زمین، زیرساخت‌های سبز شهری، متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین.

۱. سرآغاز

سبز^۱، که به منزله سیستم پشتیبان حیات^۲ و ارائه‌دهنده خدمات اکولوژیک تلقی می‌شود، یک معضل اساسی برای مناطق شهری ایجاد و توجه بسیاری از برنامه‌ریزان را به خود جلب کرده است (Weber, et al., 2006).

زیرساخت‌های سبز که عموماً در مقابل زیرساخت‌های مصنوع (مانند راه، تأسیسات آب و برق) به کار می‌روند، بیانگر فراوانی و توزیع عناصر طبیعی مانند جنگل، تالاب و رودخانه در سیمای سرزمین‌اند. این زیرساخت‌ها به منزله یک سیستم پشتیبان حیات، یک شبکه بهم‌پیوسته از

از نیمه دوم قرن بیستم، شهرنشینی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، رشد شتابانی را در پیش داشته و مشکلات محیط‌زیستی متعددی را در مقیاس‌های مختلف به وجود آورده است (Cui and Shi, 2012). توسعه شهری سبب تخریب و انقطاع بسیاری از زیستگاه‌های طبیعی شده، سیستم‌های هیدرولوژیک را تخریب کرده و چرخه‌های مواد و انرژی را تغییر داده است (Alberti and Marzluff, 2004; Bierwagen, 2007). از بین رفتن زیرساخت‌های

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در اکولوژی سیمای سرزمین این است که الگوی سیمای سرزمین شدیداً بر فرایندها و خصوصیات اکولوژیکی تأثیر می‌گذارد. درک تعاملات پویای ساختار و عملکرد، مؤثرترین روش برای برنامه‌ریزان سیمای سرزمین برای درک، برنامه‌ریزی و مدیریت تغییرات ناشی از توسعه است (Forman and Godron, 1986). در این راستا، متریک‌های سیمای سرزمین ابزاری مفید برای به کارگیری مفاهیم اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی و کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزایک‌های کل سیمای سرزمین‌اند (McGarigal, et al., 2002).

این متریک‌ها ساختار را کمی می‌کنند و با برقراری ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین، امکان مدل‌سازی را به برنامه‌ریزان می‌دهند، بنابراین امکان پیش‌بینی تأثیر اقدامات برنامه‌ریزی در سیستم‌های اکولوژیک را فراهم می‌کنند. به‌رغم اهمیت متریک‌ها در کمی کردن خصوصیات ساختاری سیمای سرزمین، استفاده از آن‌ها بیشتر در پژوهش‌های اکولوژی است و در برنامه‌ریزی کمتر استفاده شده‌اند (Turner, et al., 2001; Botequilha, et al., 2006).

مرور پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که ارزیابی و برنامه‌ریزی زیرساخت‌های سبز شهری و استفاده از رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی شهری، در سایر نقاط دنیا نیز انجام شده است. برای مثال، در سال ۲۰۱۲، در سنژن چین برنامه‌ریزی زیرساخت‌های سبز بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. در این مطالعه ابتدا الگوی کلی سیمای سرزمین با استفاده از مدل لکه - کریدور - ماتریس^۷ تحلیل و با استفاده از روش شاخص پیوستگی اکولوژیک^۸، پیوستگی اکولوژیک زیرساخت‌های سبز، ارزیابی شده است. در انتها نیز مناطق با ارزش اکولوژیک و مناطق کلیدی برای حفاظت و بازسازی شناسایی شده‌اند و روشی برای ادغام زیرساخت‌های سبز در فرایند برنامه‌ریزی کاربری زمین

عناصر طبیعی (جنگل و تالاب)، نیمه طبیعی (باغ و زمین‌های کشاورزی) و مصنوع (بام سبز) ایجاد می‌کنند و خدمات اکولوژیکی مانند پاک‌سازی هوا، فیلتراسیون و خنک کردن آب (خدمات تنظیمی)^۳، به چرخش درآوردن مواد مغذی و آب و تولید خاک (خدمات حمایتی)^۴، تأمین مواد غذایی (خدمات تأمین‌کننده)^۵ و ارزش‌های زیبایی‌شناسی و اکوتوریسم (خدمات فرهنگی)^۶ ارائه می‌دهند (Weber, et al., 2006; Chang, et al., 2012; Lyke, et al., 2012). حضور این زیرساخت‌ها به اندازه زیرساخت‌های مصنوع برای جوامع مدرن ضروری است و از دست رفتن آن‌ها هزینه‌های پنهانی برای جامعه به دنبال دارد (M'ikiugu, et al., 2012).

به‌رغم اهمیت این شبکه فیزیکی - زیستی شهر، تاکنون نقش آن‌ها در برنامه‌ریزی‌ها نادیده گرفته شده و روند برنامه‌ریزی با تأکید بر شبکه زیرساخت‌های مصنوع تأمین‌کننده انرژی و ماده بوده است. از این رو برنامه‌ریزان شهری برای مدیریت مسائل مربوط به سیستم‌های شهری با چالش‌های فراوانی مواجه شده‌اند که ناشی از درک ناچیز نقش اکولوژی شهری در زیرساخت‌های شهری و عملکرد اکوسیستم‌هاست و سبب ناکارآمدی برنامه‌ریزی شهری طی زمان شده است (Kattel, et al., 2013).

به‌تازگی به‌طور فزاینده‌ای به برنامه‌ریزی زیرساخت‌های سبز (که گاهی تحت عناوین مختلف به کار می‌رود) از سوی برنامه‌ریزان سیمای سرزمین و کلان‌شهرها، به‌منزله یک راه‌حل مؤثر برای ایجاد یک شبکه با کارکرد اکولوژیک، در مناطقی که به شدت تحت تأثیر تغییرات انسانی قرار گرفته، توجه شده است. با وجود گستردگی در موضوع و مقیاس فضایی مطالعات این زیرساخت‌ها، همه آن‌ها با هدف برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار زمین انجام می‌شوند و برنامه‌ریزی برای آن‌ها کاملاً به مفاهیم اکولوژی سیمای سرزمین مانند ساختار، کارکرد، پیوستگی و پویایی وابسته است (Marcucci and Jordan, 2013).

