DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.17026

صفحات ۸۴-۶۹

# تبیین روشی جهت سنجش و افزایش میزان تاب‌آوری شهری به تغییرات اقلیمی بر پایه اصول اکولوژی سیمای سرزمین در مقیاس محله شهری
## (مطالعه موردی: محله یوسف‌آباد تهران)*

مهندس المیراشیرگیر**، دکتر مصطفی بهزادفر ***، دکتر رضا خیرالدین****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

## چکیده

تاب‌آوری اقلیمی، به تاب‌آوری شـــهرها به تغییرات اقلیمی گویند. نقش زیرساخت‌های سبز شهری به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد سازگاری با تغییرات اقلیمی برای بهبود تاب‌آوری اقلیمی در شهرها محرز شده است. این سؤال مطرح است که «چگونه و بر اساس کدام ویژگی‌های زیرساخت‌های سبز می‌توان وضعیت تاب‌آوری اقلیمی را در یک شهر مورد ارزیابی و تحلیل قرار داد؟». درنتیجه، از اصول و تئوری‌های اکولوژی ســـیمای ســـرزمین و برقراری ارتباط بین این اصول با زیرساخت‌های سبز در شهرها، استفاده شد. ارتباط برقرارشـــده در محله یوســـف‌آباد شهر تهران با اســـتفاده از عکس هوایی، بازدید میدانی و تهیه نقشه‌های پایه و تحلیلی با نرم‌افزار GIS، به‌صورت کیفی مورد آزمایش قرار گرفتند و فاکتورهای مؤثر در سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری اقلیمی در شهرها با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری و بر پایه علم اکولوژی منظر به دست آمد.

## واژه‌های کلیدی

اکولوژی سیمای سرزمین، زیرساخت‌های سبز شهری، تاب‌آوری اقلیمی، مقیاس محله شهری، محله یوسف‌آباد شهر تهران.

*این مقاله برگرفته از رســـاله دکتری شهرسازی، خانم المیرا شـــیرگیر با عنوان «تبیین الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری با هدف ایجاد تاب‌آوری اکولوژیک شـــهری با تأکید بر تغییرات اقلیمی (نمونه موردی: محله یوســـف‌آباد شـــهر تهران)» در دانشـــگاه علم و صنعت ایران، با راهنمایی آقای دکتر رضا خیرالدین و مشاور آقای دکتر مصطفی بهزادفر است.

**پژوهشگر دکتری، شهرسازی، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
Email:shirgir_e@arch.iust.ac.ir

***استاد، شهرسازی، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران. (مسئول مکاتبات)
Email:behzadfar@iust.ac.ir

****دانشیار، شهرسازی، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
Email: reza_kheyroddin@iust.ac.ir


مقاله پژوهشی- مطالعه موردی
© 2021 IAU
ISSN 17359562

## مقدمه

شـــهرهای سراســـر جهان در مواجهه با طیف وسیعی از مخاطرات‌اند کـــه تحت تأثیـــر عواملی ماننـــد افزایش جمعیت شـــهری و تغییرات اقلیمی، تشـــدید می‌یابنـــد (IPCC, 2008). شهرســـازی و تغییرات اقلیمـــی در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگرند. امروزه تأثیرات مســـتقیم و غیرمســـتقیم تغییرات اقلیمی را در کشورهایی که کمترین تأثیر را در گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی داشـــته‌اند، می‌توان دید (Adhya, 2010). شـــهرها در معرض خطرات تغییرات اقلیمی هســـتند و بسیار آسیب‌پذیرند (Mishra, 2017).

تاب‌آوری توانایی یک سیستم برای جذب اختلالات است، درحالی‌که ســـاختار پایه‌اش به همان شکل حفظ‌شـــده و راه‌های عملکردی آن، ظرفیتی برای خودسازمان‌دهی و ظرفیتی برای سازگاری با استرس‌ها و تغییرات داشته باشد (IPCC, 2008). سازگاری با تغییرات اقلیمی بر کاهش آســـیب‌پذیری به این تغییرات، تمرکز دارد (Leichenko, 2011). تاب‌آوری دارای ابعاد گوناگونی اســـت، در این میان تاب‌آوری اکولوژیـــک شـــهری و از زیرمجموعه‌های آن، «تـــاب‌آوری اقلیمی»، مدنظـــر این تحقیق اســـت (Childers & Cadenasso, 2015)، که شـــامل ســـازگاری و تقلیل خطرات و تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی اســـت (Asian Development Bank, 2014). از ســـوی دیگـــر زیرســـاخت‌های شـــهری، دارای عملکردهای حیاتـــی مختلفی اعم از عملکرد محیط زیستی و اجتماعی و غیره هستند. زیرساخت‌های سبز شـــهری طبق تحقیقات انجام‌شده، در تقلیل اثرات تغییرات اقلیمی در شـــهرها مؤثر بوده و باعث ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی می‌گردند (Byrne et al., 2015).

ویژگی‌های زیرســـاخت‌های ســـبز و اینکه کدام‌یک از آن‌ها بر ایجاد، تحلیل و ارزیابی میزان تاب‌آوری شـــهرها به تغییرات اقلیمی، مؤثرند تاکنون به‌درســـتی بررســـی نشده است. با بررســـی رشته تحقیق‌های انجام‌شـــده بر روی زیرساخت‌های ســـبز و نقش آن‌ها در تقلیل اثرات اقلیمی، می‌توان اظهار داشـــت، این مطالعـــات به‌طور تقریبی ابتدا در سال ۲۰۰۷، توسط گیل و همکاران[1]، در کشور انگلستان، در ارتباط با نقش زیرساخت‌های سبز شهری در تقلیل اثرات منفی تغییرات اقلیمی، آغاز گردید که به‌طورکلی به مقایسه میزان حرارت چند محله در شهر منچســـتر انگلستان در مناطق با و بدون پوشش گیاهی پرداخته است و ارتباط ســـطح اشغال‌شده توسط پوشش سبز را با میزان حرارت این چند محله بررســـی کرده است. با بررسی پژوهش‌های مرتبط موجود، به نظر می‌رسد بین سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹، مطالعاتی نه‌چندان گسترده در کشـــور استرالیا در این زمینه توســـط فورتین و همکاران[2]، بر روی «بررســـی تیپولوژی ماتریس زیرساخت‌های سبز شهری در ایجاد خرد اقلیم‌های شـــهری» و «نقشـــه‌برداری و تیپ بندی زیرساخت‌های سبز شـــهری بر پایه تأثیر آن‌ها بر اقلیم با استفاده از نرم‌افزارهای سنجش از دور» انجام‌شـــده است که در این موارد تازه، تنها به شکل حجمی و ســـاختار کلی درختان جهت ایجاد تعدیل درجه حرارت پرداخته‌شده است و ســـایر ویژگی‌های این گیاهان بررسی نگردیده است. در ایران این‌گونـــه مطالعات بـــا کلیدواژه‌هـــای تغییرات اقلیمـــی، تاب‌آوری و زیرساخت‌های ســـبز شهری، یافت نشد. می‌توان اظهار داشت، تاکنون عوامـــل دقیقی جهت ارزیابی و ســـنجش این نوع از تـــاب‌آوری ارائه نگردیده اســـت. به نظر می‌رســـد بتوان از ویژگی‌های زیرساخت‌های سبز شهری، به‌عنوان یک عامل مهم تاثیرگذار بر تاب‌آوری اقلیمی در شهرها، جهت دستیابی به چنین عواملی برای ارزیابی میزان تاب‌آوری اقلیمی دست‌یافت. برای دستیابی به چنین هدفی، ارتباط علم اکولوژی ســـیمای ســـرزمین و اصول آن، جهت تحلیل پتانسیل‌های تاب‌آوری زیرســـاخت‌های سبز شهری، می‌توانند راهگشـــا باشند. این ارتباط در مقاله حاضر، به‌صورت تئوریک بررســـی خواهد شـــد و سپس اصول و نتایج به‌دســـت‌آمده از این بررسی بر روی محله یوسف‌آباد شهر تهران، به‌عنوان شـــهری که دارای معضلات فراوان ناشـــی از تغییرات اقلیمی ازجمله آلودگی هوا، خشکسالی، افزایش دما و کمبود منابع آب است، با انجام بررسی میدانی، استفاده از عکس هوایی محله و تهیه نقشه‌های پایه و تحلیلی با اســـتفاده از نرم‌افزار GIS آزمایش خواهد شد. در این تحقیق بر اساس پرســـش اصلی، روشی پیشنهادی و چهارچوبی برای اســـتفاده از زیرساخت‌های ســـبز موجود در یک شهر برای سنجش و ارزیابـــی کیفی میزان تاب‌آوری اقلیمی، بـــر پایه اصول اکولوژی منظر تهیه شـــد. در دنباله چهارچوب نظری موردنیاز بـــرای انجام تحقیق، معرفی می‌گردند.

