محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٥، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٨، صفحهٔ ٥٦٥-٥٤٥

# تبیین الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری با هدف ایجاد تاب‌آوری اکولوژیک شهری با تأکید بر تغییرات اقلیمی (نمونهٔ موردی: محلهٔ یوسف‌آباد شهر تهران)

**المیراشیرگیر[1]، رضاخیرالدین[2]*، مصطفی بهزادفر[3]**

۱. پژوهشگر دکتری، شهرسازی، دانشکدهٔ مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
shirgir_e@arch.iust.ac.ir
۲. دانشیار، شهرسازی، دانشکدهٔ مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
۳. استاد، شهرسازی، دانشکدهٔ مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران. behzadfar@iust.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰٤/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۲۰

**چکیده**

امروزه شهرهای جهان، با طیف وسیعی از مخاطرات روبه‌رو هستند. شهرسازی و تغییرات اقلیمی در ارتباط تنگاتنگ با هم هستند. مفاهیم تاب‌آوری و تاب‌آوری اکولوژیک شهری برای تقلیل این تأثیرات منفی و سازگاری با آن‌ها، در مهروموم‌های اخیر مطرح شده‌اند. سازگاری با تغییرات اقلیمی بر کاهش آسیب‌پذیری به این تغییرات، تمرکز دارد. از سوی دیگر زیرساخت‌های سبز شهری، طبق تحقیقات انجام شده، در تقلیل آثار تغییرات اقلیمی در شهرها مؤثر بوده و باعث ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی می‌شوند. در مقابل مخاطراتی مانند تغییرات اقلیمی، از رویکرد تاب‌آوری به‌عنوان چارچوبی برای مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری و بالعکس از زیرساخت‌های سبز شهری به‌عنوان وسیله‌ای برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی، می‌توان بهره جست. یکی از بیشترین تأثیرات تغییرات اقلیمی را می‌توان در شهرها و به‌ویژه در محله‌ها یافت. ارائهٔ راهکارهایی در مقیاس محله، به‌منظور مواجهه با تغییرات اقلیمی وجود دارد.

این تحقیق دارای سه پرسش اصلی است: ۱. ارتباط بین زیرساخت‌های سبز شهری و مفهوم تاب‌آوری اکولوژیک از نوع اقلیمی در شهرها چگونه است؟ ۲. چگونه می‌توان از طریق زیرساخت‌های سبز یک محله تاب‌آور به تغییرات اقلیمی داشت؟ و ۳. کدام ویژگی‌های زیرساخت‌های سبز (کمی-کیفی) می‌توانند در رسیدن به سنجش کیفی تاب‌آوری اقلیمی مؤثر باشند؟ و در نهایت الگوی مناسب مداخله در زیرساخت‌های سبز در مقیاس محله برای افزایش تاب‌آوری اکولوژیک از نوع اقلیمی، کدام است؟ بدین منظور، مطالعات کتابخانه‌ای در حوزهٔ کلمات کلیدی و بستر نظری موجود انجام شد و الگویی کمی-کیفی از روش مورد کاوی و بازدید میدانی به حیطهٔ آزمایش گذاشته شد. با جمع‌آوری اطلاعات پایه و تحلیل آن‌ها با نرم‌افزاری GIS و بررسی عکس هوایی منطقهٔ یوسف‌آباد شهر تهران این الگو بر این منطقه منطبق شد و ویژگی‌های مؤثر زیرساخت‌های سبز در ارتقاء و سنجش تاب‌آوری اکولوژیک شهری، تعیین و تدقیق شدند.

**کلیدواژه**

تاب‌آوری اکولوژیک شهری، تغییرات اقلیمی، زیرساخت‌های سبز شهری، محلهٔ یوسف‌آباد شهر تهران.

## ۱. سرآغاز

بلایای طبیعی یکی از چالش های اصلی برای کشورهای در حال توسعه هستند، که نه تنها باعث مرگ‌ومیر افراد، درد و رنج عاطفی بازماندگان می‌شوند، بلکه به اقتصاد محلی منطقه‌ای که با فاجعه روبه‌رو می‌شوند، آسیب‌های جدی وارد کرده و باعث خنثی شدن دستاوردهای توسعه

* نویسندهٔ مسئول: Email: reza_kheyroddin@iust.ac.ir

می‌شوند (Asian Development Bank, 2014 ).

از ایـــن رو اندیشـــمندان، متخصصـــان دانشـــگاهی و برنامه‌ریزان تلاش می‌کنند تا با مبنا قـرار دادن رویکردهـا و الگوهای مختلف، با تـدوین برنامـه‌ریـزی‌هـای مناسـب در راستای کاهش خسارات بلایای طبیعی گام بردارند. یکی از این نوع رویکردها، بررسی میزان تاب آوری در برابر بلایای طبیعی است. امروزه برخی بلایای طبیعـی در اثـر تغییـرات اقلیمی رخ می دهند. تغییر اقلیم پدیده‌ای جهانی و گسـترده اســـت کـــه در کـــرهٔ زمـــین در حـــال رخ دادن است(Childers,2015) و مشکلاتی جـدی بـرای انسـان و محیط زیست به وجود آورده است. در این میان تاب‌آوری، مفهومی است که بیشتر در مواجهه بـا ناشـناخته‌هـا و عـدم قطعیـــت‌هـــا ماننـــد تغییـــرات اقلیمـــی بـــه کـــار بـــرده می‌شود(Adhern,2011). تاب‌آوری بدین مفهوم اسـت کـه سیستم شهری قادر به ایسـتادگی در برابـر حـوادث شـدید طبیعی، بدون صدمه دیدن از تلفات مخرب و خسـارات یـا از دست دادن قدرت تولید یا کیفیت زندگی باشد IPCC, (2007).تاب آوری در زمینه کاهش و سازگاری با تغییـرات اقلیمی مورد تمرکز این تحقیق است. شهرها باید بـه طیـف وسیعی از شوک ها و فشـارها، از جملـه تغییـرات اقلیمـی، مقاوم باشند(Leichenko,2011).