در ایران نیز، از جمله پژوهش‌های مشابه، پژوهش پریور و دیگران است که در آن ساختار اکولوژیک تهران (۲۰۰۲) تحلیل و با روش آسیب‌شناسی بالینی ساختار معیوب موجود تهران به صورت کمی شناسایی شده است. در این پژوهش از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده و اقدامات اصلاحی برای بهبود فرایندهای اکولوژیک، به ویژه فرایندهای مرتبط با آب و هوا ارائه شده است (پریور و دیگران ۱۳۸۵). در پژوهش دیگری نیز با استفاده از تجزیه و تحلیل ساختار سیمای سرزمین و با تأکید بر شبکه موزایک لکه‌های باقیمانده، پیشنهادهایی برای بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری ارائه شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شمال تهران به دلیل حضور رودخانه‌ها در یک موزایک ناهمگن لکه‌های سبز درشت‌دانه، از لحاظ هزینه بازگردانی، در اولویت قرار دارد. جنگلداری در جنوب شهر نیز اولویت بعدی برای بازگردانی موزایک لکه‌های سبز و باز باقیمانده است (Yavari, et al., 2007). در سال ۱۳۹۰ نیز، پژوهشی با هدف بررسی برنامه پایداری شبکه سبزها در نمونه مطالعاتی سیمای سرزمین تهران انجام شده است. در این مطالعه، از طریق مقایسه شاخص‌های پایداری رویکردهای مختلف بوم‌شناختی، شاخص‌های جدیدی برای برنامه‌ریزی شبکه سبزهای شهری پیشنهاد و در پایان نتیجه‌گیری شده است که ضمن حفاظت از شبکه فضاهای سبز موجود و احداث و گسترش فضاهای سبز جدید و ایجاد ارتباط دالانی بین نواحی سبز پراکنده، پایداری استعلایی شبکه جمعیتی گونه‌ها و هماهنگی فضایی شبکه زیستگاهی عرصه‌بندی نوین سیمای سرزمین‌ها نیز، از مهم‌ترین سیاست‌های توسعه سیمای سرزمین تهران خواهد بود (برق‌جلوه، ۱۳۹۰). در مطالعه دیگری (۱۳۹۳) با استفاده از اصل پیوستگی با انشعابات^{۱۱}، زیرساخت‌های اکولوژیک منظر در منطقه ۲ شهرداری تهران تحلیل و طراحی محیطی شده است. هدف این مطالعه بهبود ساختار و الگوهای اصلی اکولوژیک منطقه و در نهایت افزایش سطح کیفیت زندگی

ارائه شده است (Chang, et al., 2012). در مطالعه دیگری در سنژن، فرایندهای فضایی مرتبط با زیرساخت‌های سبز در اثر رشد سریع شهرنشینی بررسی شده است. در این پژوهش برای شناسایی الگوی سیمای سرزمین از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده و تغییرات الگوی فضایی زیرساخت‌های سبز کمی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات شایان توجه معناداری در الگوی فضایی زیرساخت‌های سبز طی شهرنشینی وجود داشته است. این فرایندهای تغییر، هم با مرحله شهرنشینی و هم با الگوی گسترش شهر مطابقت داشته‌اند (Cahng, et al., 2012). در پژوهش دیگری نیز به ارزیابی زیرساخت‌های سبز در ایالات متحده، در مقیاس ملی پرداخته شده است. در این پژوهش زیرساخت‌های سبز با روش تحلیل الگوی فضایی مورفولوژیک^۹ نقشه‌سازی و اطلاعات مربوط به تغییرات پوشش زمین در فاصله زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ برای ارزیابی زیرساخت‌های سبز استفاده شده است (Wickham, et al., 2010). در سال ۲۰۰۶ نیز در میلند، برای شناسایی و رتبه‌بندی مناطق با ارزش اکولوژیک و مناطق در خطر تخریب ناشی از توسعه، زیرساخت‌های سبز با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین ارزیابی شده‌اند. در این پژوهش زیرساخت‌های سبز شناسایی و بر اساس شاخص‌های مختلف اکولوژیک و ریسک توسعه رتبه‌بندی شده‌اند (Weber, et al., 2006). در پژوهش دیگری از شاخص‌های ساختار سرزمین برای ارزیابی شبکه‌های اکولوژیک شهری در فونیکس آریزونا استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از تجزیه و تحلیل محتوای لکه، تجزیه و تحلیل محتوای کریدور و تجزیه و تحلیل ساختار شبکه زیست‌پذیری^{۱۰} شبکه‌های اکولوژیک در فونیکس ارزیابی شده است. نتایج مطالعه نشان داده است که سیستم اکولوژیک در فونیکس به بهسازی شایان توجهی نیاز دارد و مفاهیم شبکه‌های اکولوژیک باید در راهبردهای برنامه‌ریزی برای بهبود شرایط موجود لحاظ شوند (Cook, 2002).

۷۳۰ کیلومتر مربع بالغ می‌شود (گزارش وضعیت زیست‌محیطی شهر تهران، ۱۳۸۶).

تهران در یک فیزیوگرافی منطقه‌ای به شکل نیم‌کاسه ای با کوهستان‌های بلند در لبه شمالی و رشته‌کوه‌هایی در شرق و بیابان (کویر) شور در پایین‌ترین قسمت جنوبی آن قرار گرفته است. به طور کلی می‌توان ویژگی‌هایی مثل ارتفاع زیاد، کمبود بارش، نبود پوشش گیاهی مناسب، شیب زیاد و خشک‌بودن را برای مناطقی همچون تهران - که در فلات مرکزی و از بزرگ‌ترین فرونشست‌های شمالی فلات به صورت حوضه آبخیز بسته قرار گرفته است - برشمرد. تهران به وسیله دو رود اصلی جاجرود در شرق و رود کرج در غرب همراه رودهای فصلی جعفرآباد (در بند)، دارآباد (سعادت‌آباد)، درکه و کن که همگی از شمال به جنوب جریان دارند، مشروب می‌شود (چکیده طرح جامع شهر تهران، ۱۳۷۷). اقلیم تهران مدیترانه‌ای و بیشتر متأثر از ارتفاعات البرز مرکزی است. به طور کلی آب و هوای این شهر دارای شرایط نیمه کویری با بارندگی کم (کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال) است (مخدوم، ۱۳۷۳).

هم‌اکنون تهران کلان‌شهر بزرگی است که در روند نابودی محدوده‌های طبیعی‌اش نه تنها تغییر بنیادینی کرده، بلکه محدوده‌های اطرافش را نیز تحت تأثیر قرار داده است (پریور و دیگران، ۱۳۸۵). تهران تحت تأثیر عوامل شکل‌زایی طبیعی بلندمدت (آب و هوا و زمین‌شناسی)، میان‌مدت (هیدروژئومورفولوژیک و تضاد آب و هوای فصلی و غیره) و کوتاه‌مدت و سریع (انسانی) به شهری فاقد پایداری از نظر ساختار سرزمین شهری و فاقد کیفیت و سرزندگی از نظر عملکرد محیط‌زیست تبدیل شده است. این روند توالی بر اهمیت تشدید سیاست‌های محافظه‌کارانه در حفاظت از شرایط طبیعی و جلوگیری از روند تخریب ساختار سرزمین (پوشش گیاهی، کریدورهای طبیعی و فضاها طبیعی باز و ...) و افزایش آلودگی تأکید دارد (مهندسین مشاور همکار، ۱۳۸۴).