## چهارچوب نظری پژوهش

### تغییرات اقلیمی و تاب‌آوری به آنها در شهرها

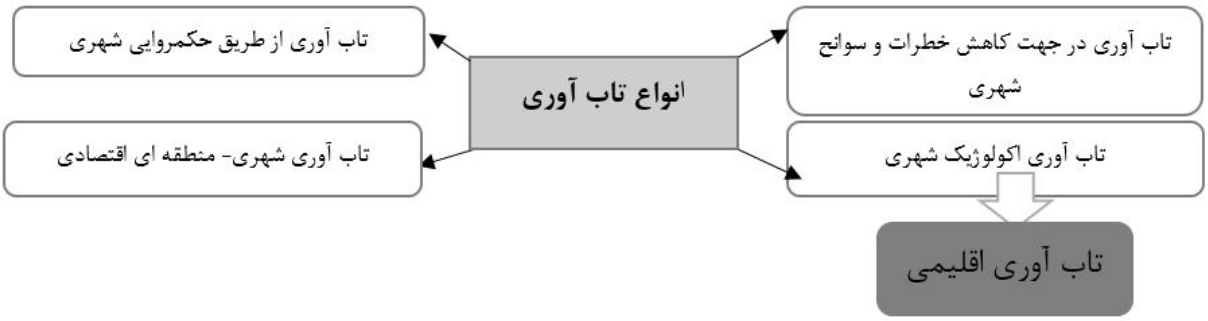
شهری شـــدن و تغییرات اقلیمی تأثیرات منفی روی کیفیت زندگی، وضعیت اقتصـــادی و ثبات اجتماعی دارند. مناطقی با تمرکز جمعیت، صنایع و زیرساخت‌ها، تحت بیشترین تأثیرات تغییرات اقلیمی هستند (Asian Development Bank, 2014). پویایـــی شـــهرها، تأثیرات اقلیمی را شدت می‌بخشد، رشد سریع شهرها باعث جایگزینی پوشش گیاهی با سطوح سخت ساختمانی می‌شـــود (IPCC, 2008). تقلیل تغییرات اقلیمی به این ۵ عامل کلیدی متمرکزشده است: شکل شهر، ساخت‌وساز، محیط مصنوع، زیرساخت‌های شهری، حمل‌ونقل و تولید کربن(Connell et al., 2017). مفهوم تاب‌آوری شهری، جهت تقلیل و ســـازگاری با این تغییرات در سال‌های اخیر مطرح گردیده است که

در این پژوهش تاب‌آوری اکولوژیک شهری و از انواع آن، «تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی» موردبحث قرار گرفت است.

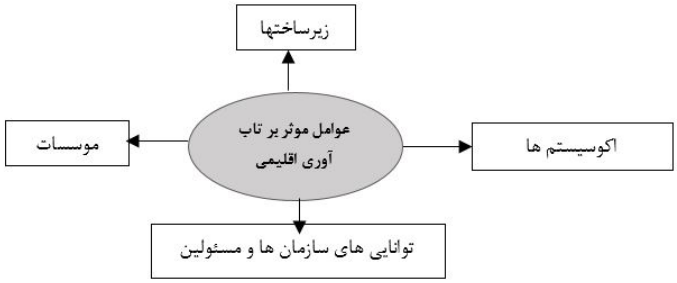
برای تعریف دقیق مفهوم تاب‌آوری اقلیمی[۳]، لازم است ابتدا تعریفی دقیق از مفهوم تاب‌آوری ارائه گردد: تاب‌آوری به مفهوم «بازگشت به وضعیت گذشته» است و حتی «توانایی بازگشت آسان و بی‌درنگ به وضعیت پیشین» معنا شده است و منظور از آن قابلیت «الاستیک» یا ویژگی انعطاف‌پذیری است (Adhya, 2010). از انواع تاب‌آوری می‌توان به تاب‌آوری اکولوژیک شهری، تاب‌آوری شهری- منطقه‌ای- اقتصادی، تاب‌آوری در جهت کاهش خطرات و سوانح شهری و ارتقاء تاب‌آوری از طریق حکمروایی شهری اشاره کرد (Childers & Cadenasso, 2015). تاب‌آوری اکولوژیک شهری، به ظرفیت سامانه‌های اکولوژیکی برای جذب اختلالات و نیز برای حفظ بازخوردها، فرایندها و ساختارهای لازم و ذاتی سامانه گفته می‌شود یا به‌عبارت‌دیگر، شدت اختلالی که سامانه می‌تواند آن را جذب کند، پیش از اینکه ساختار سامانه به‌وسیله تغییر متغیرها و فرایندهایی که رفتار آن را کنترل می‌کنند، به ساختار متفاوتی تبدیل شود. از زیرشاخه‌های تاب‌آوری اکولوژیک شهری، «تاب‌آوری اقلیمی» است (Schipper, 2007). با توجه به تعریف تاب‌آوری اکولوژیک و با در نظر گرفتن مفهوم تغییرات اقلیمی، تاب‌آوری اقلیمی شامل: ظرفیت یک واحد مستقل یا یک جمع یا یک سازمان برای پاسخگویی به تغییرات اقلیمی به‌صورت پویا و مؤثر، در حالیکه همچنان در یک رده قابل‌قبول در حال ادامه دادن به فعالیت‌های روزمره خود است را گویند. این قابلیت شامل توانایی مقاومت در برابر تغییر و همچنین بهبود یافتن پس از شوک و سازمان‌دهی مجدد است جهت جلوگیری از نابود شدن سیستم که همان شهر است در اینجا و ادامه حیات (Dayland & Brown, 2012). در کل تاب‌آوری شهرها به تغییرات اقلیمی را «تاب‌آوری اقلیمی» گویند. در شکل ۱، ارتباط بین تاب‌آوری اقلیمی با سایر انواع تاب‌آوری‌های ترسیم گردیده است.

زیرساخت‌های سبز شهری و تأثیر آن‌ها بر تاب‌آوری اقلیمی در شهرها از عوامل مؤثر بر ایجاد تاب‌آوری اقلیمی شامل زیرساخت‌ها، مؤسسات، اکوسیستم‌ها و توانایی‌های سازمان‌ها و مسئولین است (Miller et al., 2009) که در شکل ۲ به نمایش گذاشته‌شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد از عوامل مؤثر بر ایجاد و ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در شهرها، زیرساخت‌ها می‌باشند که از انواع آن زیرساخت‌های سبز شهری هستند. یکی از مهم‌ترین عناصر شهری، زیرساخت‌های سبز شهری هستند. زیرساخت‌های سبز شامل شبکه‌ای مرتبط از فضاهای سبز است که به‌صورت استراتژیک مدیریت‌شده‌اند و دارای عملکردهای گوناگون می‌باشند و ازلحاظ اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی سودمندند (Pataki et al., 2011). زیرساخت‌های سبز شهری خود نوعی سیستم اجتماعی اکولوژیک هستند که نتیجه تعاملات عناصر مختلف به‌خصوص انسان می‌باشند. درنتیجه طراحی مناسب در این فضاها می‌تواند باعث تأثیرات بسزایی در زندگی روزمره شود که طراحی تاب آور یکی از مناسب‌ترین اصول و ضوابط برای طراحی این‌گونه فضاها به شمار می‌رود (Oliver & Morecroft, 2014). به‌طورکلی زیرساخت‌های سبز شامل: بام‌های سبز، سطوح سبز قابل‌نفوذ، مسیرهای سبز و خیابان‌ها، جنگل‌های شهری، پارک‌های عمومی، باغ‌های همسایگی و تالاب‌های شهری می‌باشند (Demuzere et al., 2014).

زیرساخت‌های سبز شهری در سازگاری با تغییرات اقلیمی، یکی از مهم‌ترین «استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی» محسوب می‌شوند. زیرساخت‌های سبز مانند حائلی، شهرها را در برگرفته‌اند و قابلیت کاهش اثرات تغییرات اقلیمی در آینده را دارند (Foster et al., 2015). اثرات ساختارهای سبز بر کاهش تأثیرات تغییرات اقلیمی و افزایش تاب‌آوری در شهرها را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد: تأثیرات فیزیکی، افزایش آسایش دمایی و کاهش مصرف انرژی، کاهش اثرات منفی سیل و افزایش کیفیت آب و کاهش خشکسالی، تأثیر بر




شکل ۱. رابطه تاب آوری اقلیمی با انواع تاب آوری (Dayland & Brown, 2012)



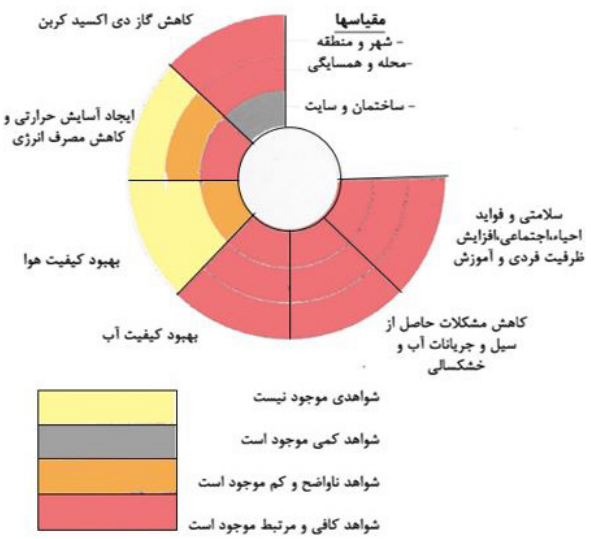

شکل۲. عوامل موثر بر ایجاد تاب آوری اقلیمی (Miller et al., 2009)

کیفیت هوا، تأثیرات مثبت روان‌شناختی و اجتماعی، تأثیر بر سلامت، تأثیر بر فعالیت‌های اجتماعی و فردی، آموزشی (Demuzere et al., 2014). درشکل ۳، تأثیر زیرساخت‌های سبز شهری بر تاب‌آوری اقلیمی و ایجاد سازگاری با تغییرات اقلیمی به نمایش گذاشته‌شده است.

## استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی و ارتقاء تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری

زیرساخت‌های سبز شهری، همانطور که قبلا ذکر شد، از استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی به‌حساب می‌آیند. این استراتژی‌های سه‌گانه که بیشتر با مناطقی با آب‌وهوای گرم و خشک قابل انطباق هستند، در اینجا معرفی می‌گردند.