از انواع تاب آوری، آنچه مـد نظـر ایـن تحقیـق اسـت، تاب‌آوری اقلیمی[1] است که از انواع تـاب‌آوری اکولوژیـک شهری بشـمار مـی‌رود(Carter,2010). تـاب‌آوری اقلیمـی، تاب‌آوری شهرها به تغییرات اقلیمـی را گوینـد( Carter et al.,2015). در این بین با مرور مدارک و مستندات موجـود به نظر می‌رسد، به مفهوم تاب‌آوری از نوع اقلیمـی تـاکنون بسیار کم پرداخته شده، بیشتر مطالعـات در جهـان و ایـران مربوط به تاب‌آوری شهری و ارزیابی آن در مقیاس شـهر و منطقه است. مطالعاتی که به تاب‌آوری به تغییـرات اقلیمـی در مقیاس‌های دیگـر، بـه‌ویـژه در مقیـاس محلـه پرداختـه باشند، بسیار محدود هستند. محله به‌عنـوان واحـد سـازنده شهرها، دارای اهمیتـی فـراوان اسـت، مـی‌تـوان بـا داشـتن محله‌ای تاب‌آور، شهری تـاب‌آور داشـت. از سـوی دیگـر یکـی از ابعـاد مهـم و تأثیرگـذار بـر تـاب‌آوری اقلیمـی، زیرساخت‌های شهری، به‌ویژه زیرساخت‌های سبز هسـتند. حال آنکه چگونه می‌تـوان بـه روش یـا اصـول مداخلـه‌ای دست یافت تـا از طریـق زیرسـاخت‌هـای سـبز در محلـه، تـاب‌آوری اقلیمـی را تضـمین و ارتقـاء داد، از سـؤالات و اهداف اصلی این تحقیق است. به‌طور کلـی سـؤالات ایـن تحقیق در زیر آمده است.

۱. ارتباط بین زیرسـاخت هـای سـبز شـهری و مفهـوم تاب آوری اکولوژیک از نوع اقلیمـی در شـهرها چیسـت و چگونه است؟ ۲. چگونه می توان از طریق زیرسـاخت‌هـای سبز یک محله تاب آور به تغییرات اقلیمی داشت؟ ۳. کـدام ویژگی‌های زیرساخت‌های سبز (کمی-کیفی ) می توانند در رسیدن به سنجش کیفی تاب‌آوری اقلیمی مـؤثر باشـند؟ ۴. الگوی مناسب مداخله در زیرساخت‌هـای سـبز در مقیـاس محله برای افزایش تاب‌آوری اکولوژیک از نوع اقلیمـی، در یک محله کدام است؟

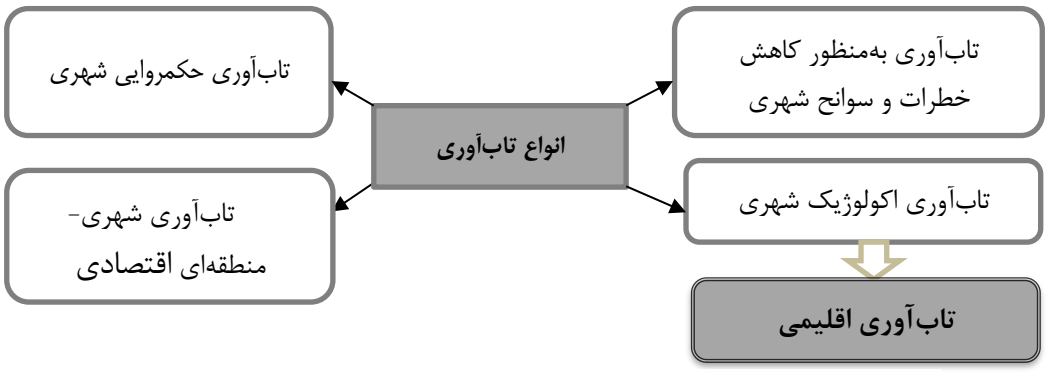
برای دستیابی به پاسخ سؤالات این پـژوهش، از طریـق مطالعات کتابخانه‌ای، موردکاوی، بازدید میدانی و نرم‌افـزار GIS به‌منظـور جمـع‌آوری اطلاعـات مربـوط بـه وضـعیت پوشش‌ها و زیرساخت‌هـای سـبز و آنـالیز ایـن داده‌هـا بـر اساس ویژگی‌های تاب‌آوری زیرساخت‌های سبز، سعی شد الگویی برای مداخله در کمیت، کیفیت و محـل قرارگیـری زیرساخت‌های سبز برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی، ارائـه و تبیین شود. همچنین نحوه تـأثیر زیرسـاخت هـای سـبز بـر تاب‌آوری اکولوژیک بررسی شوید.