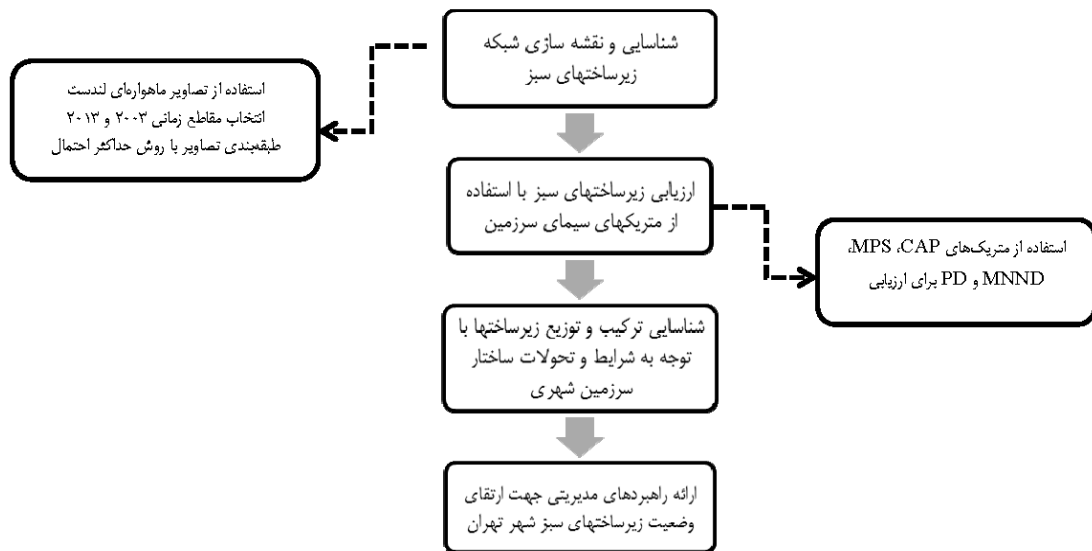
شهروندان بوده است. در نهایت اقدامات استراتژیک در چارچوب طراحی اکولوژیک زیرساخت‌های شهری تدوین و شبکه زیرساخت‌های اکولوژیک منظر مطابق با اصل مذکور طراحی شده‌اند (کوخایی و مثنوی، ۱۳۹۳).

تاکنون پژوهش‌ها در زمینه فضای سبز یا سیمای سرزمین شهری در منطقه مطالعاتی (تهران)، با توجه به ارتباط با بستر طبیعی یا آلودگی‌ها کنکاش شده‌اند، اما در پژوهش حاضر تفکیک و اولویت‌بندی مناطق شهری با توجه به مجموعه تباهی‌ها در زیرساخت‌های اکولوژیک و عوامل مولد آن مدنظر بوده است. این کار با هدف معرفی نیازهای اولویت‌دار برای تدوین برنامه استراتژیک و اتخاذ تصمیمات راهبردی از سوی متولیان انجام شده است. لذا در این پژوهش اراضی سبز و باز تحت عنوان کلی زیرساخت‌های سبز، با توجه به خصوصیات ساختاری و ترکیب و توزیع، بررسی شده‌اند تا در نهایت بتوان بر اساس اهمیت عناصر طبیعی و شدت تخریبی که هر منطقه شهری با آن مواجه است، همچنین در نظر گرفتن شرایط موجود و روند تحولات ساختاری در سرزمین شهری، اولویت‌های اقدام را در هر منطقه مشخص کرد. باید توجه داشت که این عناصر طبیعی مکان معینی دارند و بخشی از ارزش آن‌ها با توزیع فضایی آن‌ها مرتبط است. لذا شناخت اقدامات اصلاحی و به‌ویژه تعیین اولویت‌های اقدام مستلزم شناخت ترکیب و توزیع فضایی و روند تحولات ساختار سرزمین شهری است، زیرا کارکرد آن‌ها منوط به مکان حضور آن‌هاست.

۲. معرفی منطقه مطالعاتی

تهران با وسعتی بالغ بر ۷۳۰ کیلومتر مربع، در دامنه جنوبی کوه‌های البرز و حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران، در دشتی به نسبت هموار واقع شده است. تهران به ۲۲ منطقه شهری تقسیم شده است که مساحت آن بدون احتساب حریم شهری حدود ۶۱۳ کیلومتر مربع و با احتساب این حریم به

متد بودن و پیوسته بودن زیستگاه از نظر فضایی یا از نظر عملکردی) و مفاهیم فضایی مانند موزاییک سیمای سرزمین و همین‌طور اصل پیوستگی با انشعابات استفاده شده است. این مفاهیم ارتباط هندسی بر نگهداری لکه‌های بزرگ پوشش گیاهی طبیعی، حفظ کریدورهای عریض رودکناری، حفظ پیوستگی با اولویت لکه‌های بزرگ‌تر و حفظ ناهمگنی از طریق لکه‌های ناهمگن طبیعی در میان مناطق توسعه‌یافته‌تر تأکید دارند (Forman, 1995). زیرا این خصوصیات ساختاری خاص، تضمینی برای عملکرد کارا و مؤثر لکه‌های طبیعی باقیمانده‌اند. گام‌های پژوهش به طور خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است:



شکل ۱. مراحل پژوهش

۳. روش تحقیق

روش استفاده‌شده در این پژوهش برای ارزیابی زیرساخت‌های سبز، استفاده از تجزیه و تحلیل ساختار اکولوژیک در مقیاس سرزمین و در چارچوب استدلال مبتنی بر ارتباطات کارکرد و ساختار یا فرایند و الگوی شکلی است. در مقیاس سرزمین شهری می‌توان بدون تفکیک ابعاد زیستی، فیزیکی و انسانی، شناختی از سرزمین شهری پیدا کرد که بیان و تشریح آن قابل استفاده در برنامه‌ریزی و مدیریت (بر اساس پوشش اراضی و ترکیب و توزیع آن) باشد. در این پژوهش از مفاهیم اصلی در اکولوژی سیمای سرزمین مانند اندازه لکه، مقیاس، خرددانگی^{۱۲} (ایجاد فاصله بین لکه‌ها و تبدیل شدن به پارسل‌های کوچک‌تر)، پیوستگی^{۱۳} (درجه یا میزانی از

سنجش خصوصیات بیوفیزیکی و الگوهای سیمای سرزمین را محقق می‌کنند (Wang, et al., 2009; Groom, et al., 2006; Kennedy, et al., 2009). لذا برای شناسایی شبکه زیرساخت‌های سبز از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات ساختاری زیرساخت‌های سبز، این تصاویر در دو تاریخ یعنی سال‌های ۲۰۰۳

۳.۱. شناسایی و نقشه‌سازی زیرساخت‌های سبز شهری

تصاویر ماهواره‌ای که در دوره‌های زمانی مختلف در دسترس‌اند، یکی از داده‌های پرکاربرد در بسیاری از پژوهش‌های سیمای سرزمین به شمار می‌روند که با ارائه پوشش فضایی کامل از یک منطقه وسیع، امکان مشاهده و

مانند میانگین اندازه لکه و تراکم لکه، کارایی مؤثرتری خواهد داشت.