– **حفظ و تقویت پوشش گیاهی موجود:** یکی از استراتژی‌های مهم جهت تقلیل دما در فصول گرم سال، شناسایی پوشش گیاهی موجود و حفظ و تقویت آن است، چه در باغ‌های خصوصی، چه به‌صورت فضاهای سبز عمومی و یا فضای سبز موجود در خیابان‌ها (Byrne et al., 2015). با این‌حال در بسیاری از مناطق شهری، زیرساخت‌های سخت و ساخته‌شده، از قبل موجودند و تغییر کاربری آن‌ها و جایگزین کردن آن‌ها با قطعات سبز بزرگ، غیرممکن است. در این شرایط پوشش سبز باید با خلاقیت و استفاده از ترفندهای خاص به محیط اضافه گردند. ازجمله این روش‌ها استفاده از بام‌های سبز، نماهای سبز، کاشت درختان ردیفی در امتداد خیابان‌ها و خطوط راه‌آهن، تبدیل خیابان‌ها به مسیرهای سبز است. اولویت باید به مناطقی داده شود که آسیب‌پذیری مردم در آن‌ها در برابر تغییرات اقلیمی، بالاست (Birkman et al., 2010).




شکل ۳. ارتباط بین فواید زیرساخت های سبز شهری و اثر آنها بر کاهش و سازگاری با تغییرات اقلیمی در سه مقیاس، مبتنی بر شواهد موجود (Demuzere et al., 2014 ).

- **استفاده از گیاهان مقاوم به تغییرات اقلیمی:** استراتژی دیگر، استفاده از گیاهان مقاوم به شرایط اقلیمی است، به‌عنوان‌مثال مقاوم به خشکی و کم‌آبی. مسلماً یکی از تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی، ایجاد خشکسالی است. در چنین شرایطی استفاده از گیاهانی با نیاز آبی کمتر و حساسیت کمتر به شرایط اقلیمی مؤثر است. برخی انواع گیاهان، به شرایط اقلیمی خاص ازجمله خشکسالی بسیار مقاوم‌اند. (Gill et al., 2007).

- **استفاده از علم «اکولوژی سیمای سرزمین» در مکان‌یابی مناسب پوشش سبز در پروژه‌ها جدید شهری:** جهت مقابله با تغییرات اقلیمی، محل و موقعیت و نحوه قرارگیری پوشش سبز بسیار اهمیت دارد. ازنظر فورمن و گوردون (۱۹۸۶)، زیرساخت‌های سبز را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی کرد: لکه، دالان و ماتریس. هرکدام از این اشکال دارای فوایدی هستند، به‌عنوان‌مثال، دالان‌ها در ذخیره آب حاصل از سیل و کنترل جریان سیل مؤثرند، لکه‌ها بیشتر در ذخیره آب باران، در زمان طغیان رودها، مؤثر هستند. در مقایسه با ماتریس‌ها، خنک کردن فضا از طریق تبخیر توسط لکه بیشتر انجام می‌شود، همچنین ایجاد میکرو اقلیم‌های مناسب. ماتریس‌ها در تصفیه آب باران مؤثرتر از لکه‌ها هستند. فضاهای سبز وقتی مساحتی بیشتر از یک هکتار دارند، میکرو اقلیم‌ها مناسبی را ایجاد می‌کنند (Gill et al., 2007). سایه‌اندازی در لکه‌ها و ماتریس‌ها انجام می‌گیرد که منجر به خنک شدن مناطق مسکونی می‌گردد (Forman, 1995,133). در کل می‌توان این استراتژی‌های سه‌گانه را در شکل ۴، خلاصه کرد. در ارتباط با مفاهیم لکه، کریدور و ماتریس در بخش بعد توضیحات بیشتری آورده شده است.

## ارتباط علم «اکولوژی سیمای سرزمین»[۴] با زیرساخت‌های سبز شهری و تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی

در سال‌های ۱۹۸۰، زمانی که تحلیل ماهواره‌های سنجش‌ازدور و تصاویر هوایی، از طریق GIS امکان‌پذیر گردید و روش‌های آماری-فضایی (Fortin & Dale, 2005,15)، معرفی گردیدند، این امکان به اکولوژیست‌ها داده شد تا بتوانند ناهمگنی فضایی در زیستگاه‌های بومی را تا یک قاره بررسی و تحلیل نمایند. اکولوژی سیمای سرزمین، شامل بررسی الگوهای منظر، کنش و واکنش بین عناصر این الگوها و نحوه تغییر این الگوها در طول زمان است (Ducuy & Nakagoshi, 2008). تمرکز اصلی این شاخه از علم بر روی: ناهمگنی فضایی، بررسی وسیع‌تری ازلحاظ فضایی در مقایسه با علم اکولوژی، نقش انسان در خلق و تأثیر بر الگوها و فرآیندهای منظر است (Forman, 1995,140). منظور از ناهمگنی فضایی و الگویی: شناسایی آن، منشأ به وجود آمدن آن و نحوه تغییر آن در طول زمان و علت اهمیت آن و اینکه چگونه انسان‌ها آن را مدیریت می‌کنند است (Forman & Godron, 1986, 340) بر اساس نظریات فورمن و گودرون (۱۹۸۶)، عناصر تشکیل‌دهنده زیرساخت‌های سبز می‌توانند به سه دسته تقسیم گردند: لکه[۵]، دالان[۶] و ماتریس[۷]. لکه‌ها شامل زیستگاه‌هایی هستند که با مناطق اطرافشان متفاوت‌اند، معمولاً کوچک‌ترین بخش اکولوژیک در نقشه‌ها و سیستم‌های دسته‌بندی، منظر هستند. ویژگی‌های لکه‌ها دارای اهمیت‌اند (اندازه، شکل، محیط آن‌ها و غیره). ماتریس بخش غالب منظر می‌باشند، این بخش تأثیر بسزایی بر فرآیندهای منظر دارد. دالان‌ها شامل لکه‌های باریکی هستند که ممکن است به‌عنوان عنصر ارتباط‌دهنده یا حائل در منظر عمل کنند. همچنین دالان‌ها، شامل ساختارهای عملکردی مهم در منظر هستند و در پراکنش گیاهان و حیوانات تأثیرگذارند (Haddad et al., 2003, 609). اکولوژیست‌ها همواره درباره نحوه تأثیر پراکنش فضایی عناصر بر فرآیندهای اکولوژیک، حساس بوده‌اند (Mc Garigal & Urban, 2001). توسعه و پویایی فضایی، بخش مهمی از مطالعات اکولوژیک است، به‌خصوص در مبحث تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به سیستم‌های تحت سلطه انسان‌ها مانند زیرساخت‌های سبز یا کاربری‌های شهری. زمانی که

شکل ۴. چهارچوب استراتژیهای سازگاری با تغییرات اقلیمی با استفاده از زیرساخت های سبز شهری (Shirgir et al., 2019)

بخشـــی از منظر طبیعی به شهر تبدیل می‌شـــود در آن تغییراتی رخ می‌دهد که به آن «قطعه‌قطعه شدن»[8] می‌گویند ) در شهرها، فضاهای ســـبز و طبیعی در اثر توسعه شـــهر، قطعه‌قطعه می‌گردند، (Fahrig, 1997). این پدیده باعث به وجـــود آمدن یک نمونه از موزاییک پویا، گردیده است (Haddad et al., 2003, 615) که پارادایم لکه-دالان-ماتریس را کامل می‌کند. مفاهیم منظر در ارتباط با قطعه‌قطعه شـــدن یا نابودی پوشـــش گیاهی در دنیا، به ادراک چرخه کربن و پیش‌بینی تأثیـــرات تغییرات اقلیمی، کمک می‌کننـــد (Houghton, 1995). از پارادایم لکـــه- دالان-ماتریس در این پژوهش به‌عنوان روشـــی برای تحلیل پوشـــش گیاهی موجود که از اســـتراتژی‌های تقلیل تغییرات اقلیمی می‌باشند، استفاده خواهد شد. برای مقابله با تغییرات اقلیمی، تحلیل فضایی عناصر تشـــکیل‌دهنده منظر، ضروری اســـت و موقعیت پوشش ســـبز اهمیت به سزایی دارد. بیشـــترین کارکرد و ارتباط علم اکولوژی ســـرزمین با زیرساخت‌های سبز شـــهری، مکان‌یابی مناسب پوشش سبز در پروژه‌های جدید شهری است. جهت مقابله با تغییرات اقلیمی، محل و موقعیت و نحوه قرارگیری پوشـــش سبز بسیار اهمیت دارد. از نظـــر فورمـــن و گوردون (۱۹۸۶)، تکنولوژی نقشـــه‌برداری از طریـــق تصاویـــر هوایی، منجر بـــه تحلیل بهتر وضعیـــت لکه-دالان-ماتریس در علم اکولوژی ســـیمای ســـرزمین گردیده است (Clark, 2010, 210).در ایـــن مقالـــه هدف اصلی اســـتفاده از این تکنیک در تحلیل وضعیت زیرســـاخت‌های سبز شهری بر پایه پتانسیل‌های آن‌ها در تقلیل اثرات تغییرات اقلیمی است. با استفاده از این تکنیک، تحلیل ناهمگنی عناصر اکولوژی منظـــر، عملکرد آن‌ها و ارتباط بین این علم با زیرساخت‌های سبز شـــهری امکان‌پذیر می‌گردد و امکان مکان‌یابی پوشـــش سبز پیشـــنهادی در پروژه‌های جدید شهری، با هدایت لکه-دالان و ماتریس‌ها به ســـمت یکپارچگی و تجانس و در جهت کاهش قطعه‌قطعه شدن در اثر توسعه شهری، ایجاد می‌گردد. بر اساس نظریه گالدریسی[9] (۲۰۱۴)، برای اســـتفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در جهت کاهش تغییرات اقلیمی: فضای سبز موجود شهری باید حفاظت گردد و تصمیم گیران و سیاست‌گذاران باید در شهرها فضاهای سبز و آبی بیشتری در نظر بگیرند تا دالان‌ها و لکه‌های سبز، با یکدیگر ارتباط بیشتری داشته باشند.

