تبیین تاب‌آوری سیمای سرزمین شبکه اکولوژیک شهر تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۴۰۱/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۴۰۲/۰۱/۳۰

کرامت اله زیاری* (استاد گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران)
فاطمه محبی (دانشجوی دکتری آمایش سرزمین، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران)
مهرناز شمسائی(دانشجوی دکتری آمایش سرزمین، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران)

چکیده

شهرها در دنیای امروز هم بستر توسعه‌ی جوامع و هم کانون ایجاد چالش‌های گوناگون زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی‌اند. شبکه اکولوژیکی که به عنوان مجموعه‌ای از اکوسیستم‌های هم‌نوع بوده و از طریق سیستم پیوسته فضایی با یکدیگر در ارتباطند، در شهر تهران تحت عنوان پوشش سبز و بایر در سال‌های ۲۰۲۱-۱۹۸۶، در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا ابتدا به تعیین چگونگی تغییرات پوشش زمین، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک ارزیابی تغییرات تصاویر طبقه‌بندی شده، پرداخته شد و در ادامه به کمی سازی ساختار سیمای سرزمین اراضی سبز و بایر در بازه زمانی ابتدایی و پایانی مورد مطالعه، مبادرت شد. از نتایج حاصل از سنجه‌های ارزیابی ساختار سیمای سرزمین شهر تهران از جمله خرددانگی و انزوای لکه‌های زیستگاهی شامل اراضی سبز و بایر شهر به عنوان منشا خدمات اکوسیستمی، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب و توزیع فضایی لکه‌های سبز در منطقه یک شهر تهران تاب‌آور نیست. با توجه به نتایج این مرحله، مناطق ۱۰ و ۸،کمترین سهم اراضی سبز را نسبت به جمعیت در بین مناطق ۲۲ گانه تهران دارند. بیشترین سهم اراضی سبز نسبت به جمعیت مربوط به مناطق ۲۲، ۱ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری، شبکه اکولوژیک، سیمای سرزمین، شهر تهران.

* نویسنده رابط: zayyari@ut.ac.ir

مقدمه

شهری‌شدن[1] و شهرنشینی را می‌توان مهمترین بازتاب فضایی توسعه مدرنیسم و بسط روابط سرمایه‌داری در جهان دانست. هم اکنون گسترش شهرها به ویژه کلان شهرهای کشورهای توسعه نیافته، اثرات منفی این قبیل توسعه از جمله آلودگی‌های زیست محیطی را در این مناطق گسترده تر ساخته است(Ziari et al, 2018).

شهرها برای ادامه حیات طبیعی خود از طرفی نیازمند زیرساخت های اکولوژیک و از سوی دیگر جهت پیشبرد کارکردهای خود نیازمند اشغال فضا و تسلط بر زیرساخت های طبیعی و تغییر کاربری گسترده آنها به نفع خود می باشند. این تقابل در نهایت منجر به گسترش زیرساخت‌های خاکستری[2] و تخریب زیرساخت‌های اکولوژیک[3] و طبیعی می‌شود. به علاوه با گسترش زیرساخت‌های خاکستری و سطوح نفوذناپذیر در سیمای سرزمین[4] شهری پدیده‌هایی مانند خرددانگی[5] و انزوای زیستگاه‌های اکولوژیک (Marzluff,2001)، ساده شدن و همسان شدن ترکیب گونه‌ها و انقطاع در سیستم‌های هیدرولوژیکی (Gibbons, 1996 & Arnold,2001) رخ داده و از این طریق موجبات کاهش پایداری و تاب‌آوری اکولوژیکی در مناطق شهری را فراهم می‌کند (Alberti and Marzluff,2004).

مفهوم تاب‌آوری در نظام‌های اکولوژیکی در سال ۱۹۷۳ توسط هولینگ[6] و در تبیین رابطه بین ثبات و تاب‌آوری ارائه شد. نظام‌های تاب‌آور اجتماعی - اکولوژیکی بر توانایی و ظرفیت جذب اختلالات[7]، سازگاری با تغییر و توانایی نگهداشت نظام و حفظ ساختارها و کارکردهای آن در برابر مخاطرات، تغییرات، اختلالات و شوک‌های ناگهانی دلالت دارد (Walker et al,2006). تاب‌آوری اکولوژیک مبتنی بر یک دیدگاه تکاملی است که بیان می‌کند طبیعت در حال تکامل و سازگاری مداوم است (Gunderson & Holling,2002). یک سیستم پیچیده در میان مجموعه‌ای از متغیرها حرکت می کند و هرگز یک نقطه تعادل ندارد (Genkai-Kato,2007). بر اساس دیدگاه اخیر، تاب‌آوری بر ظرفیتِ نظام‌های اکولوژیکی در مقابل مخاطرات، تغییرات، شوک‌ها و اختلات برای حفظ ساختار یعنی ترکیب و توزیع فضایی یا چیدمان عناصر نظام اکولوژیکی و حفظ کارکردها و بازخوردهای اولیه این نظام دلالت دارد (پریور و همکاران، ۵:۱۳۹۹).

[1] Urbanization
[2] Gray Infrastructure
[3] Ecological Infrastructure
[4] Landscape
[5] Fragmentation
[6] Holling
[7] Disorders

از آنجایی که برای پایداری اکولوژیکی سیمای سرزمین، ساختار سیمای سرزمین باید از فرآیندهای اکولوژیکی موردنیاز حمایت کند، شبکه اکولوژیکی[1] که به عنوان مجموعه‌ای از اکوسیستم‌های هم‌نوع بوده و از طریق سیستم پیوسته فضایی با یکدیگر ارتباط دارند، مفهوم مناسبی برای توسعه پایدار سیماهای سرزمین و نیز سیماهای سرزمین شهری است.

سیماهای سرزمین شهری از نظر اکولوژیکی زمانی پایدار هستند که الگوی فضایی سیمای سرزمین، حامی فرآیندهای اکولوژیکی موردنیاز برای عرضه خدمات محیط زیستی باشد. فاکتور کلیدی برای تحقق این هدف، پیوستگی فضایی شبکه اکوسیستم‌هایی در شهر است که می‌توانند عرضه‌کننده که خدمات محیط زیستی باشند. این اکوسیستم‌ها در شهر، اراضی با پوشش سبز و اراضی باز تراوا یا همان اراضی بایر هستند. منظور از فضای باز تراوا یا اراضی بایر شهری اراضی است که فاقد پوشش مصنوع چون آسفالت، بتن و غیره بوده و خاک با آتمسفر در تماس است. در این شرایط تبادلات گاز میسر است و گاه پوشش گیاهی فصلی علفی نیز دارد.

فضاهای سبز نقش ریه‌های تنفس شهر را بر عهده دارند و یکی از مهم ترین راه های کاهش اثرات سوء محیط زیستی، توسعه فضای سبز در شهرها می باشد (واحدیان بیگی و همکاران، ۱۳۸۹). طی دهه‌های اخیر پوشش اراضی سبز و بایر که تامین کننده خدمات اکوسیستمی شهر محسوب می شوند، در شهرهای بزرگ به خصوص تهران، به علت گسترش شتابنده کالبد شهری و قیمت بسیار زیاد مبادلاتی که بازار زمین و مسکن را در غیاب ساختار سالم تولید، به عرصه مهم برای سرمایه‌گذاری‌ها تبدیل کرده است، سیر قهقرایی را طی می‌کنند و به علت خرد شدن و تضعیف، توان تداوم حیات نداشته و برای حفاظت فعال از آن‌ها می‌بایست اقدامات متعدد، هماهنگ و مکمل صورت پذیرد.