متریک MPS^{15} (میانگین اندازه هر لکه): میانگین اندازه لکه‌های هر پوشش یا کاربری خاص در سیمای سرزمین. لکه‌ها اجزای فیزیکی و کارکردی اصلی سیمای سرزمین‌اند که فرایندهای سیمای سرزمین را کنترل می‌کنند. اندازه لکه‌ها بر بسیاری از خصوصیات سیمای سرزمین مانند تولید اولیه، ذخیره مواد مغذی و ترکیب و توزیع گونه‌ها تأثیر می‌گذارد. لذا میانگین اندازه لکه‌ها می‌تواند برای سنجش کارکردهای سیمای سرزمین به کار گرفته شود.

متریک PD^6 (تراکم لکه): تراکم لکه بیانگر تعداد لکه‌های یک کاربری یا پوشش خاص در واحد سطح (هر هکتار) از منطقه است. این متریک برای شناسایی فرایندهایی مانند خرددانه‌گی به کار می‌رود. در فرایند خرددانه‌گی، لکه‌های بزرگ پیوسته به لکه‌های کوچک‌تر منقطع تبدیل می‌شوند. از این رو متریک تراکم لکه می‌تواند اطلاعاتی در خصوص این فرایند ارائه دهد.

متریک $MNND^{16}$ (میانگین نزدیک‌ترین فاصله از همسایه): میانگین فاصله لکه‌های هر پوشش یا کاربری خاص تا نزدیک‌ترین لکه هم‌نوع در سیمای سرزمین. متریک $MNND$ برای شناسایی توزیع فضایی لکه‌های یک کاربری یا پوشش خاص بسیار مفید است (Botequilha, et al., 2006).

شایان یادآوری است که به کمک متریک‌ها، ترکیب و توزیع انواع پوشش اراضی (لکه‌ها) ارزیابی می‌شود. متریک‌هایی چون PD و CAP مبین ترکیب لکه‌ها هستند، اما در صورت پهنه‌بندی و بیان به تفکیک پهنه‌ها، می‌توانند ابعاد توزیع را نیز نشان دهند (Botequilha and Ahren, 2002).

(لندست ۷) و ۲۰۱۳ (لندست ۸) استفاده و نقشه پوشش اراضی در قالب سه طبقه فضاهای سبز، فضاهای باز و فضاهای ساخته‌شده تهیه شد. برای طبقه‌بندی از روش حداکثر احتمال استفاده و صحت طبقه‌بندی با ضریب کاپا و صحت کلی سنجیده شد.

۲.۳. ارزیابی زیرساخت‌های سبز

در این پژوهش برای شناخت کارکردها و فرایندهای مرتبط با زیرساخت‌های سبز و پویایی آن‌ها طی زمان از بیان ساختاری سیمای سرزمین استفاده شده است. همان‌طور که اشاره شد از زیرساخت‌های سبز به‌منزله شبکه حمایتی شهر نام برده می‌شود که ضامن سلامت اکوسیستم و انسان و کیفیت زندگی در شهرهاست. برای ارائه بهینه خدمات اکولوژیک و عملکرد مؤثر، لازم است تا این زیرساخت‌ها از حضور کافی در شهر برخوردار و پایداری بالا و توزیع مناسبی داشته باشند. لذا با توجه به سه مورد مذکور (حضور، پایداری و توزیع) که در این پژوهش به‌منزله معیارهای ارزیابی زیرساخت‌های سبز (از نظر ارائه خدمات اکولوژیک) در نظر گرفته شده‌اند، می‌توان از متریک‌های سیمای سرزمین برای ارزیابی کمی این زیرساخت‌ها و سنجش آن‌ها بهره جست (جدول ۱). متریک‌هایی که با توجه به اهداف مذکور، انتخاب شده‌اند، به شرح زیرند:

متریک CAP^6 (نسبت مساحت هر لکه): نسبت مساحت هر پوشش یا کاربری خاص در سیمای سرزمین. CAP اطلاعات اساسی درباره ترکیب سیمای سرزمین در اختیار می‌گذارد. این اطلاعات در بسیاری موارد مانند تحلیل تغییرات کاربری یا پوشش زمین، برنامه‌ریزی حفاظت از منابع طبیعی یا برنامه‌ریزی استراتژیک سیمای سرزمین به کار گرفته می‌شود. باید توجه داشت که این متریک در خصوص آرایش و خصوصیات فضایی موزاییک لکه‌ها اطلاعاتی ارائه نمی‌دهد، لذا با کمک سایر متریک‌ها