موارد ذکرشـــده در جـــدول ۱، هم برای مناطـــق و پروژه‌های جدید شهری می‌توانند مورداســـتفاده قرار گیرند و هم می‌توان از این اصول برای حفظ و تقویت پوشش گیاهی موجود در یک منطقه بهره گرفت، در جدول ۱ مشـــخص می‌گردد که نوع (گونه شناسی) زیرساخت‌های سبز بر اساس طبقه‌بندی اکولوژی منظر، چگونه می‌تواند بر تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی مؤثر باشد.

علاوه بر نوع زیرساخت‌های سبز، علم اکولوژی سرزمین بیان می‌کند که موقعیت و نحـــوه قرارگیری و نقش لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس‌ها در ارتقاء تاب‌آوری مؤثر می‌باشـــند. همچنین اندازه این عوامل می‌تواند بر میزان تاب‌آوری اقلیمی مؤثر باشـــد. بر این اســـاس، هراندازه لکه‌های سبز وســـیع‌تر باشـــند، میزان تاب‌آوری آن‌ها بیشـــتر است و هر چه کری دورهای طبیعی و مصنوع امتداد و اتصال بیشـــتر داشته باشند، تاب‌آوری تضمین می‌گردد. این ســـنجه‌ها و داده‌های قابل‌اندازه‌گیری، می‌توانند نقش مهمی جهت اندازه‌گیری میزان تاب‌آوری اقلیمی داشته باشـــند. با بررسی یک شـــهر و اندازه‌گیری تعداد لکه‌ها، تعداد دالان‌ها و انســـجام شبکه ماتریس آن شـــهر، وجود و یا عدم وجود آن‌ها، نحوه قرارگیری آن‌ها در کنار هم وضعیت اتصال و یکپارچگی آن‌ها، سلامت و صحت پوشش سبز موجود در این شهر و اندازه‌گیری آن‌ها، می‌توان ارزیابـــی‌ای صحیح از وضعیت تاب‌آوری در شـــهرها ارائه کرد. بدیهی اســـت با انجام چنین تحلیل‌هایی، در گامی دیگر می‌توان پیشنهادها و اصـــول و روش‌هایی جهت بهبود وضع موجود و تقویت فضاهای ســـبز از هر نوع در شـــهرها، ارائه کرد. بر این اســـاس در شـــکل ۵، اصول و نحوه سنجش و تحلیل وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری بر پایه علم اکولوژی سرزمین، به تصویر کشیده شده است. با توجه به این شکل و با اســـتفاده از اصول استخراج‌شده از رابطه بین علم اکولوژی سرزمین با زیرساخت‌های سبز شـــهری و تاب‌آوری اقلیمی، می‌توان مکان‌یابی صحیحی برای زیرساخت‌های ســـبز قابل تقویت و جدید با استفاده از تئوری‌های لکه، کریدور و ماتریس، (مکان‌یابی صحیح زیرســـاخت‌های سبز پیشنهادی) ارائه کرد (Norton et al., 2015). این ادعا در نمونه مـــوردی که یک محله از شـــهر تهران در ایران اســـت، مورد آزمایش قرارگرفته است.

## روش پژوهش

برای شناخت و بررسی زیرســـاخت‌های سبز شهری یک روش معتبر نیاز است. نورتون (۲۰۱۵)، روشـــی را برای شناخت و تحلیل پوشش ســـبز موجود با تکیه‌بر پتانسیل‌های تقلیل تغییرات اقلیمی، ارائه کرده است به‌ویژه برای مقیاس محله. این روش یک چهارچوب ۶ مرحله‌ای اســـت جهت ارتقاء زیرساخت‌های سبز شـــهری و پیشنهاد گونه‌های گیاهی جهت مقابله با افزایش دما در درجه نخست و تقلیل آلودگی هوا و خشکسالی در درجات بعدی. این مراحل ۶ گانه شامل: اولویت‌بندی محله‌ها و انتخاب محله‌ای با اولویت بیشـــتر جهت مداخله، شناسایی و دسته‌بندی زیرساخت‌های سبز و خاکستری موجود در محله، استفاده و تقویت زیرساخت‌های سبز موجود برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و جهـــت افزایش تاب‌آوری اقلیمـــی، اولویت‌بندی خیابان‌های اصلی و

جدول ۱. گونه شناسی زیرساخت‌های سبز شهری برای سازگاری با تغییرات اقلیم ازنقطه‌نظر علم اکولوژی سرزمین (Gill et al., 2007)

| | دالان | لکه | ماتریس |
|---|---|---|---|
| ذخیره آب حاصل از سیل | ★★★ | ★★ | ★ |
| خاصیت تصفیه‌کنندگی آب‌وهوا | ★ | ★★ | ★★★ |
| خنک‌کنندگی از طریق تعریق | ★ | ★★★ | ★★ |
| سایه‌اندازی | ★ | ★★ | ★★★ |

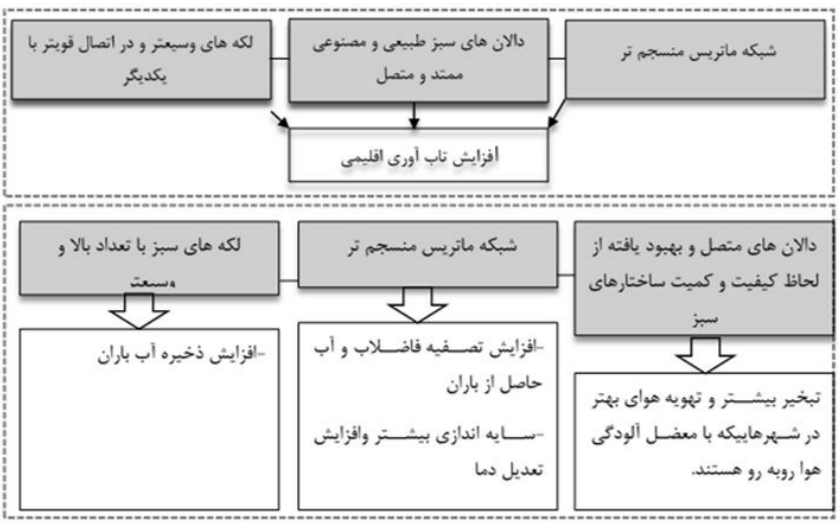
فرعی و زیرساخت‌های سبز موجود در یک محله بر اساس تقویت زیرساخت‌های سبز موجود و جدید، انتخاب زیرساخت‌های سبز جدید و مناسب با توجه به وضع موجود محله و پتانسیل‌های اقلیمی آن‌ها. مکان‌یابی صحیح زیرساخت‌های سبز قابل تقویت و جدید با استفاده از تئوری‌های لکه، دالان و ماتریس، است (Norton et al., 2015). در اینجا از تلفیق این چهارچوب ۶ مرحله‌ای با استراتژی‌های سه‌گانه (Gill et al., 2007) مطرح‌شده در بخش چهارچوب نظری (شکل۴) و تئوری‌های اکولوژی سیمای سرزمین مطرح‌شده (Forman & Godron, 1986, 150)، (شکل ۵)، یک روش تلفیقی کمی-کیفی تولید گردید (شکل ۶). به‌بیان‌دیگر این روش تلفیقی، چهارچوب و الگویی جهت ارتقاء تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی بر پایه زیرساخت‌های سبز، ایجاد می‌کند (Shirgir et al., 2019).

## مورد پژوهی

با توجه به وضعیت تغییرات اقلیمی در شهر تهران شامل آلودگی هوا، افزایش دمای شهر تهران در طول سال‌های اخیر، کمبود بارش و تغییر روند بارش در شهر تهران و کاهش آن، کمبود منابع آب و کاهش کیفیت آن، افزایش ریز گردها و غبار و مسئله خشکسالی، کلیه محله‌ها و مناطق شهر تهران و حومه آن در معرض خطر تغییرات اقلیمی هستند (Sheikhi, 2016). محله یوسف‌آباد تهران یکی از محله‌های قدیمی و معروف تهران است که در منطقه ۶ شهرداری تهران واقع‌شده است (شکل ۷). ازآنجاکه هدف پژوهش، دستیابی به الگویی جهت تحلیل و بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز موجود در شهرها برحسب پتانسیل‌های تاب‌آوری آن‌ها است، ابتدا وضعیت موجود این نوع زیرساخت‌ها، در این محله از شهر تهران موردبررسی قرار گرفت و سپس با اصول علم اکولوژی منظر، با استفاده از عکس هوایی و نرم‌افزار GIS و بررسی میدانی، این وضعیت مورد تحلیل و بررسی کیفی قرار گرفت.

## یافته‌های پژوهش

در اینجا متدولوژی پژوهش، استراتژی‌های سه‌گانه بعلاوه مراحل شش‌گانه نورتون، (شکل۶)، به‌صورت تلفیقی و خلاصه، آورده شده‌است.