به دنبال تبدیل اراضی تهران به مهمترین منبع درآمدی شهرداری تهران از محل تراکم فروشی و هم‌افزایی عوامل و فرآیندهای مربوط به زمینه‌های پیش‌گفته، بخش زیادی از گستره‌های مربوط به اراضی سبز و بایر طی سالیان اخیر تغییر کاربری داده‌اند. در نتیجه تاب‌آوری اکولوژیک در شهر تهران دچار نارسایی زیادی شده است(کرمی و همکاران،۱۴۰۲). تحقیق حاضر نشان خواهد داد که چگونه تغییرات پوشش اراضی شهری طی۳۵ سال گذشته، ساختار و کارکرد اکولوژیک را دچار دگرگونی کرده و منجر به کاهش تاب‌آوری اکوژیک آن شده است.

[1] Ecological Networks

پیشینه پژوهش

اکثر مطالعاتی که در جهان در رابطه با پتانسیل‌های و پوشش اراضی شهری انجام گرفته با بهره‌گیری از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین و پارادایم اکولوژی شهرها [1] بوده است. چهارچوب و زیربنای این پارادایم این است که شرط فراهم آمدن خدمات اکوسیستمی، توزیع فضایی مناسب لکه‌های زیستگاهی در مقیاس شهر (به ویژه از نظر اندازه لکه، پیوستگی و ناهمگنی فضایی) است. بنابراین برای درک و ارزیابی محیط زیست‌های شهری نیاز به بهره‌گیری از مفاهیم و ابزار اکولوژی سیمای سرزمین است.

از سال ۱۹۹۰ تا کنون مباحث مربوط به تاب‌آوری به موضوعات بحث برانگیزی در مطالعات شهری تبدیل شده است. در همین راستا و با انتشار گزارش ارزیابی اکوسیستم هزاره([2]MEA) برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۵ ، ارزیابی نقش زیرساخت‌های پشتیبان حیات شهری در تاب‌آوری اکولوژیکی مورد توجه بیشتر برنامه‌ریزان قرار گرفت (MEA,2005). پامکو ـ البِرز و همکاران (Pamukcu-Albers, et al,2021) در پژوهشی به بررسی نقش زیرساخت‌های سبز برای افزایش تاب‌آوری شهری در برابر تغییرات آب و هوایی و بیماری‌های همه گیر، پرداختند. پارکر و سیمپسون (Parker and Simpson,2020) به در مقاله ای چارچوب نظری برای تقویت پیوندهای انسان و طبیعت و تاب آوری شهری از طریق زیرساخت سبز را تبیین کردند. در همین راستا می‌توان به مقاله وو و همکاران (wu, et al,2020). با عنوان "افزایش تاب‌آوری اکولوژیکی مبتنی بر زیرساخت سبز در سیستم‌های شهری"، مقاله فو و همکاران (FU, et al,2020) در زمینه "ارزیابی عملکرد زیرساخت سبز از طریق یک لنز تاب آوری شهری"، مقاله وُگرا و جودیس (Voghera and Benedetta Giudice,2019) با عنوان " ارزیابی و برنامه ریزی زیرساخت سبز: چشم انداز استراتژیک برای پایداری و تاب‌آوری" مقاله لیو و همکاران (Liu, et al,2020) تحت عنوان "بهبود تاب‌آوری شهری از طریق زیرساخت سبز"، اشاره کرد. در ایران نیز در سال‌های اخیر موضوع تاب‌اوری اکولوژیک مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. لاریجانی و همکاران، در پژوهشی تحت عنوان " تحلیل اکولوژیک ساختار فضای سبز شهر جیرفت با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین" با هدف بهبود وضعیت فضای سبز و ترکیب آن با توسعه پایدار در شهر جیرفت با کمک متریک های سیمای سرزمین نقشه پایداری اکولوژیک را ترسیم نمودند و نشان دادند که ترکیب و توزیع فضاهای سبز در بخش‌های زیادی از شهر مطلوب نیست و شبکه موزاییک فضای سبز، پیوستگی کافی برای ارائه خدمات اکولوژیکی را ندارد . صیاد و همکاران،

[1] The urban ecology paradigm
[2] Millennium Ecosystem Assessment

در پژوهشی ساختار بوم‌شناختی محدوده اطراف دریاچه چیتگر با تأکید بر لکه‌ها و کریدورهای طبیعی و انسان‌ساخت و با استفاده از تصاویر Google Earth در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ را بررسی نمودند. دریاچه چیتگر به‌عنوان یک لکه آبی مصنوعی با تغذیه از رودخانه کن به اکوسیستم منطقه افزوده شده، اما ساخت آن بدون در نظر گرفتن شیب زمین و گسل‌ها انجام گرفته و منجر به فرسایش و کاهش پوشش گیاهی بومی شده است. همچنین، افزایش مناطق مسکونی و قطع پارک چیتگر توسط بزرگراه‌ها باعث گسست اکولوژیکی و کاهش ارتباط بین بخش‌های سبز شده است. خالدی و همکاران، در پژوهشی بر کلانشهر تهران به ضرورت بام‌های سبز در تقویت پوشش گیاهی و فضای سبز و کاهش مخاطرات اشاره می‌کنند و در وضعیت کنونی کلانشهر تهران، کاربرد بام سبز را گامی مؤثر در جهت افزایش تاب‌آوری شهری و مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی و اقلیمی مانند آلودگی هوا، جزایر حرارتی و کمبود فضای سبز می‌دانند. بررسی پیشنه تحقیق نشان می‌دهد که به رغم اهمیت فضای سبز و باز شهری بر افزایش تاب‌آوری اکولوژیک، توجه به چگونگی تغییرات کاربری این اراضی و تاثیر این تغییرات بر تامین خدمات اکوسیستمی، در شهر تهران مغفول مانده و ارزیابی های جامع تری در این زمینه مورد انتظار است.

با توجه به ضرورت و اهمیت موضوع ، در این پژوهش بر آن بودیم تا با بررسی تغییرات پوشش زمین در دوره زمانی ۳۵ ساله، به تحلیل تاب‌آوری اکولوژیک شهر تهران مبادرت نماییم. در این راستا به منظور تعیین چگونگی تغییرات پوشش زمین، از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک ارزیابی تغییرات تصاویر طبقه‌بندی شده، استفاده شد. در ادامه به منظور کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین اراضی سبز و بایر در بازه زمانی ابتدایی و پایانی مورد مطالعه، از نرم افزار FRAGSTATE، بهره برده شد. در نهایت به تحلیل تاب‌آوری اکولوژیک شهر تهران با توجه به تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین پرداخته و با مقایسه نسبت جمعیت به درصد اراضی سبز و باز تراوا در مناطق مختلف، نسبت به اولویت بندی مناطق به لحاظ پایداری و توانایی تامین خدمات اکوسیستمی مبادرت شد.