جدول ۱. متریک‌های منتخب برای ارزیابی زیرساخت‌های سبز

توزیع	پایداری	حضور
MNND, PD	MPS	CAP

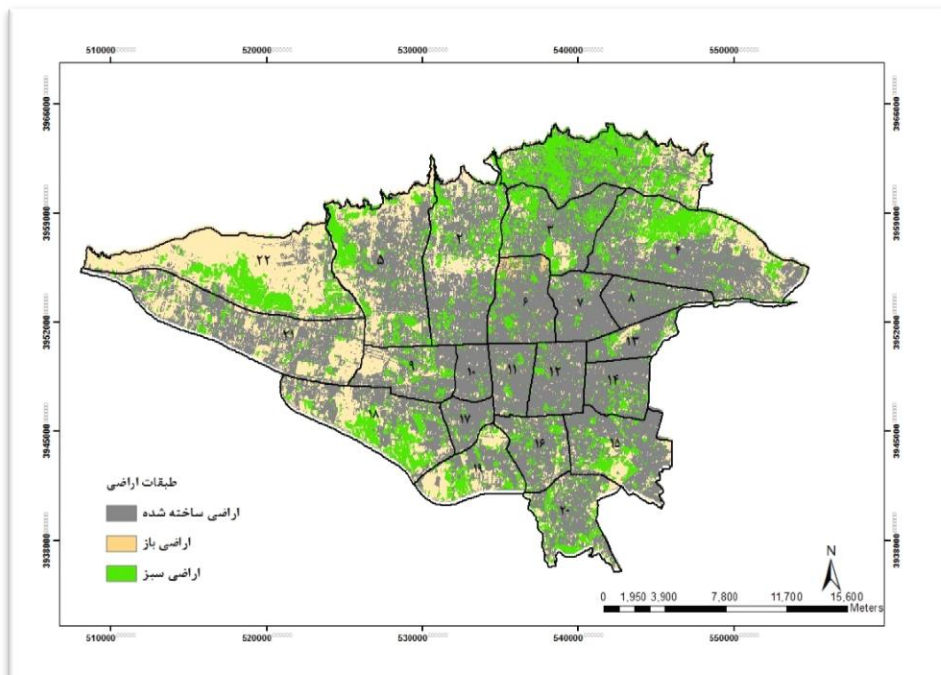
۴.۱. تحلیل ساختاری وضع موجود اراضی سبز تهران (۲۰۱۳)

در خصوص اراضی سبز تهران، مناطق واقع در شمال شهر، خصوصاً مناطق ۱، ۳، ۴ و ۵ تقریباً از لحاظ اکثر متریک‌ها (حضور لکه‌های سبز، پایداری و توزیع آن‌ها) وضعیت بهتری نسبت به سایر مناطق داشتند. در مقابل مناطق مرکزی خصوصاً ۱۰ و ۱۷ و مناطق واقع شده از مرکز به سمت شرق و غرب در وضعیت نامناسبی قرار داشتند. به طوری که حضور لکه‌های سبز در این مناطق بسیار پایین، لکه‌ها به صورت ریزدانه و با پایداری کم بودند. ارتباط نسبی میان لکه‌ها پایین و توزیع آن‌ها نیز بسیار نامناسب بود. در خصوص فضاهای سبز تهران نیز ذکر این نکته ضروری است که با اینکه مساحت کل فضاهای سبز در تهران از لحاظ وسعت نزدیک به استاندارد است، اما توزیع سبز در مناطق ۱ تا ۵ مشاهده می‌شود و در مقابل، مناطق مرکزی با کمبود شدید فضاهای سبز مواجه‌اند.

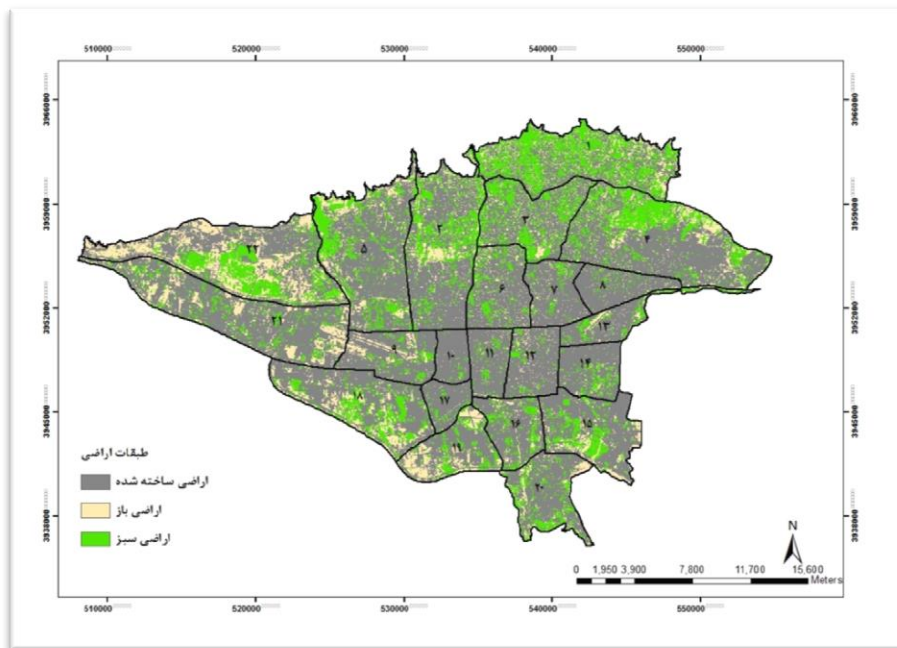
در این پژوهش، متریک‌های مذکور برای طبقات فضاهای سبز و باز در هر منطقه محاسبه شدند و روند تغییرات آن‌ها (درصد تغییرات) نیز برای دوره ده ساله ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ به صورت کمی بررسی شد. برای محاسبه متریک‌ها از نرم‌افزار FRAGSTATS استفاده شد.

۴. نتایج

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، نقشه پوشش اراضی در دو تاریخ ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ تهیه شد. تصاویر طبقه‌بندی شده در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. پس از طبقه‌بندی تصاویر، با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS متریک‌های مذکور در این دو تاریخ برای طبقات سبز و باز محاسبه شدند. نتایج محاسبه متریک‌ها که گویای وضعیت موجود و روند تحولات اراضی سبز و باز تهران در دوره زمانی مورد مطالعه است، در زیر ارائه شده است.



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی تهران در سال ۲۰۰۳



شکل ۳. نقشه پوشش اراضی تهران در سال ۲۰۱۳

۲.۴. تحلیل ساختاری وضع موجود اراضی باز تهران (۲۰۱۳)

در خصوص وضعیت اراضی باز تهران به طور کلی می‌توان گفت که در مناطق واقع در لبه غربی و جنوب‌غربی شهر مانند مناطق ۱۹ و ۲۱ و خصوصاً منطقه ۲۲، شرایط لکه‌های باز بهتر از سایر مناطق بود. در این مناطق، حضور لکه‌های باز، مناسب، لکه‌ها درشت‌دانه و پایداری نیز بالا بود. با این حال وضعیت توزیع لکه‌های باز در این مناطق نسبت به سایرین پایین‌تر و تعداد لکه‌ها کمتر بود و مناطق واقع در شمال شهر توزیع مناسب‌تری از لکه‌های باز را دارا بودند. در مقابل، شرایط لکه‌های باز در مناطق مرکزی خصوصاً ۱۰ و ۱۷ و منطقه ۸ در شمال‌شرقی، از لحاظ اکثر پارامترها نامناسب بود و حضور پایین لکه‌های باز ریزدانه با پایداری اندک و توزیع نسبتاً نامناسب در آن‌ها به چشم می‌خورد.