شکل ۵ .اصول استراتژیک مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری با زبان علم اکولوژی سرزمین (لکه، دالان، ماتریس) (Gill et al., 2007)

شکل ۶. چهارچوب و الگوی مداخله در زیرساخت های سبز در مقیاس محله جهت ارتقاء تاب آوری به تغییرات اقلیمی در مقیاس محله (Shirgir et al., 2019),

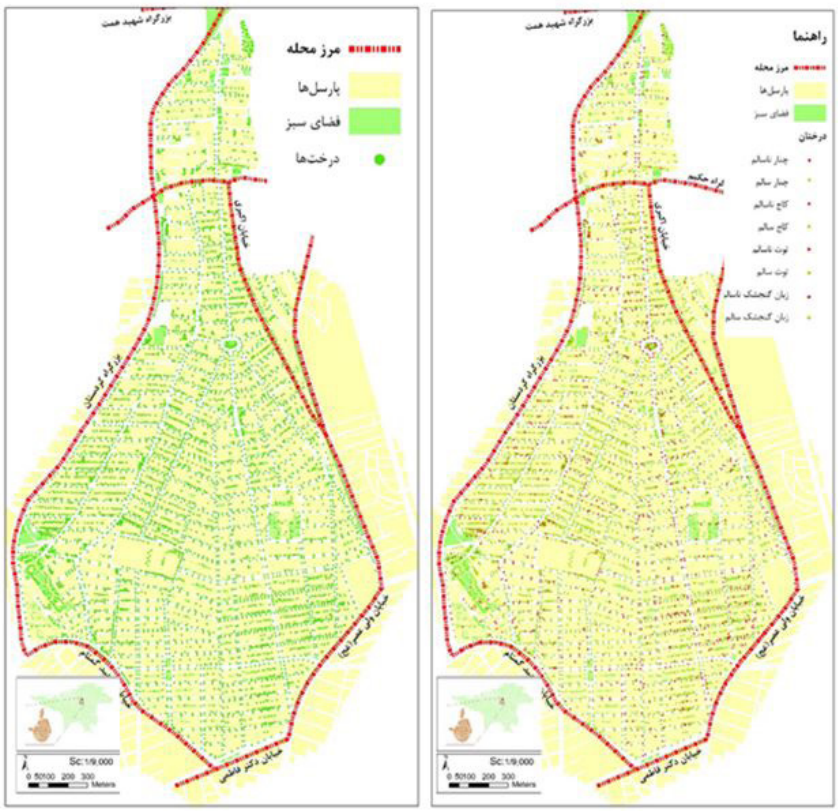
شکل ۷.وضع موجود گونه های گیاهی در یوسف آباد تهران(سمت چپ)، عکس هوایی محله یوسف آباد(سمت راست)[۱۰]

الف-ابتدا نقشـــه زیرساخت‌های سبز موجود در محله یوسف‌آباد شهر تهران به‌منظور شناســـایی نوع و موقعیت و وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی با انجام مطالعه میدانی، استفاده از نرم‌افزار GIS و عکس هوایی موردبررسی کیفی قرار گرفتند، (شکل ۸).

ب-همچنیـــن در دنباله در جدول۲، این‌گونـــه های گیاهی به همراه نام علمی، وضعیت ســـلامتی، نیاز آبی، میزان مقاومت به آلودگی هوا و میزان سایه‌اندازی و محل قرارگیری آن‌ها (در خیابان‌های اصلی-فرعی) و تعداد گونه‌های آن‌ها مورد شناسایی قرار گرفت.از این شناسایی، نوع گونه ، موقعیت قرارگیری و وضعیت سلامت گونه‌ها برای این پژوهش دارای اهمیت اســـت. ســـپس گونه‌های گیاهی، با تکیه‌بر پتانسیل‌های تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی، در جدول۳ و شکل ۸، ارائه گردید.

ج- مکان‌یابی صحیح زیرساخت‌های ســـبز پیشنهادی قابل تقویت و جدید با استفاده از پارادایم لکه، کریدور و ماتریس، در این پژوهش، بر پایه اصول اکولوژی منظر، می‌توان وضعیت کلی ماتریس ســـبز موجود را برحســـب وضعیت انســـجام و یکپارچگی و پیوســـته بودن لکه‌ها و دالان‌های سبز، تأثیر این انســـجام و یکپارچگی بر تاب‌آوری اقلیمی محله، مورد تحلیل و ســـنجش قرار داد و الگویی جهت بهبود وضعیت این ماتریس در راستای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی، ارائه گردید. می‌توان یافته‌های پژوهش را این‌گونه دسته‌بندی کرد:

**دستیابی به روشی جهت مکان‌یابی صحیح زیرساخت‌های سبز قابل تقویت و پیشنهادی با استفاده از تئوری‌های علم اکولوژی سیمای ســـرزمین (لکه، دالان، ماتریس):** این نکته، بر روی محله یوسف‌آباد تهران منطبق گردید. در ارتباط با وضعیت قرارگیری لکه‌ها، دالان‌های ســـبز و ماتریس‌ها نیز در محله یوســـف‌آباد، بر روی تصاویر هوایی تحلیل‌هایی انجام‌شـــده که در اینجا ارائه گردیده است. وضعیت فعلی لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس سبز در محله یوسف‌آباد شهر تهران در عکس هوایی ســـمت چپ ارائه گردیده است. برحسب آنچه در بخش مبانی نظری ارائه گردید، هرچه دالان‌ها پیوســـته‌تر و در تعداد بیشتر باشـــند، هر چه لکه‌های وسیع‌تر و در ارتباط بیشتر با یکدیگر باشند و هرچه پیوستگی ماتریس در این محله بیشتر باشد، این محله تاب‌آوری اقلیمی بیشتری خواهد داشت. بر پایه این اصول، در سمت راست لکه، دالان‌ها و ماتریس کلی برای محله یوسف‌آباد پیشنهاد گردید. از تلفیق این ماتریس پیشنهادی با پیشـــنهاد گونه‌های گیاهی با پتانسیل‌های اقلیمی مناســـب برای یک محله، می‌توان موقعیت‌های جدیدی برای وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری در یک محله به همراه گونه‌های




شکل ۸. نقشه های پایه و تحلیلی تهیه شده از موقعیت قرارگیری زیرساخت‌ها (سمت راست)،نوع گونه های گیاهی و وضعیت سلامت آنها (سمت چپ) (تهیه شده توسط: GIS)

تاب آور، پیشنهاد کرد. این روش همچنین می‌تواند برای موقعیت‌یابی لکه‌های سبز و گونه‌های گیاهی در پروژه‌های جدید شهری، مورداستفاده قرار گیرد.

**دستیابی به اصولی جهت ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس محله جهت تقلیل خشکسالی، افزایش دما و آلودگی هوا و کمبود آب:** با توجه به یافته‌های بخش مبانی نظری و استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق زیرساخت‌های سبز ارائه‌شده در بخش پایانی این مبحث، چارچوب ارائه‌شده جهت مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری، کاملاً در انطباق و هماهنگی با این استراتژی‌هاست و از تلفیق این دسته از استراتژی‌ها در مقیاس شهر و چهارچوب مداخله پیشنهادی در مقیاس محله، می‌توان به اصولی جهت ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس محله جهت تقلیل خشکسالی، افزایش دما و آلودگی هوا و کمبود آب، دست‌یافت. در تصاویر هوایی و تفسیر وضعیت لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس‌های سبز موجود و الگویی پیشنهادی، برای موقعیت‌یابی گیاهان پیشنهادی بر اساس تئوری‌های اکولوژی منظر، در شکل ۳ ارائه گردیده است.

## بحث

اول-با بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز در نقشه‌ها مربوط به آن‌ها، مشخص گردید که کدام گونه‌های گیاهی در این محله یافت می‌شوند و اینکه این‌گونه های گیاهی به چه صورت در محله استقراریافته‌اند. به نظر می‌رسد، این‌گونه ها در برخی نقاط به‌صورت گروهی (توده‌ای)، در برخی ردیفی و در برخی موارد به‌صورت تکی قرارگرفته‌اند. با بررسی

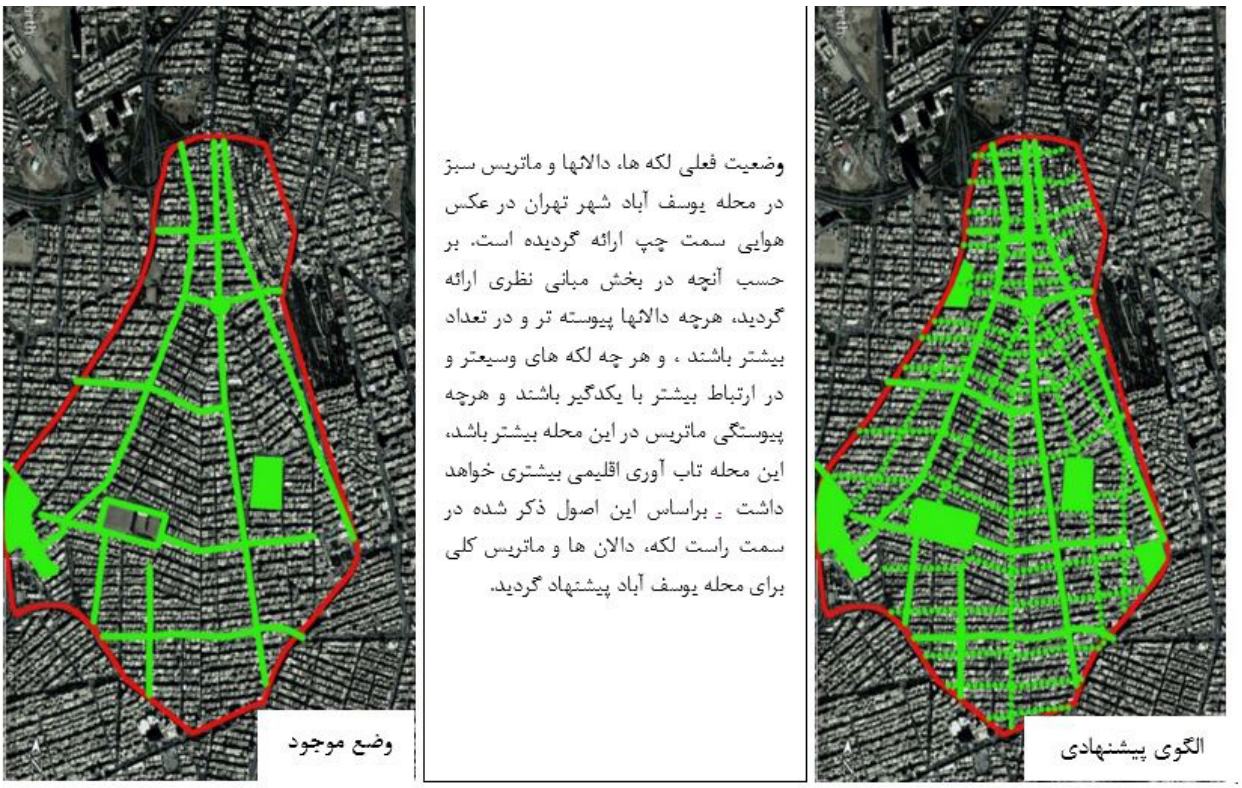
جدول ۲. تحلیل وضعیت پوشش گیاهی موجود در محله یوسف‌آباد تهران بر اساس میزان تاب‌آوری اقلیمی* (Shirgir et al., 2019)