داده‌ها و روش کار

برای انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست۵ و ۸ در دو بازه زمانی۱۹۸۶و ۲۰۲۱، مربوط به شهر تهران استفاده شد. تصویر ماهواره لندست ۱ از سنجنده MSS و تصویر ماهواره لندست ۸ از سنجنده OLI دریافت گردید. جدول ۱ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ ، ۷ و ۸

ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک رادیومتریک(bits)	قدرت تفکیک(m)	منبع	تقویم میلادی
LANDSAT5	TM	۸	۳۰×۳۰	USGS	۱۹۸۶
LANDSAT5	TM	۸	۳۰×۳۰	USGS	۱۹۹۶
LANDSAT7	ETM	۹	۱۵تا ۶۰	USGS	۲۰۰۲
LANDSAT8	OLI	۱۲	۱۵ تا۶۰	USGS	۲۰۱۳
LANDSAT8	OLI	۱۲	۳۰×۳۰	USGS	۲۰۲۱

(مأخذ: فاطمی و رضائی،۱۳۹۶:۲۹۶)

در ادامه بعد از انجام تصحیحات مورد نیاز، اقدام به طبقه‌بندی تصاویر به روش نزدیک‌ترین فاصله به سه طبقه اراضی ساخته شده، اراضی بایر و اراضی سبز در هر دوره زمانی شد تا با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده میزان و نوع تغییرات پوشش زمین در هر دو دوره متوالی تعیین شود. در نهایت با تعیین و کمی‌سازی سنجه‌های سیمای سرزمین، به تحلیل وضعیت تاب‌آوری شهر تهران در دو بازه زمانی ۱۹۸۶ و ۲۰۲۱ پرداخته شد.

تاب آوری

درواقع تاب‌آوری را می توان دیدگاهی با تمرکز بر روی عدم قطعیت‌ها، اختلالات و غافلگیری سیستم‌های اکولوژیکی دانست (Folke,2006). تاب‌آوری اکولوژیکی بر شرایطی دور از هر گونه حالت ثبات پایدار تاکید دارد، به طوری که عدم ثبات می‌تواند رفتار سیستم‌ها را تغییر دهد. در این تعریف تاب‌آوری در سیستم‌های زیستی، براساس شدت آشفتگی اندازه‌گیری می‌شود. به طوری که سیستم توان جذب هر گونه اختلال و آشفتگی را قبل از تغییر ساختار داشته باشد. در صورتی که شدت آشفتگی به حدی بالا باشد که سیستم توان جذب آن را نداشته باشد، ساختار سیستم تغییر می‌کند و به دنبال تغییر ساختار، متغیرها و فرآیندهای کنترل کننده رفتار سیستم نیز دچار تغییر می شوند (پریور و همکاران، ۱۳۹۹).

اکولوژی سیمای سرزمین

اکولوژی سیمای سرزمین زیرشاخه‌ای از اکولوژی است که به مطالعه چگونگی اثرات ساختار سیمای سرزمین بر روی توزیع و فراوانی موجود زنده می‌پردازد. مفاهیم اصلی و پایه در اکولوژی سیمای سرزمین شامل اندازه لکه، مقیاس، خرددانگی (ایجاد فاصله بین لکه‌ها و تبدیل شدن به پارسل‌های کوچک‌تر)، پیوستگی (درجه یا میزانی که ممتد بودن و پیوسته بودن زیستگاه از نظر

فضایی یا از نظر عملکردی را نشان‌دهـد)، نـاهمگنی فضـایی (توزیـع نـاهمگن لکـه‌هـا در سراسـر سرزمین) می‌باشد.

سنجه های ارزیابی سیمای سرزمین

سنجه‌های سیمای سرزمین شاخص‌های توسعه یافته‌ای هستند که ویژگی‌های کمی نقشه‌های طبقه‌بندی شده را محاسبه می‌کنند. سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی‌سازی خصوصیات مکانی لکه‌ها و موزاییک سیمای سرزمین می‌باشند. این سنجه‌ها می‌توانند به عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت یا درک تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری، توانایی تشریح کمی ساختار سیمای سرزمین است و متریک‌های مختلفی برای نیل به هدف در اکولوژی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (2002,McGarial). انتخاب سنجه‌های مناسب به هدف مطالعه، خصوصیات سیمای سرزمین و ویژگی فرآیندهای اکولوژیکی وابسته است.

در مطالعه حاضر با توجه به هدف تحقیق سنجه‌های CA، NP، PD، GYRATE، ENN، و DIVISION در سطح، کلاس مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جدول ۲ معیارهای اندازه‌گیری شده در سنجش ساختار سیمای سرزمین منطقه را نشان می‌دهد.

جدول.۲ معیارهای سنجش ساختار سیمای سرزمین شهر تهران

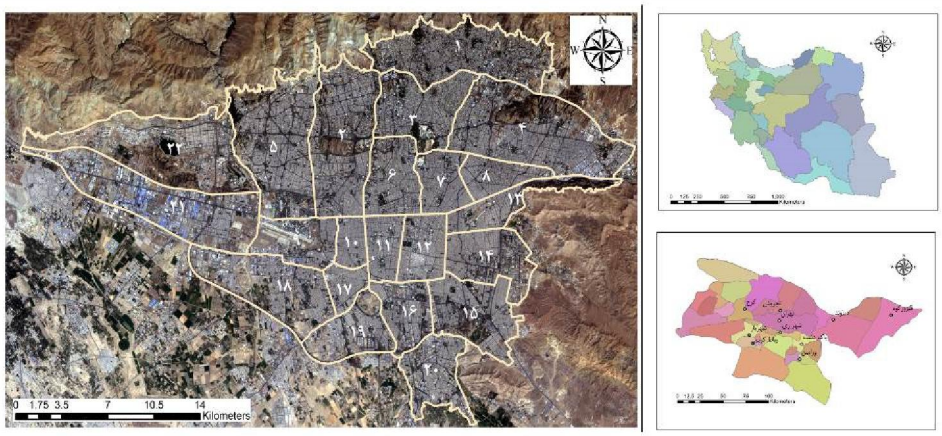
نام فارسی	نام سنجه	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات
اندازه لکه	Class area	CA	هکتار	بزرگتر از صفر
تعداد لکه‌ها	Number of Patches	NP	ندارد	بزرگتر از صفر
تراکم لکه	Patch Density	PD	تعداد در ۱۰۰ هکتار	بزرگتر از صفر
فشردگی لکه	Radius of gyration	GYRATE	متر	بزرگتر از صفر
از هم گسیختگی	Discontinuity index	DIVISION	نسبی	بین صفر و یک

(مأخذ: نگارندگان)

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهر تهران است این شهر با وسعت ۷۳۰ کیلومتر مربع بین ۳۴ دقیقه و ۳۵ درجه تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی واقع است. از نظر طبیعی رشته کوه‌های البرز در شمال و شرق و اراضی مسطح و