## ۲.چارچوب نظری

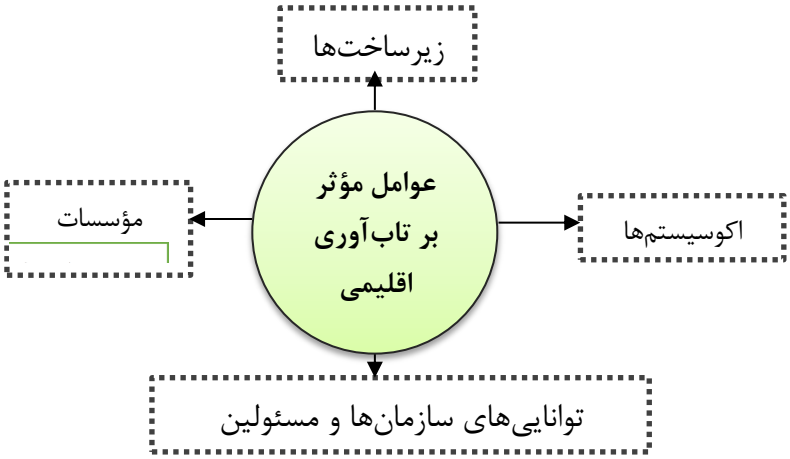
برای پاسخگویی به سؤالات ایـن پـژوهش بـه‌ویـژه سـؤال نخست، برای اثبات نوع رابطـه بـین زیرسـاخت‌هـای سـبز شهری و تاب آوری اکولوژیک شهری به تغییـرات اقلیمـی، به مرور بستر نظری و ارائه تعاریف کاربردی برای پیشـبرد تحقیق در بخش روش‌شناسی، پرداختـه شـد. در دنبالـه‌ای خلاصه‌ای از بستر نظری مورد نیاز ارائه شده است.

### ۱.۲. تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله

به ظرفیت یک واحد مستقل یا یک جمع یا یک سازمان برای پاسخگویی به تغییرات اقلیمی به‌صورت پویا و مؤثر تاب‌آوری اقلیمی گویند، در حالی‌که همچنان در سطحی قابل قبول در حال ادامه دادن به فعالیت های روزمره خود است (Foragaci and Timmenen, 2012 ). این قابلیت، توانایی مقاومت در برابر تغییر و همچنین بهبود یافتن پس از شوک و سازمان دهی مجدد برای جلوگیری از نابود شدن سیستم را شامل می‌شود که همان شهر است، ( Dayland & Brown,2012).در اصل تاب‌آوری شهرها به تغییرات اقلیمی را «تاب‌آوری اقلیمی» گویند. در متون گوناگون، تاب‌آوری اقلیمی را زیرمجموعه‌ای از تاب‌آوری شهری-اکولوژیک دسته‌بندی کرده‌اند(Moxham et al.,2013) (شکل ۱).




**شکل ۱. رابطه تاب‌آوری اقلیمی با انواع تاب‌آوری**(IPCC,2007 )




**شکل ۲. عوامل مؤثر بر ایجاد تاب‌آوری اقلیمی**(Asian Development Bank,2014)

از عوامل مؤثر بر ایجاد تاب‌آوری اقلیمی زیرساخت‌ها، مؤسسات، اکوسیستم‌ها و نحوهٔ عملکرد سازمان‌ها و مسئولین است ( شکل ۲).

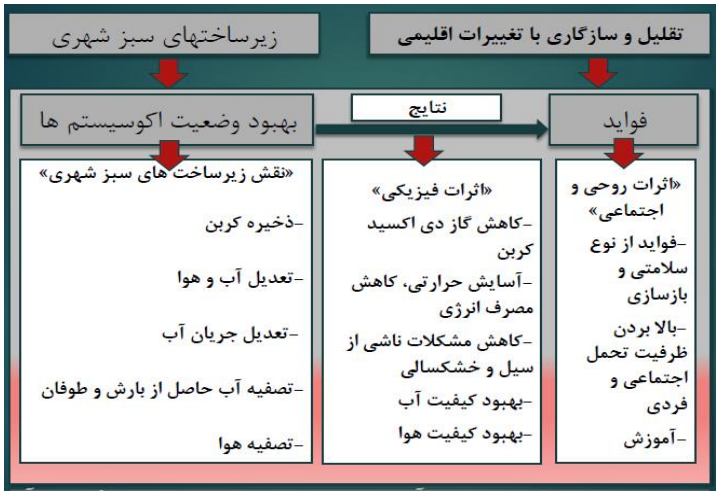
در مطالعات انجام شده توسط میلر و همکاران( ۲۰۰۹)، به اهمیت زیرساخت‌های شهری به‌عنوان فاکتوری مؤثر بر ایجاد تاب‌آوری اقلیمی، اشاره شده است. در این بین اهمیت زیرساخت‌های سبز شهری نیز مطرح می‌شود که در دنباله به آن بیشتر می‌پردازیم.

تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله، شامل توانایی محله، در نظام‌های کالبدی-زیرساختی و اجتماعی، سیاسی،

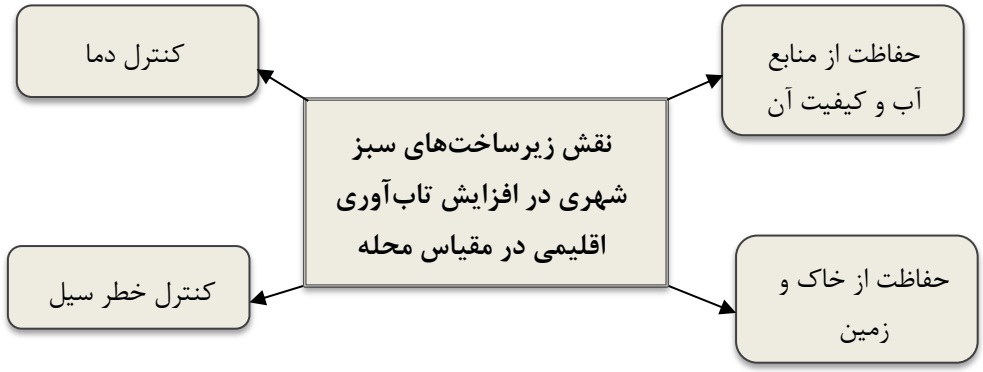
اقتصادی و مقاوم بودن و کارآمدی سکونتگاه‌ها و بناها در تحمل و ایستادگی در برابر خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی است تا در برابر این تنش‌ها و فشارها، سریعاً به وضعیت قبل برگردد، تهدیدات آتی را بپذیرند و با آن‌ها رو در رو شوند(Byrne et al.,2015). یکی از بیشترین تأثیرات تغییرات اقلیمی را می‌توان در شهرها و به‌ویژه در محله‌ها یافت، محله‌ها به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین محیط‌های شهری از این تأثیرات مخرب مستثنی نمانده‌اند. در نتیجه ضرورت ارائه راهکارهایی در مقیاس محله، به‌منظور مواجهه با تغییرات اقلیمی وجود دارد (ساسانپور و همکاران،۱۳۹۴). محله‌ای تاب‌آور، محله‌ایست که توانایی تحمل شوک‌ها و ضربه‌های وارده از یک تغییر را داشته باشد، به گونه ای که آن خطرها تبدیل به بحران نگردند و همچنین در آن توانایی یا ظرفیت برگشت به عقب در حین و پس از بحران نهادینه شده باشد و امکان تغییر و سازگاری پس از بحران را ایجاد کند (Oliver, 2014). نهادینه کردن تاب‌آوری در محله در مرحله پیش از سانحه، به کاهش آسیب پذیری می‌انجامد، جلوگیری و کاهش خسارات می شود و به نگهداری شرایط ایدئال جامعه محلی، تا حد ممکن، در مرحله بروز تغییرات شدید و سپس در مرحله پس از تغییرات، به بازتوانی آثار حاصل از تغییرات اقلیمی می‌انجامد (Moxham et al., 2013).در کل می‌توان گفت با تاب‌آور کردن محله‌ها، می‌توان شهرهایی تاب‌آور داشت. همان‌طور که پیشتر ذکر شد، از فاکتورهای مؤثر بر تاب‌آوری اقلیمی و تاب‌آوری شهری، زیرساخت‌های سبز هستند. تا اینجا با استناد بر ادبیات موجود، اهمیت زیرساخت‌های شهری، از جمله زیرساخت‌های سبز شهری، در ایجاد تاب‌آوری شهری، مطرح و اثبات شد که در دنباله بیشتر به آن پرداخته می‌شود.

## ۲.۲. زیرساخت‌های سبز شهری در محله

زیرساخت های سبز شهری خود نوعی سیستم اجتماعی اکولوژیک هستند،که نتیجه تعاملات عناصر مختلف به‌ویژه انسان هستند. اجزای تشکیل‌دهندهٔ زیرساخت‌های سبز شهری را می‌توان ترکیبی از فضاهای باز و بسته و آمیزه‌ای از زیستگاه طبیعی گیاهی در نظر گرفت، که دارای اهمیت بالایی از نظر اکولوژیک-اجتماع-اقتصادی هستند. در نتیجه طراحی مناسب در این فضاها می تواند باعث تأثیرات بسزایی در زندگی روزمره شود، که طراحی تاب‌آور یکی از مناسب ترین اصول و ضوابط برای طراحی این گونه فضاها به شمار می‌رود (Oliver,2014). از انواع زیرساخت‌های سبز می توان به بام‌های سبز، سطوح سبز قابل نفوذ، مسیرهای سبز و خیابان‌ها، جنگل‌های شهری، پارک‌های عمومی، باغ های همسایگی و تالاب های شهری اشاره کرد (Demuzere et al.,2014).




**شکل ۳. زیرساخت‌های سبز شهری و تأثیر آن‌ها در کاهش تغییرات اقلیمی و سازگاری با آن (**Demuzere et al., 2014**).**




**شکل ۴. نقش زیرساخت‌های سبز شهری در افزایش تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله**(Sheate et al.,2015).