۳.۴. جمع‌بندی تحلیل تغییرات در اراضی سبز تهران (۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳)

در تهران، در دوره زمانی مورد مطالعه، روند تغییرات

تمامی متریک‌های اراضی سبز، جز CAP، در همه مناطق یکسان بود. به طوری که MPS و MNND در همه مناطق کاهش و PD در همه مناطق افزایش شایان ملاحظه‌ای داشت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت با کاهش اندازه لکه‌های سبز و ریزدانه شدن آن‌ها، پایداری لکه‌های سبز در همه مناطق کاهش یافته است. به‌رغم کاهش MNND در همه مناطق که نشان از افزایش ارتباط نسبی میان لکه‌های سبز دارد، نمی‌توان این تغییر را مثبت تلقی کرد، زیرا با توجه به تغییرات PD که در همه مناطق افزایش چشمگیری داشته است، می‌توان نتیجه گرفت که لکه‌های سبز درشت‌دانه به لکه‌های ریزدانه و منقطع تبدیل شده است. لذا افزایش PD و کاهش MNND (و کاهش MPS) به‌رغم افزایش توزیع لکه‌ها، خرددانی آن‌ها را به دنبال داشته است. تنها در خصوص CAP روند تغییرات در مناطق مختلف متفاوت بود. در ۱۲ منطقه (۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۲۱) افزایش حضور لکه‌های سبز روندی مثبت و در شش منطقه (۱، ۹، ۱۳، ۱۸، ۱۹ و ۲۰) کاهش حضور آن‌ها روند تخریبی داشته است. چهار منطقه نیز تقریباً روند ثابتی (۳، ۲۲، ۱۰ و ۱۴) داشتند.

خرددانگی سیمای سرزمین و رسیدن به آرایش فضایی مطلوب سیمای سرزمین به کار گرفته می‌شود. همچنین، هنگامی که طبیعت موجود در مناطق شهری رو به کاهش است، این استراتژی می‌تواند همراه استراتژی تدافعی، برای کنترل فرایندهای اجتناب‌ناپذیر تغییر سیمای سرزمین مطرح شود (Ahren, 2002).

در مناطقی از تهران که اراضی سبز و باز به میزان شایان توجهی و با پایداری بالا وجود داشتند یا این عناصر طبیعی با روند تخریبی شدیدی مواجه بودند، حفاظت از اراضی ضروری به نظر می‌رسد. برای حفاظت از اراضی سبز، مناطق واقع در شمال (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵)، همچنین غرب و جنوب‌غربی (۱۵، ۱۸، ۱۹ و ۲۲) و برای حفاظت از اراضی باز مناطق شمال و شمال‌غرب (۱، ۲، ۵، ۲۱ و ۲۲) در اولویت قرار دارند. شایان یادآوری است حفاظت از مناطق شمالی هم به دلیل حضور مناسب اراضی سبز و باز و هم روند تخریبی عناصر طبیعی و اهمیت بالادست بودن از نظر ارائه خدمات به شهر بسیار حایز اهمیت است.

راهبرد مرمت: در مناطقی که عناصر سیمای سرزمین دچار اختلال و خرددانگی شده‌اند، مرمت و بازسازی آن‌ها پیشنهاد می‌شود. این استراتژی می‌تواند با اتکا بر دانش برنامه‌ریزی و اکولوژیک، سیمای سرزمین را بهبود بخشد (Botequilha, et al., 2006).

کاهش حضور عناصر طبیعی، کاهش پایداری و پیوستگی میان لکه‌های سبز و باز، افزایش خرددانگی لکه‌ها و روند نامناسب توزیع آن‌ها از جمله تغییراتی است که به تخریب عناصر طبیعی در سیمای سرزمین تهران منجر شده بود. از این رو در جهت جبران تخریب این زیرساخت‌ها مرمت اراضی سبز و باز می‌تواند به بازسازی آن‌ها کمک کند. برای مرمت اراضی سبز مناطق واقع در شمال و جنوب‌غربی (۱، ۳، ۹، ۱۳، ۱۶، ۱۸ و ۲۰) و برای مرمت اراضی باز مناطق واقع در شمال، شمال‌غربی و جنوب‌غربی (۲، ۳، ۴، ۵، ۲۱، ۲۲، ۱۸ و ۱۹) در اولویت قرار دارند.

راهبرد توسعه (تهاجمی): یافته‌های پژوهش نشان داد

۴.۴. جمع‌بندی تحلیل تغییرات در اراضی باز تهران (۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳)

در خصوص روند تغییرات متریک‌های اراضی باز، CAP جز در ۳ منطقه (۷، ۱۲ و ۱۴) در همه مناطق کاهش، MNND در برخی مناطق کاهش و در برخی افزایش (۵، ۹، ۱۰، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۱) و در منطقه ۲۰ و ۲۲ روند نسبتاً ثابتی داشت. PD نیز جز در ۳ منطقه (۹، ۱۰ و ۲۱) که به میزان اندکی کاهش یافته بود، در سایر مناطق افزایش شایان توجهی داشت. MPS نیز در همه مناطق کاهش یافته بود. با توجه به روند تغییرات لکه‌های باز می‌توان گفت که لکه‌های باز تقریباً روند منفی را در اکثر مناطق تجربه کرده و تخریب شده‌اند. کاهش حضور آن‌ها در بیشتر مناطق، خرددانگی و به دنبال آن کاهش پایداری آن‌ها در همه مناطق از این دست تغییرات است. روند تغییرات PD، MNND و MPS نیز همراه یکدیگر نشان از خردشدن زیاد پهنه‌های باز در تهران دارد. همچنین، شایان یادآوری است که کاهش وسعت اراضی باز در مناطق واقع در غرب (۵، ۹، ۲۱ و ۲۲) نسبت به سایر مناطق، در این دوره زمانی قابل توجه بود.