دشت کویر در منتهی الیه جنوب دو پدیده توپوگرافی مهم هستند که موجب تشکیل ساختار سیمای سرزمین خاص در این منطقه شده است. شهر تهران از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه و ۱۱۹ ناحیه و ۳۶۲ محله تقسیم می شود. بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵، شهر تهران ۸۶۹۳۷۰۶ نفر جمعیت دارد. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

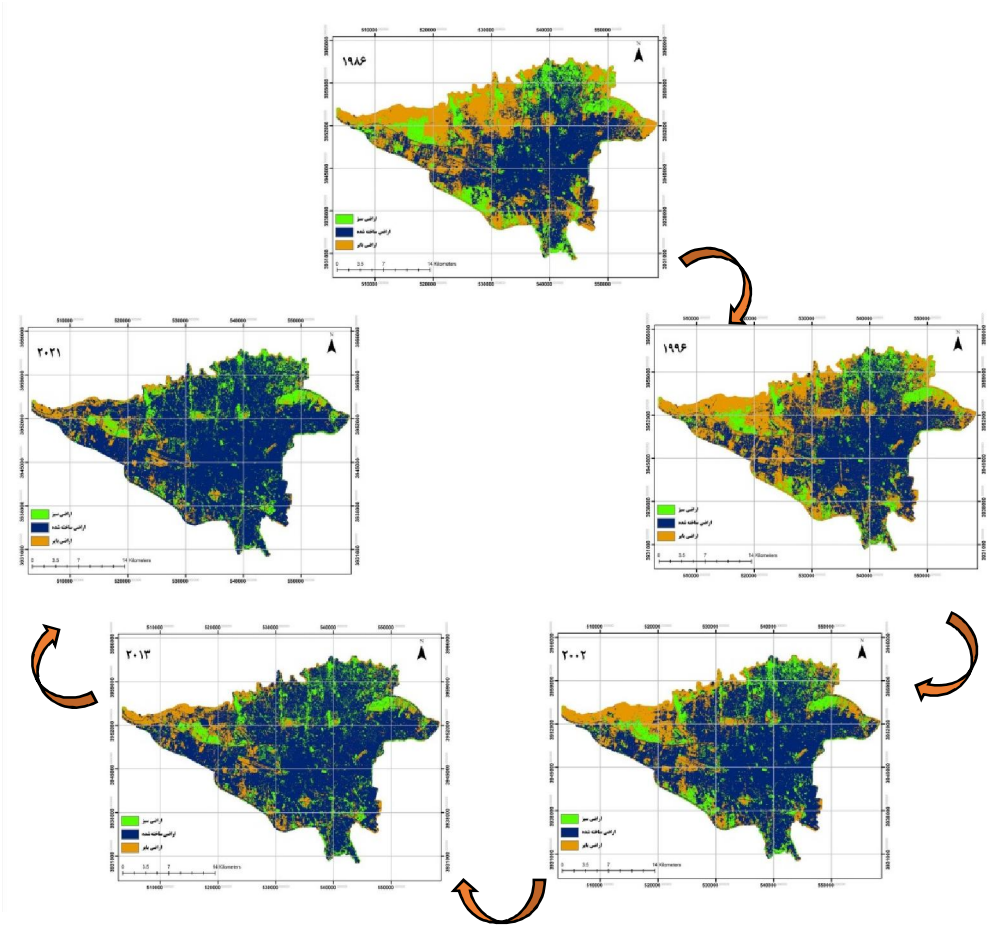


شکل ۱. محدوده مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

شهر تهران در مسیر توسعه و تحول خود به دلایل مختلف فضاهای باز و سبز شهری را تخریب نموده است و در هیچ بازهٔ ۲۰ ساله‌ای از دوره معاصر این عناصر ثابت نبوده‌اند و به دلایل مختلف از سوی ساخت و سازهای شهری مورد تهدید واقع شده‌اند. ویژگی تهران در مقایسه با شهرهای بزرگ، کوتاه بودن دوران جمعیت‌پذیری، رشد و گسترش شدید آن به عنوان یک کلان‌شهر بزرگ ملی و منطقه‌ای است. رشد سریع جمعیت در شهر تهران و افزایش تقاضای زمین، تغییرات کالبدی سریعی در پی داشته است. مجموع عوامل ذکر شده منجر به توسعه بی رویه فیزیکی شهر تهران و دست اندازی به اراضی با ارزش اکولوژیک و نادیده گرفتن اثرات زیستی توسعه ناپایدار شهر شده است.

بحث و یافته های تحقیق

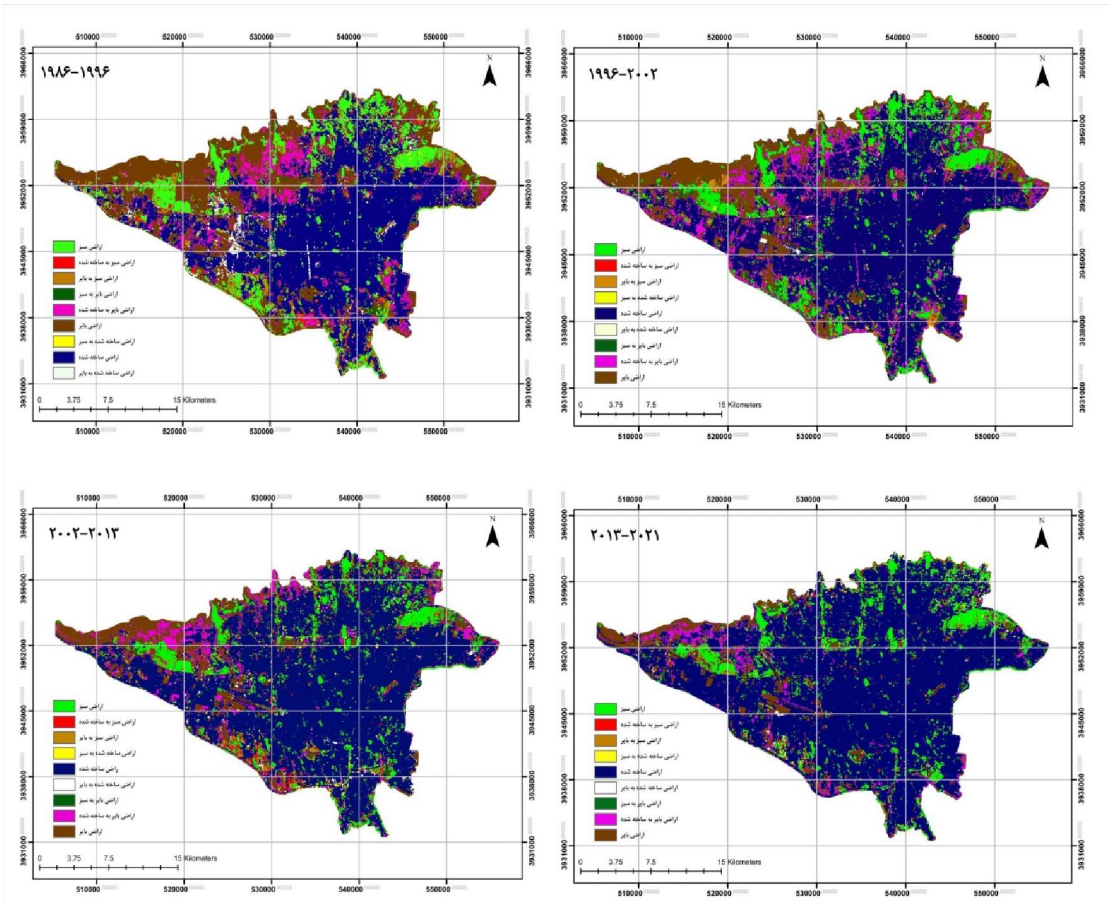
در راستای دستیابی به اهداف پژوهش و به منظور ارزیابی تغییرات سطوح اراضی سبز و بایر در شهر تهران، ابتدا اقدام به طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در بازه‌های زمانی مورد نظر شد. نتایج حاصل از صحت سنجی طبقه‌بندی تصاویر که بر اساس الگوریتم بیشترین شباهت صورت گرفت، برای سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۲ و ۲۰۲۱ به ترتیب برابر با: ۸۳، ۹۳، ۳۲، ۹۴، ۷۰، ۹۸، ۳۷، ۹۶ و مقدار ضریب کاپا برای ۵ دوره زمانی به ترتیب برابر با ۰/۹۱، ۰/۹۲، ۰/۹۸، ۰/۹۴ بوده که نشان می‌دهد دقت طبقه بندی در سطح قابل قبولی است. با توجه به هدف پژوهش اراضی شهر تهران در سه کلاس اراضی سبز، اراضی بایر و اراضی ساخته شده طبقه‌بندی شد که نتایج حاصل از آن در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل۲. تصاویر طبقه بندی شده ۵ دوره زمانی مطالعه(مأخذ: نگارندگان)