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 آثار تغییرات اقلیمی در آینده را دارند (Foster et al., 2015). به‌طور قطع، زیرساخت‌های سبز شهری آثار جزایر گرمایی در شهرها و سیل را تقلیل می‌دهند (Byrne et al., 2015) . برای ایجاد تاب‌آوری اقلیمی در شهرها و کاهش آلودگی‌ها، راهکارهای متعددی وجود دارند، که یکی از آن‌ها برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای سبز است. در مطالعات مختلف اهمیت زیرساخت‌های سبز شهری در ایجاد تعادل در جریان‌های آبی و ایجاد آسایش گرمایی مطرح شده است. زیرساخت‌های سبز شهری برای کاهش تغییرات اقلیمی مؤثر شناخته شده‌اند. برای مثال در کنترل جریان سیل، با ایجاد سایه و تقلیل گرمای هوا و غیره. در شکل ۳ زیرساخت‌های سبز در تقلیل و ایجاد سازگاری با تغییرات اقلیمی به‌وضوح نمایش داده شده است(Demuzere et al., 2014). زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس محله، دارای چهار کارکرد مهم در رابطه با ایجاد و ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله هستند. (شکل ۴)

به‌این‌ترتیب با مرور بستر نظری موجود در زمینه تحقیق پیش رو، نقش زیرساخت‌های سبز در ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی، به‌صورت نظری تثبیت شد، ( Demuzere et al., 2014). زیرساخت‌های سبز شهری از جمله مهم‌ترین استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی هستند و در نتیجه در ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی مؤثرند، ( Pataki et al., 2011). حال ضروریست قبل از ورود به بخش متدولوژی پژوهش حاضر، نحوه دست یافتن به روش پژوهش، تشریح گردد. در نتیجه ابتدا به بررسی استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی و ارتقاء تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری، پرداخته شد.

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

در اینجا به اصول کلی و استراتژیک در زمینه زیرساخت‌های سبز شهری که تاب‌آوری اقلیمی را تضمین می کنند، اشاره خواهد شد. زیرساخت های سبز شهری، همان‌طور که قبلاً ذکر شد، از استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی به حساب می‌آیند. این استراتژی‌های سه‌گانه که بیشتر با مناطقی با آب‌وهوای گرم و خشک قابل انطباق هستند، در اینجا معرفی می‌گردند.

۱. حفظ و تقویت پوشش گیاهی موجود: یکی از استراتژی های مهم جهت تقلیل دما در فصول گرم سال، شناسایی پوشش گیاهی موجود و حفظ و تقویت آن است، چه در باغ های خصوصی، چه به صورت فضاهای سبز عمومی یا فضای سبز موجود در خیابان ها. با این حال در

بسیاری از مناطق شهری، زیرساخت های سخت و ساخته شده، از قبل موجودند و تغییر کاربری آن‌ها و جایگزین کردن آن ها با قطعات سبز بزرگ، غیرممکن است. در این شرایط پوشش سبز باید با خلاقیت و استفاده از ترفندهای خاص به محیط اضافه شوند. از جمله این روش ها 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,2010).

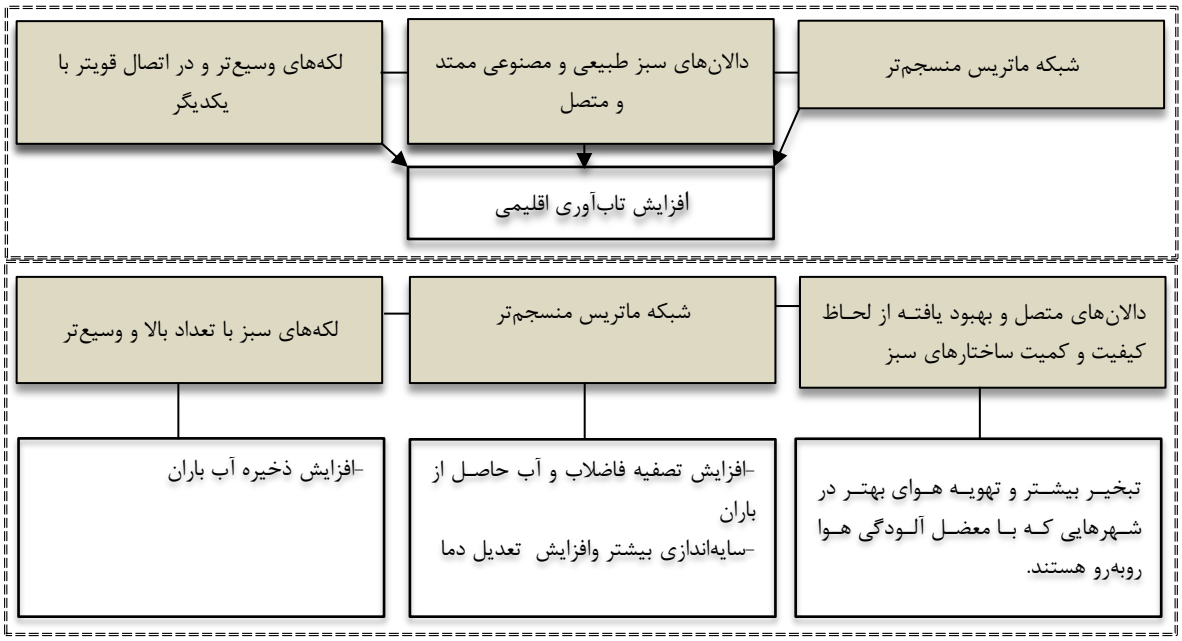
۲. استفاده از گیاهان مقاوم به تغییرات اقلیمی: استراتژی دیگر، استفاده از گیاهان مقاوم به شرایط اقلیمی است، برای مثال مقاوم به خشکی و کم‌آبی. مسلماً یکی از تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی، ایجاد خشک‌سالی است. در چنین شرایطی استفاده از گیاهانی با نیاز آبی کمتر و حساسیت کمتر به شرایط اقلیمی مؤثر است. برخی انواع گیاهان، به شرایط اقلیمی خاص از جمله خشک‌سالی بسیار مقاوم‌اند. استفاده از درختان در چنین شرایطی بسیار مناسب است.این گیاهان در شرایط اقلیمی سخت همچنان به سایه‌اندازی و تبخیر ادامه می‌دهند. برای کاشت چنین درختانی در خیابان‌ها، باید دقت شود که ریشه این درختان دارای فضای مناسب و شرایط خوبی هستند و باید محیط قرارگیری آن‌ها به درستی انتخاب شوند (Gill et al.,2007).