۴.۵. ارائه راهبردهای برنامه‌ریزی

با توجه به تجزیه و تحلیل‌ها در خصوص وضعیت موجود و تغییرات زیرساخت‌های سبز تهران، می‌توان تعیین کرد که مسائل مربوط به اصلاح، مرمت و بازسازی آن‌ها در کجا اهمیت بیشتری داشته و کدام اقدامات اصلاحی برای آن‌ها و با چه اولویت‌هایی مطرح است. در این راستا راهبردهای زیر برای اصلاح و بازسازی زیرساخت‌های سبز تهران و در صورت وضعیت مطلوب، بهره‌وری از آن‌ها، در چارچوب اقدامات جامع بدون تفکیک موردی ارزش‌ها و خدمات اکولوژیک مطرح می‌شود:

راهبرد حفاظت: هنگامی که سیمای سرزمین از الگوها و فرایندهای پایدار حمایت می‌کند، استراتژی حفاظتی پیشنهاد می‌شود. این استراتژی برای جلوگیری از

عناصر طبیعی سیمای سرزمین تهران از لحاظ ارائه خدمات اکولوژیک بررسی شدند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند مشکلات اصلی شبکه زیرساخت‌های سبز در تهران توزیع نامناسب آن‌ها، پیوستگی پایین آن‌ها در ماتریس شهری و پایداری پایین و رو به افول آن‌ها در بافت شهری است. بنابراین، بخشی از اصلاحات مربوط به ایجاد ارتباط میان لکه‌های سبز و باز خواهد بود که در این راستا استفاده از شبکه رودرها (به‌منزله زهکش منابع پایه و ارائه‌دهنده خدمات اکولوژیک از ارتفاعات) همراه بهره‌وری متناسب از تپه‌ماهورهای میانی که از شرق به غرب امتداد دارند، حائز اهمیت است و ترجمه عینی فضایی و طرح عملیاتی همان چارچوب نظری پژوهش است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت که در خصوص اراضی سبز، تنها افزایش مساحت فضاهای سبز در دستور کار برنامه‌ریزان قرار دارد و سایر خصوصیات ساختاری اراضی سبز و باز تهران در مقیاس‌های خرد و کلان در برنامه‌ریزی‌ها نادیده گرفته شده است. همچنین، فقدان هماهنگی مدیریت و توسعه اراضی در مقیاس‌های مختلف و به صورت تلفیقی اراضی سبز و باز با هم، به چشم می‌خورد. باید توجه داشت که گذشته از مسئله مساحت فضاهای سبز آنچه حائز اهمیت است بهترین وضعیت ترکیب و توزیع فضاهای سبز و باز شهری برای ارائه خدمات محیط‌زیستی به شهر (به خصوص برای تهران به سبب وضعیت محیط‌زیستی آلوده و انقطاع در فرایندهای اکولوژیکی آن) است. همچنین، یکی از نشانه‌های سلامت اکولوژیک پیوستگی بین فضاهای طبیعی در سیمای سرزمین است که از فرایندهای اکولوژیکی که ارائه‌دهنده خدمات محیط‌زیستی به شهرند، حمایت می‌کند. با توجه با افزایش زیاد تعداد لکه‌های سبز و باز، همراه کاهش اندازه لکه‌ها و در برخی مناطق کاهش مساحت لکه‌ها، به نظر می‌رسد روند تغییرات در اکثر مناطق با خردشدن پهنه‌های طبیعی، کاهش ارتباط نسبی و پیوستگی بین لکه‌ها همراه بوده است.

که حضور و پایداری اراضی سبز در برخی مناطق بدون روند تخریبی شدید در دوره زمانی مورد مطالعه، بسیار پایین است. لذا توسعه اراضی سبز در مناطق واقع در مرکز، جنوب و شرق تهران (۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۲۱) برای ارتقای کیفیت محیط‌زیست با توجه به خدمات اراضی طبیعی پیشنهاد می‌شود.

راهبرد تدافعی: هنگامی که سیمای سرزمین شامل عناصر منحصربه‌فرد با کارکردهای ویژه است، می‌توان از این عناصر برای حمایت از فرایندهای اکولوژیک یا فرهنگی سیمای سرزمین بهره برد، اما باید در نظر داشت که همراه با بهره‌وری از این عناصر طبیعی، برخورد تدافعی نیز برای حفظ وضعیت موجود، ضروری است (Ahren, 2002).

در تهران نیز در صورت وضعیت مناسب این زیرساخت‌ها از لحاظ حضور و توزیع لکه‌های سبز و باز، می‌توان ضمن حفظ وضعیت موجود، از آن‌ها بهره‌وری کرد. با توجه به شرایط مذکور، برای بهره‌وری از اراضی سبز، مناطق شمالی و شمال‌غربی (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۵ و ۲۲) و برای بهره‌وری از اراضی باز، مناطق شمالی، غرب و جنوب‌غربی (۱، ۲، ۴، ۵، ۲۱، ۲۲، ۱۸ و ۱۹) وضعیت مناسب‌تری دارند. در این میان توزیع اراضی سبز و باز در مناطق شمال بهتر از شمال‌غربی است و برای بهره‌وری از آن‌ها در غرب و شمال‌غربی، شرایط توزیع آن‌ها بایستی ارتقا یابد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با رشد شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها، اهمیت زیستگاه‌های طبیعی باقیمانده در شهرها نیز افزایش می‌یابد. حضور عناصر طبیعی در شهرها سبب عرضه خدمات و کالاهای پایه طبیعی و ارزش‌های حمایتی به شهر می‌شود که در صورت انقطاع یا ارتباط غلط شهر با طبیعت، این خدمات، کالاهای، فرصت‌ها یا ارزش‌ها در اختیار شهر قرار نمی‌گیرند و معضلات مختلفی برای محیط‌زیست شهر به وجود می‌آیند. در این پژوهش خصوصیات ساختاری

روددره‌ها، تپه‌ها جزو مناسب‌ترین مکان‌ها برای جنگل‌کاری شهری به شمار می‌آیند و در صورت ایجاد جنگل شهری روی آن‌ها، می‌توانند منشأ خدمات بیشماری برای محیط‌زیست شهری باشند.

۵. استفاده از سیاست‌های مختلف مشارکتی مانند مشارکت حقوق بهره‌برداری یا انواع دیگر حمایت‌های شهرداری مانند واگذاری بخشی از حقوق^{۱۸} برای اطمینان از حفظ باغات و اراضی سبز و باز وسیع.

۶. استقرار یک نظام پایش و کنترل از سوی برنامه‌ریزان، مدیران و مسئولان برای پایش تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و نظارت و پایش محیط برای شناسایی ضعف‌ها و نارسایی اقدامات اصلاحی.

یادداشت‌ها

1. Green infrastructure
2. Life support system
3. Regulating services
4. Supporting services
5. Provisioning services
6. Cultural services
7. Patch-Corridor-Matrix Model
8. Ecological Connectivity Index
9. Morphological Spatial Pattern Analysis
10. Viability
11. AWOP: Aggregate With-Outliers Principles
12. Fragmentation
13. Connectivity
14. CAP: Class Area Proportion
15. MPS: Mean Patch Size
16. PD: Patch Density
17. MNND: Mean Nearest Neighbor Distance
18. Partial Transfer of the Rights

باید با استفاده از اصلاح ساختار سیمای سرزمین و نگاهی راهبردی مبتنی بر ارتباطات ساختار و عملکرد سرزمین شهری اختلالات شهر را حل کرد. ارتباطات ساختار و عملکرد سرزمین در برنامه‌ریزی شهری همان مبانی را مطرح می‌کنند که در اکولوژی مقیاس سرزمین نیز مطرح است، زیرا این زیرساخت‌ها مکان معینی دارند و اصلاح ساختاری آن‌ها منوط به ترکیب و توزیع فضایی آنان است.