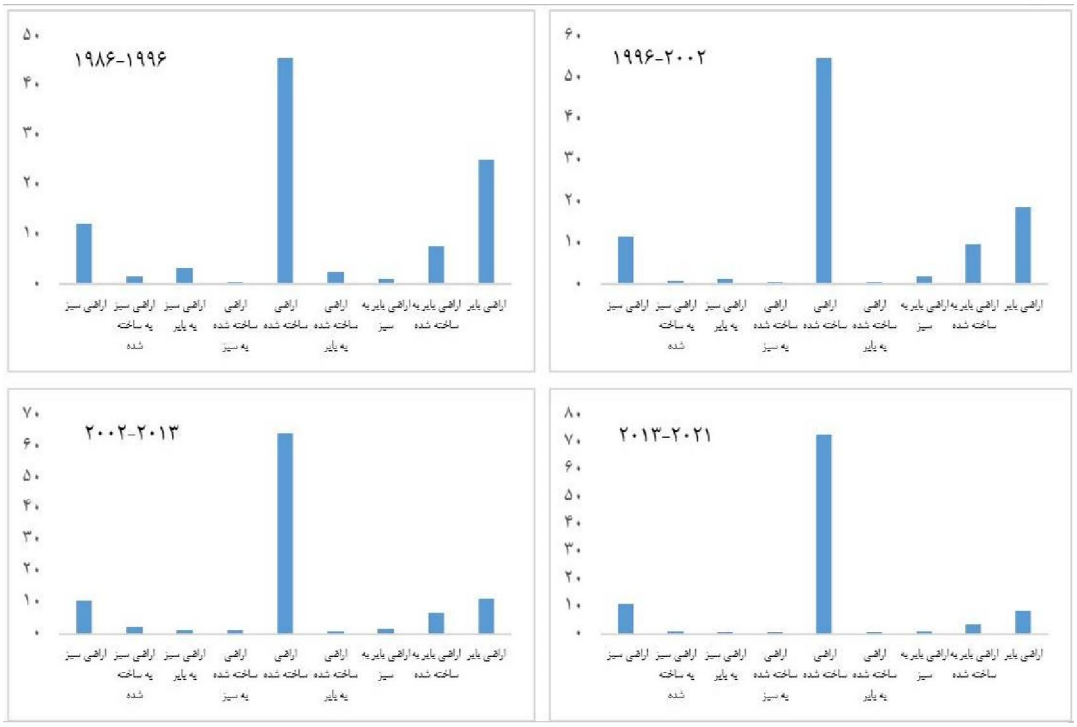
الف) ارزیابی تغییرات پوشش زمین

در این مرحله با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده اقدام به ارزیابی تغییرات پوشش زمین در سه کلاس اراضی سبز، بایر و ساخته شده، شد. نتایج بدست آمده از این مرحله در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳. تغییرات پوشش زمین در بازه های زمانی مختلف(مأخذ: نگارندگان)

بررسی تغییرات پوشش زمین در سال های ۱۹۸۶تا ۲۰۲۱ نشان می‌دهد: مساحت کل اراضی سبز از ۱۳ درصد به ۱۰ درصد و مساحت اراضی بایر از ۲۶ درصد به ۸درصد کاهش یافته است. همچنین مساحت کل اراضی ساخته شده از۴۵ درصد به ۷۳ درصد افزایش داشته است. در این دوره زمانی بیشترین درصد تبدیل اراضی سبز به ساخته شده به سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ و بیشترین درصد تبدیل اراضی بایر به ساخته شده به سال های ۱۹۸۶تا ۱۹۹۶ مربوط می شود. شکل ۴ نمودار تغییرات پوشش اراضی مربوط به دو بازه زمانی متوالی را نشان می‌دهد.



نمودار۱.درصد تغییرات مساحت پوشش زمین در شهر تهران (مأخذ: نگارندگان)

از سوی دیگر آنچه از نتایج محاسبه تغییرات مساحت پوشش‌های سطح زمین در شـهر تهـران می‌توان دریافت کرد، این است که کمترین درصد تبدیل اراضی سبز به ساخته شده به دوره زمانی ۱۹۹۶تا۲۰۰۲ و بیشترین درصد تبدیل اراضی بایر بـه سـبز نیـز بـه دوره ۱۹۹۶ تـا ۲۰۰۲ یـا بـه عبارتی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱، بر می گردد. جدول ۳مساحت تغییر یافتـه پوشـش زمـین در ۴ دوره زمانی را نشان می‌دهد.