۳. استفاده از علم «اکولوژی سیمای سرزمین»[۲] در مکان‌یابی مناسب پوشش سبز در پروژه‌های جدید شهری: برای مقابله با تغییرات اقلیمی، محل و موقعیت و نحوه قرارگیری پوشش سبز بسیار اهمیت دارد. از نظر فورمن و گوردون (۱۹۸۶)، زیرساخت‌های سبز را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی کرد: لکه[۳]، دالان[۴] و ماتریس[۵]. هر کدام از این اشکال دارای فوایدی هستند برای مثال، دالان‌ها در ذخیره آب حاصل از سیل و کنترل جریان سیل مؤثرند، لکه ها بیشتر در ذخیره آب باران، در زمان طغیان رودها، مؤثر هستند. خنک کردن فضا از طریق تبخیر توسط لکه بیشتر انجام می‌شود، تا ماتریس‌ها و ایجاد میکرو اقلیم‌های مناسب نیز در لکه‌ها انجام می‌شود، ماتریس‌ها در تصفیه آب باران مؤثرتر از لکه ها هستند. فضاهای سبز وقتی مساحتی بیشتر از یک هکتار دارند، میکرواقلیم‌ها مناسبی را ایجاد می‌کنند (Gill et al.,2007). سایه‌اندازی در لکه‌ها و ماتریس‌ها انجام می‌شود که به خنک شدن مناطق مسکونی می‌انجامد (Forman, 1995).به‌طور کلی فضای سبز در کاهش سرعت و میزان رون آب‌های سطحی در خاک‌های شنی مؤثرند.گاهی ایجاد مناطق حفاظت‌شده روی چنین خاک‌هایی می‌تواند استراتژی مناسبی برای مناطقی با چنین نوع خاک باشد (Gill et al., 2007).

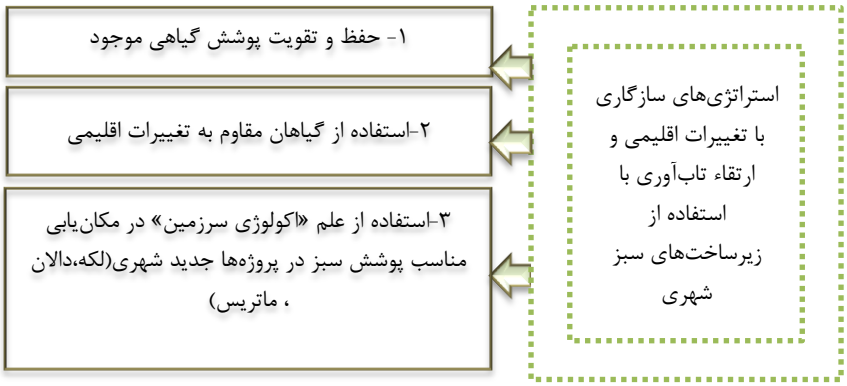
موارد بالا هم برای مناطق و پروژه‌های جدید شهری می‌توانند استفاده شوند و هم می‌توان از این اصول برای حفظ و تقویت پوشش گیاهی موجود در یک منطقه بهره گرفت، (Gill et al.,2007). از مجموعه نکاتی که در ارتباط با علم اکولوژی سیمای سرزمین آورده شد، در شکل ۵، اصولی استراتژیک برای تحلیل وضعیت لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس‌ها در یک شهر تبیین شده‌اند، که در بخش روش‌شناسی پژوهش، برای مکان‌یابی صحیح زیرساخت‌های سبز شهری و تحلیل وضعیت تاب‌آوری اقلیمی محلهٔ یوسف‌آباد تهران به بحث و بررسی گذارده شدند.

**جدول ۱. گونه‌شناسی زیرساخت‌های سبز شهری برای سازگاری با تغییرات اقلیم از نقطه نظر علم اکولوژی سرزمین (Gill et al.,2007)**

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




**شکل ۵.اصول استراتژیک تحلیل زیرساخت‌های سبز شهری با اصول اکولوژی سیمای سرزمین (لکه،دالان،ماتریس)**
**(**Shirgir et al.,2019**)**