اقدامات زیر برای اجرایی کردن راهبردهای مطرح‌شده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد:

۱. حفاظت از لکه‌های بزرگ خصوصاً در مناطقی که اراضی سبز و باز درشت‌دانه است (مناطق ۹، ۱۸، ۱۹، ۲۱ و ۲۲ برای اراضی باز و مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۱۹ برای اراضی سبز) به دلیل اهمیت لکه‌های بزرگ سبز و باز در ارائه خدمات اکولوژیک.

۲. استفاده از حاشیه پیاده‌روها، بزرگراه‌ها و اراضی باز ساختمان‌های دولتی برای توسعه و افزایش پیوستگی فضاهای سبز، خصوصاً در مناطقی که فضای کافی برای توسعه اراضی سبز ندارند (مانند مناطق واقع در مرکز تهران).

۳. محاسبه و اعمال ظرفیت برد برای بهره‌وری پایدار از اراضی سبز و باز و جلوگیری از تخریب آن‌ها، خصوصاً برای مناطقی که با افزایش فشار جمعیت مواجه‌اند.

۴. استفاده از تپه‌ها برای جنگل‌کاری با توجه به ارزش‌های عملکردی و نقش استراتژیک آن‌ها در خصوص

منابع

- برق جلوه، ش. ۱۳۹۰. «تغییر سیمای سرزمین تهران بر اساس شاخص‌های عملکرد بوم‌شناختی شبکه سبزراه‌ها»، دو فصلنامه مدیریت شهری، سال نهم، شماره ۲۶ صص ۱۲۵-۱۴۴.
- پریور، پ.، یوری، ا.ر.، فریادی، ش.، ستوده، ا. ۱۳۸۵. «تحلیل ساختار اکولوژیک سیمای سرزمین شهر تهران برای تدوین راهکارهای ارتقای کیفیت محیط‌زیست»، محیط‌شناسی، سال سی و پنجم، شماره ۵۱، صص ۴۵-۵۶.
- شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری. ۱۳۷۷. چکیده طرح جامع تهران.
- کوخابی، ط.، مثنوی، م.ر. ۱۳۹۲. «طراحی محیطی زیرساخت‌های اکولوژیک منظر شهری با استفاده از اصل پیوستگی با

انشعابات (AWOP) به منظور ارتقای کیفیت زندگی شهری (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهرداری تهران)، محیط‌شناسی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۵۵۹-۵۷۲.

مخدوم، م. ۱۳۷۳. بررسی و شناخت اثرات توسعه بر محیط‌زیست شهر تهران، چاپ اول، انتشارات اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران.

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۹۰. گزارش وضعیت محیط‌زیست شهر تهران (SoE).

مهندسین مشاور همکار. ۱۳۸۴. طرح ساماندهی اراضی عباس‌آباد (بخش مطالعات محیط‌زیست).

Ahren, J. F. 2002. Greenways as strategic landscape planning: theory and applications. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University, Doctoral thesis.

Alberti, M., and Marzluff, J. M. 2004. Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystem*, 7: pp. 241-265.

Bierwagen, B. G. 2007. Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size, and dispersal. *Urban Ecosystem*, 10: pp. 29 - 42.

Botequilha, A., and Ahren, J. F. 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59: pp. 65 -93.

Botequilha, A., Miller, J., Ahren, J. F., and McGarigal, K. 2006. Measuring landscape. Island Press.

Chang, Q., Li, S., Wang, Y., Wu, J., and Xie, M. 2012. Spatial process of green infrastructure changes associated with rapid urbanization in Shenzhen, China. *Chinese Geographical Science*, 23: pp. 113-128.

Chang, Q., Li, X., Huang, X., and Wu, J. 2012. A GIS-based green infrastructure planning for sustainable urban land use and spatial development. *Procedia Environmental Sciences*, 12: pp. 491-498.

Cook, E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape and Urban Planning*, 58: pp. 269-280.

Cui, L., and Shi, J. 2012. Urbanization and its environmental effects in Shanghai, China. *Urban Climate*, 2: pp. 1-15.

Forman, R.T. T. 1995. Land mosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge University Press.

Forman, R. T. T., and Godron, M. 1986. Landscape ecology. John Wiley and Sons.

Groom, G., Múcher, C. A., Ihse, M., and Wrbka, T. 2006. Remote sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context. *Landscape Ecology*, 21: pp. 391-408.

Kattel, G. R., Elkadi, H., and Meikle, H. 2013. Developing a complementary framework for urban ecology. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12 (4): pp. 498-508

Kennedy, R. E., Townsend, P. A., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., Wang, Y., and Adams, P. 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design in landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment*, 113: pp. 1382-1396.

Lyke, C., Mapendembe, A., Brown, C., Walpole, M., and Winn, J. 2012. Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: an analysis and next steps. *Ecological Indicators*, 17: pp. 77-87

Marcucci, D. J., and Jordan, L. M. 2013. Benefits and challenges of linking green infrastructure and highway planning in the United States. *Environmental Management*, 51: pp. 182 - 197.

McGarigal, K., Cushman, S. A., and Neel, M. C. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, Computer Software Program Produced by the Authors at University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.

M'Ikiugu, M. M., QianNa, W., and Kinoshita, I. 2012. Green infrastructure gauge: A tool for evaluating green infrastructure inclusion in existing and future urban areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68: pp. 815 - 825.

Turner, M. G., Gardner, R. H., and O'Neil, R. V. 2001. Landscape ecology in theory and practice, pattern and

process. springer Science.

Wang, W., Mitchell, B. R., Nugranad-Marzilli, J., Bonyng, G., Zhou, Y., and Shriver, G. 2009. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: A case study of the Northeast Temperate Network. *Remote Sensing of Environment*, 113: pp. 1453-1461.

Weber, T., Sloan, A., and Wolf, J. 2006. Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation. *Landscape and Urban Planning*, 77: pp. 94-110.

Wickham, J. D., Riitters, K., Wade, T. G., and Vogt, T. 2010. A national assessment of green infrastructure and change for the conterminous United States using morphological image processing. *Landscape and Urban Planning*, 94: pp. 186-195.

Yavari, A. R., Sotoudeh, A., and Parivar, P. 2007. Urban environmental quality and landscape structure in arid mountain environment. *International Journal of Environmental Research*, 1(4): pp. 325 – 340.