جدول۳. میزان مساحت تغییر یافته از پوشش اراضی

دوره زمانی	تغییرات پوشش زمین	مساحت (هکتار)	دوره زمانی	تغییرات پوشش زمین	مساحت	دوره زمانی	تغییرات پوشش زمین	مساحت	دوره زمانی	تغییرات پوشش زمین	مساحت
۱۹۹۶-۱۹۸۶	اراضی سبز بدون تغییر	۷۹۰۰،۰۲	۲۰۰۲-۱۹۹۶	اراضی سبز بدون تغییر	۷۴۲۷،۶۱	۲۰۱۳-۲۰۰۲	اراضی سبز بدون تغییر	۶۸۹۳،۸۲	۲۰۱۳-۲۰۱۳	اراضی سبز بدون تغییر	۷۱۰۱،۰۹
	اراضی سبز به ساخته شده	۱۰۸۱،۸		اراضی سبز به ساخته شده	۵۵۵،۲۱		اراضی سبز به ساخته شده	۱۵۱۷،۴		اراضی سبز به ساخته شده	۷۳۴،۳۱
	اراضی سبز به بایر	۲۲۲۳،۵۴		اراضی سبز به بایر	۸۷۵،۴۳		اراضی سبز به بایر	۷۲۱،۹۸		اراضی سبز به بایر	۳۹۹،۶۹
	اراضی ساخته شده به سبز	۲۶۳،۴۳		اراضی ساخته شده به سبز	۴۶۳،۰۵		اراضی ساخته شده به سبز	۷۹۴،۳۴		اراضی ساخته شده به سبز	۵۱۷،۷۷
	اراضی ساخته شده	۲۹۵۷۱،۵۷		اراضی ساخته شده	۳۵۵۳۱،۴۶		اراضی ساخته شده	۴۱۴۶۱،۳۸		اراضی ساخته شده	۴۷۱۵۷،۶
	اراضی ساخته شده به بایر	۱۵۹۰،۱۲		اراضی ساخته شده به بایر	۳۱۶،۸۹		اراضی ساخته شده به بایر	۶۹۲،۱۹		اراضی ساخته شده به بایر	۳۹۰،۵۱
	اراضی بایر به سبز	۹۶و۸۲۲		اراضی بایر به سبز	۱۲۷۹،۲۶		اراضی بایر به سبز	۹۶۵،۶۱		اراضی بایر به سبز	۵۵۴،۵۸
	اراضی بایر به ساخته شده	۴۹۷۷،۵۴		اراضی بایر به ساخته شده	۶۲۴۲،۲۲		اراضی بایر به ساخته شده	۴۳۵۴،۷۴		اراضی بایر به ساخته شده	۲۳۰۲،۹۲
	اراضی بایر	۱۶۳۳۰،۵۴		اراضی بایر	۱۲۰۷۰،۴۴		اراضی بایر	۷۳۶۰،۱۱		اراضی بایر	۵۶۰۳،۰۴

(مأخذ: نگارندگان)

ب) ارزیابی سیمای سرزمین شهر تهران

بعد از ارزیابی تغییرات پوشش زمین در یک بازه ۳۵ ساله در شهر تهران، به منظور شناخت وضعیت اکولوژیک به کمی سازی سنجه‌های سیمای سرزمین اراضی سبز و بایر به عنوان پوشش‌های طبیعی پشتیبان اکولوژیک در شهر، در دو بازه زمانی ۱۹۸۶ و ۲۰۲۱، مبادرت شد تا بتوان از نتایج بدست آمده به تحلیل تاب آوری اکولوژیک شهر پرداخت. نتایج حاصل از کمی سازی سنجه‌های CA,NP,PD,GYRATE,DIVISION در جدول ۳ نشان داده می‌شود.

جدول۳. تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین اراضی سبز و بایر در سال های۱۹۸۶ و ۲۰۲۱

سال	پوشش اراضی	CA	NP	PD	GYRATE_MN	DIVISION
۱۹۸۶	سبز	۱۱۵۶	۳۹۷۵	۳۵	۴۰	۰,۹۶
	بایر	۲۲۴۶۳	۶۵۰۹	۲۹	۳۲	۰,۸۸
۲۰۲۱	سبز	۸۹۸۶	۶۸۹۲	۷۷	۳۴	۰,۹۸
	بایر	۶۸۹۵	۴۵۲۳	۶۵	۳۵	۰,۹۸

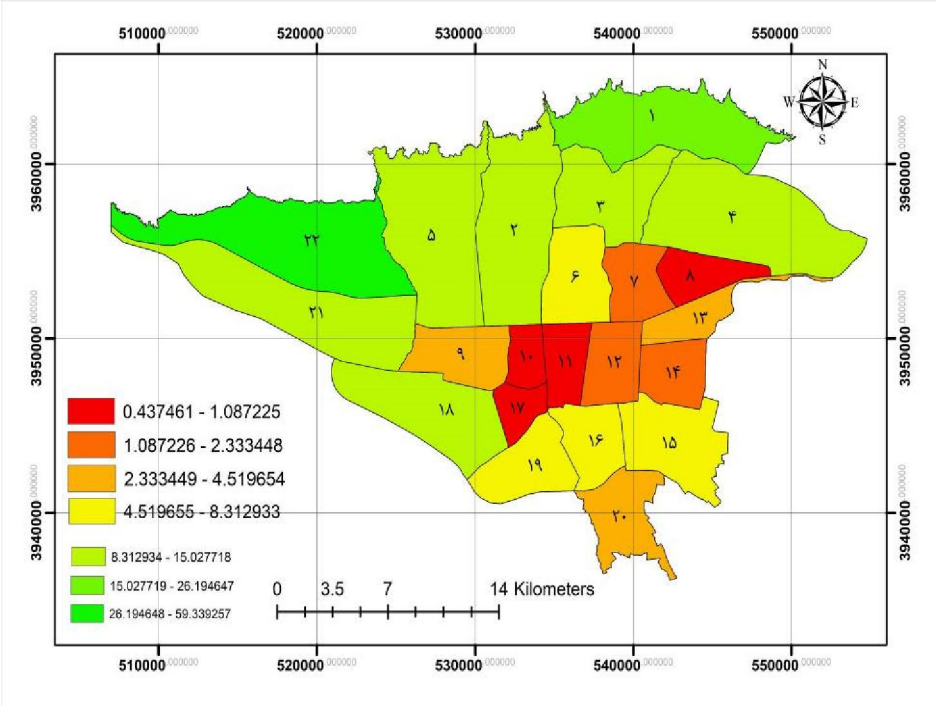
(مأخذ: نگارندگان)

نتایج ارزیابی سنجه CA (مساحت) اراضی سبز و بایر نشان از کاهش مساحت سیمای سرزمین کلاس اراضی سبز در طول زمان دارد که با در نظر گرفتن نتایج مربوط به سنجه NP ، GYRATE و DIVISION حکایت از خرددانگی، انزوا، کاهش تراکم و ارتباط لکه‌های سبز شهری دارد. در ارتباط با اراضی بایر باید چنین بیان کرد که به لحاظ کمی هم مساحت و هم تعداد لکه‌های این اراضی کاهش قابل توجی داشته و ارزیابی متریک‌های مربوط به فشردگی و ازهم گسیختگی این اراضی نیز نشان دهنده چندپارگی و خردشدگی توام با کاهش فشردگی این اراضی می‌باشد. در بین مناطق ۲۲گانه تهران، وضعیت ترکیب و توزیع فضایی اراضی سبز و بایر در منطقه ۸ و ۱۰ وضعیت نامطلوبی نسبت به سایر مناطق دارد. در اکثر مناطق فاصله بین لکه‌های فضاهای سبز بسیار زیاد بوده که خود نمایانگر خرددانگی فضاهای سبز در سطح شهر تهران هستند بدین معنی که پیوستگی بین این لکه‌های پایین است در نتیجه در بیشتر مناطق (به خصوص مناطق مرکزی تهران۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲و ۱۷) لکه‌های سبز منزوی وجود دارند، همچنین متوسط اندازه لکه‌ها نیز بسیار کم بوده که نشان‌دهنده ریزدانه بودن این لکه‌ها در سطح شهر است.