| نام گونه به فارسی | نام علمی | وضعیت سلامتی (سالم/ناسالم) | نیاز آبی (کم/زیاد) | میزان مقاومت به آلودگی هوا (مقاوم/نا مقاوم) | میزان سایه‌اندازی (کم/زیاد) | محل قرارگیری در محله (در خیابان‌های اصلی یا فرعی/شمالی-جنوبی یا شرقی-غربی) | تعداد گونه (غالب یا در تعداد محدود) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| چنار | Platanus Spp. (Platanus orientalis) | ناسالم | زیاد | مقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | غالب |
| توت سفید | Morus Spp. (Morus alba) | سالم (نامناسب برای پیاده راه) | زیاد | نا مقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | غالب |
| عرعر | Ailantus altissima | سالم | کم | مقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| ارغوان | Cercis siliquastrum | سالم | کم | مقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| اقاقیا | Robinia pseudacacia | سالم | کم | مقاوم | زیاد | فرعی/شرقی-غربی | محدود |
| نارون | Ulmus carpinifolia | ناسالم | | نا مقاوم | زیاد | فرعی/شرقی-غربی | محدود |
| کاج تهران | Pinus eldarica | ناسالم | کم | مقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| سرو درختی | Cupressus sempervirens | سالم | کم | مقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| زبان‌گنجشک | Fraxinus exelsior | سالم | کم | نا مقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| انجیر | Ficus carica | سالم | زیاد | نا مقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| تبریزی | Poplus deltoides | سالم | زیاد | نا مقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | بسیار محدود |

* اطلاعات ارائه گردیده در ارتباط با ویژگی‌های اکولوژیک گیاهان مانند نیاز آبی، میزان مقاومت به آلودگی هوا و غیره از کتاب جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران نوشته حبیب‌الله ثابتی در سال ۱۳۸۷، استخراج گردیده است

این‌گونه ها، انقطاع فراوان در بین آن‌ها در طول محله یوسف‌آباد دیده می‌شود. همچنین با بررسی وضعیت سلامت گونه‌ها گیاهی مشخص شد که برخی ازاین‌گونه‌ها ناسالم هستند که این امر می‌تواند از قابلیت‌های اقلیمی آن‌ها بکاهد. همچنین این‌گونه ها، بر اساس پتانسیل‌های مؤثر بر تاب‌آوری اقلیمی در آن‌ها موردبررسی قرار گرفتند: نیاز آبی، میزان مقاومت به آلودگی هوا و میزان سایه‌اندازی، همه مواردی هستند که می‌توانند معضلات اقلیمی شهر تهران ازجمله آلودگی هوا، خشکسالی، منابع آبی محدود و افزایش دما را تحت تأثیر و کاهش قرار دهند. درنتیجه بررسی گونه‌های گیاهی بر اساس این ویژگی‌ها، در تصمیم‌گیری‌های آتی، حائز اهمیت است. دوم-اینکه گونه‌های گیاهی از چه نوع و در چه تعدادی، در کدام مکان‌ها قرارگرفته‌اند نیز بررسی شدند. در جدول‌های ارائه‌شده، گونه‌های گیاهی، پیشنهاد گردیده‌اند تا جایگزین گونه‌های گیاهی ناسالم، یا دارای خاصیت‌های پایین جهت تقلیل اثرات اقلیمی، گردند و همچنین موقعیت مناسب قرارگیری آن‌ها برحسب ویژگی‌های آن‌ها تعیین گردیده است.

سوم-همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری با استفاده از اصول استخراج‌شده در علم اکولوژی منظر مورد شناسایی قرارگرفته است. در وضع موجود محله موردنظر از شهر تهران، وضعیت فعلی لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس سبز در محله یوسف‌آباد شهر تهران در عکس هوایی سمت راست (وضع موجود) ارائه گردیده است. بر این اساس آنچه از موقعیت قرارگیری و اندازه لکه‌های سبز قابل قرائت است، شامل این موارد است: در این محله براثر ساختمان‌سازی‌های پی‌درپی، لکه‌های سبز دچار انقطاع گردیده‌اند. این لکه‌ها پراکنده می‌باشند و اتصال بین آن‌ها بسیار ضعیف است. برحسب آنچه در بخش چهارچوب نظری ارائه گردید، هرچه دالان‌ها پیوسته‌تر و در تعداد بیشتر باشند و هر چه لکه‌های وسیع‌تر و در ارتباط بیشتر با یکدیگر باشند و هرچه پیوستگی ماتریس در این محله بیشتر باشد، این محله تاب‌آوری اقلیمی بیشتری خواهد داشت (Forman & Gordon, 1986, 156). بر اساس این اصول ذکرشده، الگویی پیشنهادی، در سمت راست‌بر حسب اصول اکولوژی منظر (لکه، دالان‌ها و ماتریس)، برای محله یوسف‌آباد پیشنهاد گردید. چهارم-در ارتباط با زیرساخت‌های سبز به‌طور خاص نیز، می‌توان گفت تحلیل وضعیت گونه‌های گیاهی موجود در یک منطقه برحسب نوع گونه‌های گیاهی، موقعیت قرارگیری، مساحت تحت پوشش و میزان و تعداد این‌گونه ها، وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی و مقایسه این فاکتورها به‌عنوان‌مثال در دو دوره زمانی، می‌تواند روش مناسبی جهت




شکل۹. الگوی پیشنهادی(وضعیت لکه ها،دالان ها و ماتریس سبز فعلی و پیشنهادی) بر اساس علم اکولوژی منظر.

سنجیدن پتانسیل تاب‌آوری اقلیمی در زیرساخت‌های سبز یک محله باشـــد. پنجم-در اصل بـــرای اولین بار در این پژوهش روشـــی کیفی جهت ارزیابی وضعیت زیرســـاخت‌های سبز بر پایه تاب‌آوری اقلیمی و چگونگی دخل و تصرف در این زیرســـاخت‌ها جهت افزایش تاب‌آوری اقلیمی به‌دست‌آمده است. ششم-همچنین بر پایه علم اکولوژی منظر می‌توان وضعیت کلی ماتریس سبز موجود را برحسب وضعیت انسجام و یکپارچگی و پیوســـته بودن لکه‌ها و دالان‌های ســـبز، مورد تحلیل و ســـنجش کیفی قرار داد.این مفاهیم در نمودار زیر نمایش داده‌شـــده است (در شـــکل ۱۰ به برای بررسی ویژگی‌های کیفی زیرساخت‌های خاکســـتری نیز، نکاتی ارائه گردیده است که می‌توان در مطالعات آتی این موارد را دقیق تکمیل کرد). این فاکتورهای مهم پس از بررســـی و اندازه‌گیری کمی، می‌توانند طبقه‌بندی شوند و پس از روی‌هم اندازی اطلاعـــات مربوط به هر فاکتور می‌توان به یک نقشـــه کلی که به یک برنامـــه جهت تصمیم‌گیری در ارتباط بـــا مداخله در کمیت و کیفیت زیرساخت‌های سبز موجود است، منجر می‌گردد.

درنهایت، یافته‌هـــا و نتایج حاصل از این پژوهش در جدول ۳، به‌طور خلاصه نمایش داده‌شده است.

## نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این تحقیق، به نظر می‌رسد تا به امروز زیرساخت‌های سبز شهری و نقش آن‌ها در طراحی و برنامه‌ریزی شهری به‌درستی تدوین‌نشده‌اند. در حالیکه این نکته اثبات‌شده است که استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری یکی از استراتژی‌های مهم در جهت تقلیل و سازگاری با تأثیرات اقلیمی در مناطقی با آب‌وهوای مدیترانه‌ای و گرم وخشـــک است، تاکنون اســـتراتژی‌های دقیق برای اســـتفاده صحیح از این زیرســـاخت‌ها در شـــهرها ارائه نگردیده بود. در اینجـــا با انجام این تحقیق بر روی شـــهر تهران، چهارچوبی جهت مستندسازی و ســـنجش کیفی زیرساخت‌های سبز شهری در راستای ارتقاء کیفیت و کمیت آن‌ها و موقعیت قرارگیری آن‌ها برای سازگاری با تغییرات اقلیمی به دست آمد

ایـــن یافته‌ها، قابلیت تعمیم به شـــهرها و محله‌های آن‌ها برحســـب موقعیت جغرافیایی و تأثیر منفی تغییر اقلیم خاص خود آن‌ها را دارد. بدیهی اســـت برای تعمیم دادن این روش به شهرهای دیگر، تحقیقات بیشـــتر موردنیاز اســـت. همچنین هنوز جای خالی روشی کمی برای سنجش تاب‌آوری اقلیمی در شهرها بر پایه زیرساخت‌های سبز و حتی خاکســـتری و ویژگی‌های آن‌ها، وجود دارد که می‌توان در تحقیقات آتی به آن‌ها پرداخت. درعین‌حال مســـئله مقیاس نیز اهمیت می‌یابد، یافتن روشـــی کمی-کیفی برای مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری جهت ارتقـــاء تاب‌آوری اکولوژیک (اقلیمی)، نیـــز می‌تواند برای انجام مطالعات آتی، مدنظر قرارگیری.

| فاکتورها موثر در سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری اقلیمی در مقیاس محله بر حسب زیرساخت های سبز | زیرساخت های سبز | زیرساخت های خاکستری | وضعیت لکه ها، دالان ها و ماتریس |
|---|---|---|---|
| | ۱-تعداد، ۲-نوع گونه گیاهی ۳-موقعیت قرارگیری ۴-مساحت تحت پوشش، ۵-وضعیت سلامت. | ۱-جهت خیابان های اصلی و فرعی،(شمالی-جنوبی،شرقی -غربی)،۲- مساحت تحت پوشش، ۳-نسبت ارتفاع ساختمانها به عرض خیابانها. | ۱-تعداد لکه ها و دالانها، ۲-اندازه لکه ها و دالانها، ۳-پیوستگی لکه ها و دالان ها، ۴-پیوستگی و انسجام ماتریس. |
| | ۱-هر چه بیشتر تاب آور تر۲-هرچه بیشتر تاب آوری بالاتر۳-گونه های مقاوم به شرایط آب و هوایی، تاب آوری بالاتر۴-بدون انقطاع، تاب آورتر۵-هر چه بیشتر،تاب آوری بالاتر. | ۱-جهت شمالی-جنوبی، تاب آوری کمتر،۲-هر چه بیشتر، تاب آوری کمتر ۳-هر چه بیشتر، تاب آوری بیشتر. | ۱-تعداد بیشتر،تاب آورتر،۲-هر چه بیشتر،تاب آورتر،۳-هر چه بیشتر،تاب آورتر،۴-هر چه بالاتر، تاب آوری بیشتر. |

شکل ۱۰. فاکتورها موثر در سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری اقلیمی در مقیاس محله بر حسب زیرساخت های سبز(Shirgir et al., 2019)

جدول ۳. یافته‌ها، نتایج و پیشنهادها

| | | |
|---|---|---|
| خلاصه یافته‌ها و نتایج حاصل از این پژوهش | نتایج حاصل از بخش چهارچوب نظری | بررسی مفهوم تاب‌آوری اقلیمی به‌عنوان یک مفهوم جدید و ارتباط آن با شهرها،<br>بررسی ارتباط علم «اکولوژی سیمای سرزمین» با زیرساخت‌های سبز شهری و تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی برای اولین بار،<br>گونه شناسی زیرساخت‌های سبز شهری برای سازگاری با تغییرات اقلیم ازنقطه‌نظر علم اکولوژی سرزمین،<br>دستیابی به اصول استراتژیک مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری با زبان علم اکولوژی سرزمین (لکه، دالان، ماتریس)،<br>دستیابی به چارچوب استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری. |
| | نتایج حاصل از بخش روش پژوهش | دستیابی به روش و چارچوب مداخله در زیرساخت‌های سبز در مقیاس محله شهری جهت ارتقاء تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی در مقیاس محله. |
| | نتایج حاصل از بخش مورد پژوهی | دستیابی به روشی جهت مکان‌یابی صحیح زیرساخت‌های سبز قابل تقویت و پیشنهادی با استفاده از تئوری‌های علم اکولوژی سیمای سرزمین (لکه، دالان، ماتریس).<br>دستیابی به اصولی جهت ارتقا تاب‌آوری اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس محله جهت تقلیل خشکسالی، افزایش دما و آلودگی هوا و کمبود آب.<br>بررسی پوشش گیاهی در یک محله پتانسیل‌های مؤثر بر تاب‌آوری اقلیمی برای اولین بار در این پژوهش، بررسی گونه‌های گیاهی بر اساس این ویژگی‌ها.<br>بررسی گونه‌های گیاهی بر اساس نوع و تعدادی و مکان قرارگیری، پیشنهاد گونه‌های گیاهی مناسب، جهت تقلیل اثرات اقلیمی، گردند و تعیین موقعیت مناسب قرارگیری آن‌ها برحسب ویژگی‌های اقلیمی آن‌ها.<br>بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری با استفاده از اصول استخراج‌شده در علم اکولوژی منظر. |
| | نتایج کلی | از تلفیق ماتریس پیشنهادی به‌دست‌آمده، با پیشنهاد گونه‌های گیاهی با پتانسیل‌های اقلیمی مناسب برای یک محله، می‌توان موقعیت‌های جدیدی برای وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری در یک محله به همراه گونه‌های تاب آور، پیشنهاد کرد. این روش همچنین می‌تواند برای موقعیت‌یابی لکه‌های سبز و گونه‌های گیاهی در پروژه‌های جدید شهری، مورداستفاده قرار گیرد.<br>در این پژوهش روشی کیفی جهت ارزیابی وضعیت زیرساخت‌های سبز بر پایه تاب‌آوری اقلیمی و چگونگی دخل و تصرف در این زیرساخت‌ها جهت افزایش تاب‌آوری اقلیمی به‌دست‌آمده است.<br>بر پایه علم اکولوژی منظر می‌توان وضعیت کلی ماتریس سبز موجود را برحسب وضعیت انسجام و یکپارچگی و پیوسته بودن لکه‌ها و دالان‌های سبز، مورد تحلیل و سنجش کیفی قرارداد. این فاکتورهای مهم پس از بررسی و اندازه‌گیری کمی، می‌توانند طبقه‌بندی شوند و پس از روی‌هم اندازی اطلاعات مربوط به هر فاکتور می‌توان به یک نقشه کلی که به یک برنامه جهت تصمیم‌گیری در ارتباط با مداخله در کمیت و کیفیت زیرساخت‌های سبز موجود است، منجر می‌گردد.<br>ارائه فاکتورها مؤثر در سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله برحسب زیرساخت‌های سبز. |
| پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی | | هنوز جای خالی روشی کمی برای سنجش تاب‌آوری اقلیمی در شهرها بر پایه زیرساخت‌های سبز و حتی خاکستری و ویژگی‌های آن‌ها، وجود دارد که می‌توان در تحقیقات آتی به آن‌ها پرداخت. درعین‌حال مسئله مقیاس نیز اهمیت می‌یابد، یافتن روشی کمی-کیفی برای مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری جهت ارتقاء تاب‌آوری اکولوژیک (اقلیمی)، نیز می‌تواند برای انجام مطالعات آتی، مدنظر قرارگیری.<br>ارائه الگویی محلی- ملی در راستای افزایش تابآوری اقلیمی یک جغرافیای مشخص با مراحل زیر: شناسایی مؤلفه‌های مؤثر برافزایش سطح تابآوری اقلیمی (در مقیاس بین‌المللی)، شناسایی مؤلفه‌های مؤثر برافزایش سطح تابآوری اقلیمی (در مقیاس ملی-محلهای)، بومی‌سازی مدلهای مداخله جهانی (مدل نورتون) با استفاده از تحلیلهای مرحله دوم.<br>در ارتباط با زیرساخت‌های سبز به‌طور خاص نیز، می‌توان گفت تحلیل وضعیت گونه‌های گیاهی موجود در یک منطقه برحسب نوع گونه‌های گیاهی، موقعیت قرارگیری، مساحت تحت پوشش و میزان و تعداد این‌گونه ها، وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی و مقایسه این فاکتورها به‌عنوان‌مثال در دو دوره زمانی، می‌تواند روش مناسبی جهت سنجیدن پتانسیل تاب‌آوری اقلیمی در زیرساخت‌های سبز یک محله شهری باشد. |

## پی‌نوشت‌ها

1. Gill, S.E. Handley J.F. & Ennos, A.R.
2. Fortin, M. J. & Dale, M. R. T.
3. Climate resilience
۴. Landscape بوم‌شناسی
5. Patch
6. Corridor
7. Matrix
8. Fragmentation
۹. در توضیح پارامترهای بررسی‌شده در جدول شماره ۳ می‌توان گفت:-از دلایل اهمیت محل قرارگیری گیاهان: دسته‌بندی خیابان‌ها به خیابان‌های فرعی و اصلی اهمیت فراوانی دارد زیرا در این خیابان‌ها میزان

دریافت انرژی خورشید و حرارت بسته به جهت جغرافیایی آن‌ها متفاوت است. خیابان‌های شـــمالی-جنوبی اصلی، در صورت نداشتن پوشش سبز کافی و مناســـب، حرارت زیادی را در طـــول روزدریافت می‌کنند.-میزان سایه‌اندازی: میزان ســـایه‌ای که درختان ایجاد می‌کنند بستگی به فرم تاج آن‌ها و فشردگی بافت آن دارد (Pataki et al., 2011). این گیاهان می‌توانند در یک بازدید میدانی لیســـت بندی شـــوند (Leuzinger et al., 2010).-نیاز آبی: گیاهانی که نیازمند آبیاری فراوان هســـتند ممکن است در شرایط خشکسالی و حرارت زیاد، برگ‌ای خود را از دست بدهند (Gill et al., 2006)، لذا با بررســـی وضعیت سلامت گیاهان موجود در منطقه، می‌توان گیاهانی را لیســـت بندی کرد که برای منطقه مناســـب نیســـتند (Coutts & Harris, 2013, 146).-وضعیت سلامت گیاهان: این وضعیت با برداشـــت میدانی قابل‌بررســـی است و همچنین با استفاده از نقشـــه‌های GIS که در نمایش میزان سایه‌اندازی گیاهان مؤثر است و وضعیت شـــاخ و برگ گیاهان و میزان سایه‌اندازی و عملکرد تصفیه هوا و غیره در آن‌ها بســـیار به میزان سلامت آن‌ها بستگی دارد. درنتیجه پس از لیســـت برداری از گونه‌های ناسالم، می‌توان آن‌ها را حذف کرد (Norton et al., 2015).