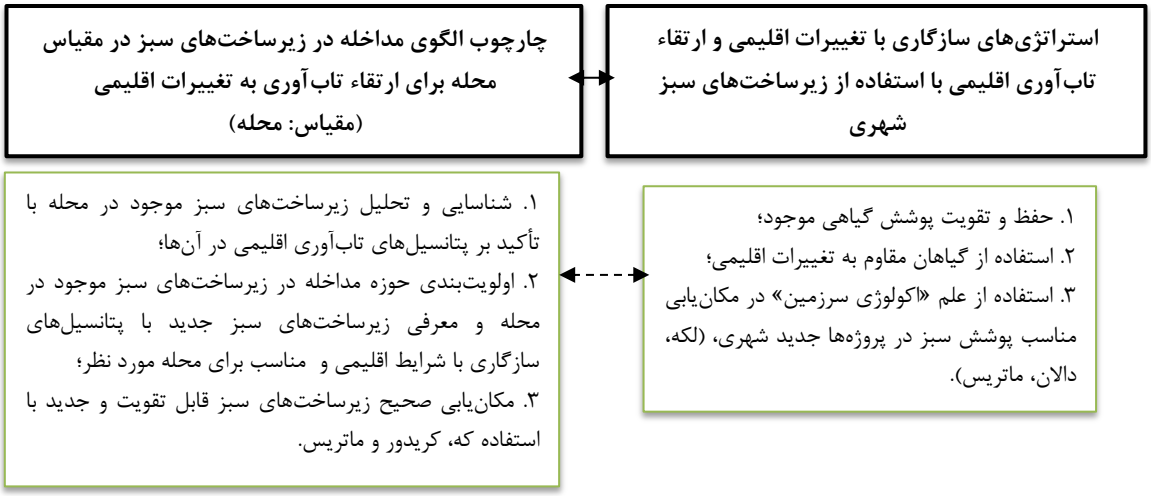

**شکل ۶. چارچوب استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری (**Shirgir et al.,2019**)**

آنچه تا به اینجا گفته شد و استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق استفاده از ساختارهای سبز شهری در شکل ۶ جمع‌بندی شده‌اند. با مطرح کردن این استراتژی‌های سه‌گانه، چارچوب الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله، قابل استخراج است، این چارچوب در شکل ۷ ارائه شده است.

همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در جمع‌بندی مباحث مطرح شده در بخش مبانی نظری، در نهایت پس از معرفی استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی و ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس شهر، چارچوبی مفهومی از الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله، استخراج شد (شکل ۷).

این رویکردها، راه رسیدن پژوهش حاضر را به پاسخی برای سؤال اصلی خود تحت عنوان «تبیین الگویی برای مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری برای دستیابی و ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله»، هموار ساخته‌اند. در بخش روش پژوهش، این رویکردهای با جزئیات بیشتر

مطرح شده و مطالعات پایه و تحلیلی روی نمونهٔ موردی ( محله یوسف‌آباد تهران)، با استفاده از این رویکردها انجام گرفته است. در نهایت الگویی برای مداخله در این زیرساخت‌ها در مقیاس مورد نظر، تبیین شد و به‌این‌ترتیب پاسخ به سؤال سوم این پژوهش نیز مرتفع شد.




**شکل ۷. چارچوب مفهومی الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله برگرفته از استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی در این زیرساخت‌ها در مقیاس شهر(**Shirgir et al.,2019**).**

با توجه به شکل ۷، به‌طور خلاصه دربارهٔ روش پژوهش در این تحقیق می‌توان اظهار کرد، با توجه به مطالب ارائه شده در بخش مبانی نظری و بررسی اهمیت زیرساخت های سبز شهری در سازگاری با شرایط اقلیمی و نقش آن‌ها در بهبود و افزایش تاب‌آوری اقلیمی، به‌ویژه در مقیاس محله، چارچوبی مفهومی از مراحل مداخله در زیرساخت‌های سبز برای ارتقای تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله برگرفته از استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی در این زیرساخت‌ها در مقیاس شهر در بخش مبانی نظری، به دست آمد که این چارچوب مفهومی به روشی چند مرحله‌ای منتهی شد. این روش را می‌توان با نام CRGIIM[۶] معرفی کرد (Norton et al,2015)، این روش مناسب مناطقی است که دارای خشک‌سالی، افزایش دمای هوا و حتی آلودگی هوا، هستند. که به‌عنوان روشی مناسب برای پاسخ به پرسش‌های اصلی و فرعی این پژوهش، برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی معرفی شد. این روش و مراحل چندگانه آن، با تکیه بر زیرساخت‌های سبز شهری بر محله یوسف‌آباد شهر تهران، منطبق شد. چارچوب اصلی این روش و مراحل چندگانه پیاده کردن آن، به‌طور خلاصه، در شکل ۸، ارائه شده است. با تبیین این روش و تطبیق آن با شرایط اقلیمی جدید در کلان‌شهرهایی مانند تهران، می‌توان روشی مناسب برای مداخله (مداخله از نوع حفظ، تقویت و مکان‌یابی صحیح) در زیرساخت‌های سبز برای رویارویی با معضل افزایش دما در درجهٔ نخست و سپس تغییرات اقلیمی از نوع خشک‌سالی و آلودگی هوا و کمبود آب در درجات بعدی، به دست آورد.

## ۳. روش‌شناسی پژوهش

رویکرد این پژوهش، کمی-کیفی است، که در آن فاکتورهای مورد نظر از طریق راهبرد مورد کاوی سنجش و اندازه‌گیری خواهند شد. در برخی از موارد داده‌های کمی مورد نیاز بوده که با بازدید میدانی و با استفاده از تصاویر هوایی و قابلیت‌های نرم‌افزار GIS، جمع‌آوری و بر اساس آن‌ها نقشه‌های پایه تهیه شده‌اند و سپس این داده‌ها، در چند مرحله مورد تحلیل و آنالیز کمی و کیفی قرارگرفته‌اند. در نتیجه درکل می‌توان گفت، تکنیک‌های استفاده شده در