ج) محاسبه نسبت مساحت پوشش سبز هرمنطقه به جمعیت آن

به منظور دستیابی به درک صحیحی از وضعیت تامین خدمات اکوسیستمی اراضی سبز هر منطقه برای جمعیت ساکن در آن، در مرحله نهایی به محاسبه نسبت مساحت اراضی سبز به جمعیت هر منطقه (بر اساس آخرین سرشماری عمومی)، پرداخته شد . با توجه به نتایج این مرحله، مناطق ۱۰ با ۳۲۷۱۱۵ نفر جمعیت و ۱۵۹۰۰۰ متر مربع اراضی سبز و منطقه ۸ با ۴۲۵۲۹۷ نفر جمعیت و ۳۹۰۰۰۰متر مربع اراضی سبز، کمترین سهم اراضی سبز را نسبت به جمعیت در بین مناطق ۲۲ گانه تهران دارند. بیشترین سهم اراضی سبز نسبت به جمعیت

مربوط به مناطق ۲۲و ۱ می باشد. شکل۴ وضعیت مناطق تهران را از لحاظ سهم اراضی سبز به نسبت جمعیت هر کدام نشان می‌دهد.



شکل۴. وضعیت مناطق تهران از لحاظ سهم اراضی سبز به نسبت جمعیت(مأخذ: نگارندگان)

نتیجه گیری

آنچه از نتایج حاصل از بررسی های صورت گرفته در این پژوهش و پژوهش های مرتبط با موضوع حاصل می‌شود، این است که گسترش شهرنشینی در تهران و بروز مشکلات اجتماعی-اقتصادی و زیست محیطی ناشی از آن از یک سو و سودجویی برخی عناصر، که ریشه در افزایش بی رویه قیمت زمین و مسکن دارد، دلیل گسترش فضاهای شهری به ویژه مسکونی و تجاری و تخریب باغات و تغییر کاربری اراضی سبز و باز به زیرساخت مسکونی و تجاری در شهر تهران شده است. با گذشت زمان، کاربری عمده زمین‌های شهری که در گذشته شامل باغات و فضای سبز و باز بوده و عاملی جهت توسعه پایدار شهری به حساب می‌آید، به بهای توسعه شهری تخریب شده و در حال تخریب شدن است که جهتی خلاف توسعه پایدار بر پیکر شهر تحمیل می‌کند. بنابر آنچه بیان شد، در این پژوهش، سعی شد، میزان و چگونگی تغییر اراضی سبز و باز

در طول زمان، به عنوان فراهم کننده خدمات اکوسیستمی شهر و عوامل و پیش‌ران‌های اختلال‌زای مرتبط با آن در محدوه شهر تهران، اندازه‌گیری و براساس نتایج بدست آمده به تحلیل تاب‌آوری اکولوژیک در این محدوده پرداخته شود، تا بتوان در راستای کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی و تقویت تاب‌آوری منطقه گام‌های موثری پیش برد.

از نتایج حاصل از سنجه های ارزیابی ساختار سیمای سرزمین شهر تهران از جمله خرددانگی و انزوای لکه های زیستگاهی شامل اراضی سبز و بایر شهر به عنوان منشا خدمات اکوسیستمی، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب و توزیع فضایی لکه‌های سبز در شهر تهران تاب‌آور نیست.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه پریور و همکاران (۱۳۸۷)، که بیان داشتند فضاهای سبز در شهر تهران از نظر نحوه ترکیب و توزیع دارای شرایط مطلوبی نیستند، از لحاظ وسعت، پیوستگی و ماهیت ترکیب و توزیع فضایی دچار روند تخریب شدید بوده و از لحاظ اکولوژیک تاب آور نیست، همسو می‌باشد. همچنین پژوهش‌های دیگر که در این زمینه صورت گرفته‌اند از جمله تحقیق Wu و همکاران(۲۰۰۵) در خصوص کمی سازی الگوی رشد شهری دو کلانشهر فنیکی و لاس وگاس آمریکا و مطالعه‌ای که توسط Lauschو Herzog(۲۰۰۲) جهت پایش تغییرات سرزمین و واکنش آن در برابر توسعه انسان ساخت در آلمان صورت گرفته، حاکی از این است که توسعه ناپایدار شهری منجر به تکه تکه شدن سیمای سرزمین به خصوص اراضی سبز و باز می‌شود.

با ارزیابی نتایج مربوط به‌اندازه‌گیری سنجه‌های سیمای سرزمین در شهر تهران، می‌توان چنین بیان کرد که سیمای سرزمین شبکه اکولوژیک شهر تهران بر اثر توسعه شتابناک و بی قاعده دچار خردشدگی و از هم گسیختگی شده است. این امر که به تدریج و در طول زمان رخ داده، موجب ایجاد شوک در عملکرد طبیعی اکوسیستم شهری شده و همراه با پاسخ‌های خود، تاب‌آوری اکولوژیک آن را کاهش داده است. کاهش تاب‌آوری در این سیستم اکولوژیک، ارائه خدمات اکوسیستمی را کاهش داده و موجب شده شهر تهران در برابر نوسانات محیط زیستی و بهره‌برداری‌های انسانی توان حفظ ارائه خدمات مطلوب اکوسیستمی را نداشته و در برابر مخاطرات طبیعی و انسانی آسیب پذیر باشد. از جمله اثرات وارد بر عملکرد اکوسیستمی منطقه شامل:خرددانه شدن و گسستگی لکه‌هایی با منشاء خدمات اکوسیستمی، کاهش کیفیت هوا و افزایش تعداد روزهای ناسالم از نظر کیفیت هوا، افزایش سطوح نفوذناپذیر و در نتیجه افزایش رواناب در سطح منطقه و تخریب زیستگاه‌های طبیعی و در نتیجه در معرض تهدید قرار گرفتن تنوع زیستی، می‌باشد.

در راستای پیاده سازی سیاست‌های کنترلی در استفاده از اراضی شهر تهران، پیشنهاد می‌شود که با وضع قوانین، ضوابط و مقررات مرتبط با فضاهای سبز شهری با توجه به شرایط فعلی توسعه شهر، ضمن القای خط مشی هدفمند، چارچوب بروکراسی اداری قانونمندی وضع گردد. همچنین در راستای بهبود وضعیت اکولوژیک شهر تهران در مناطق بالادست مانند رود دره‌های سوهانک، دارآباد، مقصودبیک، دربند، ولنجک، درکه، فرحزاد، حصارک و کن که لکه‌های بازمانده شامل فضاهای سبز و باز بیشتری می باشند، و لکه های ساخت و ساز وسعت کمتری نسبت به محلات و مناطق مرکزی دارد، حفاظت لکه‌های سبز و باز موجود در اولویت قرار بگیرند. در پهنه هایی که تپه‌ها و رود- دره‌ها وجود دارند، از آن‌ها به عنوان فرصت‌هایی در جهت احیاء شبکه لکه بازمانده و شبکه حیاتی در کوتاه‌مدت می‌توان بهره برد و در این راستا ایجاد فضای سبز متراکم روی تپه‌ها با استفاده از آب رود- دره‌ها پیشنهاد می‌شود.