۱۰. تصاویر ارائه گردیده در سمت راست توسط نگارنده برداشت‌شده‌اند، عکس هوایی ســـمت چپ توسط نگارنده با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS تهیه گردیده اند.

## فهرست مراجع


1.Adhya, A. (2010). Definitions sustainable urbanism: towards a responsive urban design. *Conference Paper, Conference on Technology & Sustainability in the Built Environment,* At King Saud University, Saudi Arabia.

2. Asian Development Bank. (2014). Urban climate change resilience*: A synopsis, DB Annual report,* Retrieved on July 2020 from https://www.adb.org/documents/adb-annual-report-2009.

3. Birkman, J., Garschagen, M., Kraas, F., & Quang, N. (2010). Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change, *Sustainability science online Journal,* 5, 185–206 DOI 10.1007/s11625-010-0111-3.

4. Byrne, J.A., Matthews, T., & Lo, A. (2015). Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: Barriers to adaptation and drivers for uptake by spatial planners, *Journal of landscape and urban planning,* 138,155-163.

5. Childers, D. L., & Cadenasso, M.L. (2015). An ecology for cities: A transformational nexus of design and ecology to advance climate change resilience and urban sustainability. *Journal of Sustainability,* 7(4), 3774-3791, Doi.org/10.3390/su7043774.

6. Clark, W. (2010). Principles of Landscape Ecology. *Nature Education Knowledge,* 3(10), 34,210-213.

7. Connell, R., Shaw, R., & Colley, M. (2017). *Climate change adaptation by design: a guide for sustainable communities.* London: TCPA.

8. Coutts, A., & Harris, R. (2013). *Urban Heat Island Report: 'A multi-scale assessment of urban heating in Melbourne during an extreme heat event and policy approaches for adaptation,* Melbourne, Australia, Published by VCCCAR, 146.

9. Dayland, A,. & Brown, A. (2012). From practice to theory: emerging lessons from Asia for building urban climate change resilience, *E-Journal of Environment and urbanization,* 24(2):531-556, Doi. org/10.1177/0956247812456490.

10. Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., & Olazabal, E. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi scale assessment of green urban infrastructure, *Journal of Environmental management,* 146, 107-115.

11. Ducuy, P., & Nakagoshi, N. (2008). Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban green space planning in Hanoi, Vietnam, *Journal of Urban Forestry & Urban Greening,* 7(1), 25-40, Doi.org/10.1016/j. ufug.2007.09.002.

12. Fahrig, L. (1997).Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management,* 61, 603–610.

13. Forman, R.T.T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology,* University of Minnesota: Wiley.

14. Forman, R.T.T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology, *Landscape ecology,* 10, 133-142.

15. Fortin, M. J., & Dale, M. R. T. (2016). *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists.* New York (NY): Cambridge University Press.

16. Foster, J. Lowe, A., Winkelman, S., & Foster, J. (2015). The value of green infrastructure for urban climate adaptation, *Center for clean air policy,* Retrieved on March 2019 from www.ccap.org.

17. Galderisi, A., & Ferrara, F. F. (2012). Enhancing urban resilience in face of climate change: a methodological approach. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 5(2), 69-88.

18. Galderisi, A. (2014). Climate adaptation challenges and opportunities for smart urban growth, Tema. *Journal of Land Use, Mobility and Environment,* 7(1), 43-67, DOI: 10.6092/1970-9870/2265.

19. Gill, S.E. Handley, J.F., & Ennos, A.R. (2007). Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure, *E-Journal of Built Environment,* 33(1). 115-133. DOI: 10.2148/benv.33.1.115.

20. Haddad, N. M., & Bowne, D. R. (2003). Corridor use by diverse taxa. *Ecology*, 84(3), 609–615.

21. Houghton, R. A. (1995), Land-use change and the carbon cycle, *Journal of Global change biology,* 1(4),275-287, Doi.org/10.1111/j.1365-2486.1995.tb00026.x22.

22. IPCC. (2008). *Climate change and water, Intergovernmental Panel on Climate Change,* WMO, UNEP.

23. Koc, C.B., Osmond, P., & Peters, A. (2016). A Green Infrastructure Typology Matrix to Support Urban Microclimate Studies, 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (UHI)*, Journal of Procedia Engineering*, 169, 183 – 190.

24. Koc, C.B., Osmond, P., & Peters, A. (2019). Mapping and classifying green infrastructure typologies for climate-related studies based on remote sensing data. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening,* 37, 154–167.

25. Leichenko, R. (2011). Climate change and urban resilience, *Journal of Environmental Sustainabilit*y, 3(3) 164-168, Doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.014.

26. Leuzinger, S., Vogt, R., & Körner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology,* 150(1): 56–62. Doi.org/10.1016/j. agrformet.2009.08.006.

27. McGarigal, K., & Urban, D. (2001). *Introduction to Landscape Ecology, Landscape Ecology course notes,* Duke University.

28. Miller, N., Condon, P.M., & Cavens, D. (2009). *Urban planning tools for climate change mitigation,* MA, USA: Lincoln Institute of Land policy.

29. Mishra, P. K. (2017). Socio-economic Impacts of Climate Change in Odisha: Issues, Challenges and Policy Options. *Journal of Climate Change,* 3(1), 93-107, DOI: 10.3233/JCC-170009.

30. Norton, B. A., Coutts, A., Livesly S.J., & Haris R.J. (2015). Planning for cooler cities: A framework to priorities green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes, *E-Journal of Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.10.018.

31. Oliver, T. H., & Morecroft, D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities*, Journal of WIRES Climate change,* 5(3), 317-335. Doi.org/10.1002/ wcc.271.

32. Pataki, D.E. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: Ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *E-Journal of Frontiers in Ecology and the Environment,* 9(1): 27-36. Doi.org/10.1890/090220.

33. Schipper, E. L. F. (2007). *Climate change adaptation and development: Exploring the linkages.* Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research.

34. Sheikhi, S. (2016). *Integrating climate change adaptation and mitigation with urban planning for a livable city in Tehran.* Unpolished Ph.D. thesis at Tarbiat Modarres

ISSN 17359562 DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.17026 © 2021 IAU

# Defining a Method for Measuring and Enhancing Urban Resilience to Climate Change based on Landscape Ecology Theories (Case Study: Yousef Abad Neighborhood, Tehran)

***Elmira Shirgir,*** *Ph.D. Candidate, Urban Design and Planning, Iran University of Sceince and Technology, Tehran,Iran.*
***Mostafa Behzadfar*,*** *Professor, Urban Design and Planning, Iran University of Science and Technology,Tehran,Iran.*
***Reza Kheyroddin,*** *Associate Professor, Urban Design and Planning, Iran University of Science and Technology,Tehran,Iran.*

## Abstract

The growing number of cities in the world face a wide range of hazards, which are affected by factors such as the increased urban population and climate change. Urban development and climate change are closely related and interlinked. Today, the direct and indirect effects of climate change can be seen in countries with the lowest effect on global warming and climate change. Cities that are exposed to the risk of climate change are very vulnerable. Climate change is a globally widespread phenomenon. These cities can be said susceptible. In recent years, to cope with the adverse challenges caused by climate change, the concepts of urban ecological resilience, specifically, climate resilience have been introduced. Climate resilience is a type of urban ecological resilience, which is defined as urban resilience to climate change. In this respect, in recent years, two urban resilience concepts have been introduced to reduce these negative effects. Resilience is the ability of a system to absorb the disturbances while maintaining the basic structure in the same way and the functional methods, the capacity for self-organization and the capacity to adapt to stress and change and the capability to build back the system into its condition before a shock or intense change. Adaption to climate change focuses on reducing the vulnerability to these negative changes. Resilience has different aspects, among which climate resilience as a subcategory of urban ecological resilience is considered in this study, which includes the adaptation to and mitigation of the risks and adverse effects of climate. However, urban green infrastructure has various vital functions, including environmental, social, etc. The urban green infrastructure (UGI), according to research, has been effective in reducing the impacts of climate change in cities and enhancing climate resilience. Reviewing existing literature on the urban green infrastructure related to its role in creating urban (climate) resilience, it seems that the features of green infrastructure and which one is effective based on the development, analysis, and evaluation of urban resilience to climate change. These have not been properly addressed so far, and in general, no exact factors have been provided to assess this kind of resilience. It seems that the characteristics of urban green infrastructure can be used as an important factor affecting climate resilience in cities to achieve such factors for assessing the quality of climate resilience. Moreover, the neighborhood scale has not been fully studied in the existing literature. Given the theoretical gap existing in this field, this question arises: "How and based on which features of the green infrastructure can we assess and analyze climate resilience in a city?" To answer this question, landscape ecology principles and the relationship between them and green infrastructure in cities were studied. The relationship was developed in the Yousef Abad neighborhood of Tehran and was qualitatively tested using aerial images, field surveys, and preparation of basic and analytical GIS maps. Finally, 'effective qualities in assessing climate resilience in cities using UGI based on landscape ecology were obtained.

**Keywords:** Landscape ecology, Urban green infrastrcutures, Urban ecological resilience, Climate change.

* Corresponding Author Email: reza_kheyroddin@iust.ac.ir