منابع و مآخذ:

۱- بهرامی، ص.(۱۳۹۶). تبیین نقش فضاهای سبز شهری در افزایش تاب آوری شهری(با تاکید بر قابلیت باغات سنتی شهر قزوین). اولین کنفرانس بین المللی زلزله ، مدیریت بلایا ، توانبخشی و بازسازی.

۲- پریور، پ.، ستوده ،ا.،احمدی،آ.(۱۳۹۹).تفکر تاب آوری، مفاهیم و کاربردها در مدیریت محیط زیست شهری. نوبت اول.انتشارات دانشگاه یزد.۲۷۴صفحه.

۳- پریور،پ.، یاوری، ا.، ستوده،ا .(۱۳۸۷). تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین. محیط شناسی, ۳۴(۴۵).

۴- حسن پور، پ.، سیاح نیا ،ر.، اسماعیل زاده،ح.(۱۳۹۹). ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین(مطالعه موردی منطقه ۲۲ تهران). فصلنامه علوم محیطی، ۱۸(۱). ۲۰۲-۱۸۷.

۵- خالدی، ش. حبیب، ف. ماجدی، ح. ۱۴۰۲. نوآوری و فناوری‌های بام سبز، با تأکید بر منطقه یک تهران. فصلنامه علمی_پژوهشی آمایش محیط. ۶۱ (۱۶): ۱۷۶-۱۹۲.

۶- زیاری،ک؛ جان بابانژاد،م. (۱۳۸۹)، دیدگاه ها و نظریات شهر سالم، مجله شهرداری ها. ۹(۹۵). ۱۷-۱۰.

۷- سلطانی،ع.(۱۳۹۸). برنامه ریزی کاربری زمین. دانشگاه شیراز. چاپ دوم. شیراز.۴۴۸صفحه.

۸- صیاد، ن. ذبیحی، ح. زر آبادی، ز.، ۱۴۰۲. بررسی میزان انطباق دریاچه شهدای خلیج فارس تهران با الگوی مکان بوم شناختی، فصلنامه علمی_ پژوهشی آمایش محیط، ۶۲ (۱۶): ۵۴-۶۹.

۹- طاهری سرتشنیزی، ف.، فقهی، ج.، دانه کار ،ا.، بابازاده خاضه،ص.(۱۳۹۳). کاربرد سنجه های سیمای سرزمین در تحلیل گرادیان فضاهای سبز شهری(مطالعه موردی منطقه ۳شهرداری کرج). علوم و مهندسی محیط زیست.سال ۱(۲).۲۳-۳۳.

۱۰-کرمی،ت.، شماعی،ع.، محبی، ف.(۱۴۰۲).تحلیل نقش تغییر کاربری زیرساخت سبز در تاب آوری اکولوژیک منطقه یک شهرداری تهران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی.۱۰(۴).۷۸-۵۹.

۱۱-لاریجانی، م. قسامی، ف. یوسفی روبیات، ا. ۱۳۹۳. تحلیل اکولوژیک ساختار فضای سبز شهر جیرفت با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین. فصلنامه علمی_پژوهشی آمایش محیط، ۲۵ (۷): ۵۰-۶۴.

۱۲-مهدی زاده، ج. (۱۳۸۶). برنامه ریزی راهبردی توسعه شهری(تجربیات اخیر جهانی و جایگاه آن در ایران). شرکت طرح و نشر پیام سیما. چاپ ۲.تهران.

۱۳-واحدیان بیگی، ل.، زیاری ،.ک ،. پرنون،ز.(۱۳۸۹). تحلیلی بر بحران زیست محیطی و توزیع مکانی فضای سبز شهر تهران. مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای.۴(۱۴) .۱۱۴-۱۰۱.

۱۴-یوسف زاده، ا.، ستوده،ا.، پریور،پ.، رضایی،م.، سودائی زاده،ح. (۱۳۹۶). ارزیابی تاب آوری خدمات اکوسیستمی در محیط زیست شهری(مطالعه موردی شهر یزد). مجله پژوهش‌های محیطزیست. ۸(۱۶) ، پاییز و زمستان ۱۳۹۶ . صفحه ۲۸-۱۵.

1- Alberti, M., & Marzluff, J. M. (2004) Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions. Urban ecosystems, Vol 7 No 3, pp.241-265.
2- Arnold Jr, C. L., & Gibbons, C. J. (1996). Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American planning Association*, *62*(2), 243-258.
3- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global environmental change*, *16*(3), 253-267.
4- Genkai-Kato, M. (2007). Macrophyte refuges, prey behaviour and trophic interactions: consequences for lake water clarity. *Ecology Letters*, *10*(2), 105-114.
5- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2002). Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. Washington, DC: Island Press.
6- Gunderson, L., H. (2000). Ecological resilience in theory and application. Annual Review of Ecology and Systematics, 31, 425-439.
7- Kaiser, E. J., Godschalk, D. R., & Chapin, F. S. (1995). *Urban land use planning* (Vol. 4). Urbana: University of Illinois press.
8- Lausch, A. and F. Herzog. 2002. Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability. Journal of Ecological Indicators, 2(2): 3-15. - Makhdoum, M. 2006. Fundamental of Land Use Planning. University of Tehran Press, Tehran, 290p. (in Persian)
9- Marzluff, J. M. (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. In *Avian ecology and conservation in an urbanizing world* (pp. 19-47). Springer, Boston, MA.

10- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C. Ene, E., (2002), "Fragstats: Spatial pattern analysis program for categorical maps", Oregon State University: Corvallis.
11- McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. Ecosystem Services, 12, 152-156.
12- Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. Landscape and Urban Planning, 159, 62-75.
13- Millennium ecosystem assessment, M. E. A. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5, p. 563). Washington, DC: Island press.
14- Pamukcu-Albers, P., Ugolini, F., La Rosa, D., Grădinaru, S. R., Azevedo, J. C., & Wu, J. (2021). Building green infrastructure to enhance urban resilience to climate change and pandemics. Landscape Ecology, 36(3), 665-673.
15- Parker, J., & Simpson, G. D. (2020). A theoretical framework for bolstering human-nature connections and urban resilience via green infrastructure. Land, 9(8), 252.
16- Voghera, A., & Giudice, B. (2019). Evaluating and planning green infrastructure: a strategic perspective for sustainability and resilience. Sustainability, 11(10), 2726.
17- Walker, P. A. (2006). Political ecology: where is the policy?. *Progress in human geography*, *30*(3), 382-395.
18- Wu, X., Zhang, J., Geng, X., Wang, T., Wang, K., & Liu, S. (2020). Increasing green infrastructure-based ecological resilience in urban systems: A perspective from locating ecological and disturbance sources in a resource-based city. Sustainable Cities and Society, 61, 102354.
19- Ziari, K., Pourahmad, A., Fotouhi Mehrabani, B., & Hosseini, A. (2018). Environmental sustainability in cities by biophilic city approach: a case study of Tehran. *International journal of urban sciences*, *22*(4), 486-516.
Ziari, K. (2001). Sustainable development and responsibility of urban planners in the 21st century. *Journal of the Faculty of Literature &Tehran Humanities University N*, *160*.