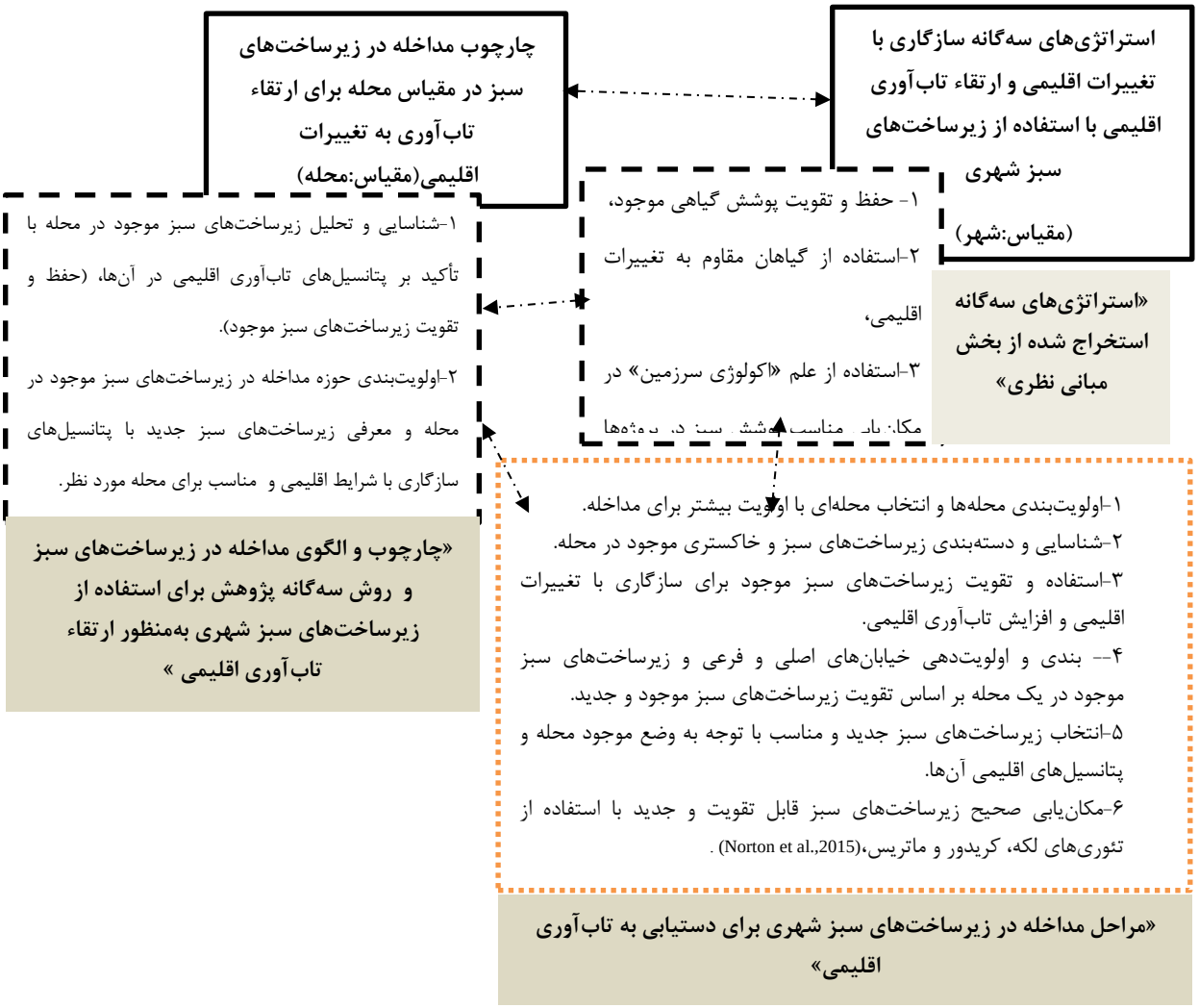
این روش از نوع جمع‌آوری اطلاعات پایه و بازدید میدانی هستند. ابزارهای مورد نیاز، نقشه‌های پایه (بدیهی است بخشی از این اطلاعات پایه از طریق بازدید میدانی و بخشی از طریق عکس‌های هوایی جمع‌آوری شده‌اند) و تحلیلی هستند که با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه شده‌اند.

تغییرات اقلیمی در شهرها به افزایش دما، کاهش باران، ایجاد خشک‌سالی و غیره منجر شده‌اند و بدون شک این تأثیرات در آینده افزایش خواهد یافت. استفاده استراتژیک از زیرساخت های سبز در شهرها به شکل درختان ردیفی در خیابان‌ها، پارک‌ها، بام‌ها و نماهای سبز و غیره می‌توانند به کاهش دما و رویارویی با پدیده خشک‌سالی در شهرها، در درجهٔ نخست و کاهش آلودگی هوا و جلوگیری از بین رفتن تنوع زیستی در شهرها در درجه دوم منجر شوند (Bartesaghi-Koc et al., 2019). با وجود اینکه بیشترین کاربرد پوشش سبز در انواع مختلف، بیشتر در مناطقی با تابستان‌هایی گرم و خشک است (Couts & Harris, 2012)، اما تا امروز استراتژی‌های دقیقی برای استفاده صحیح از پوشش گیاهی در این مناطق در دست برنامه‌ریزان شهری و مدیران قرار نگرفته است. با توجه به نتایج حاصل از بخش چارچوب نظری، جدیدترین و مناسب‌ترین روشی که محققان تا به امروز به آن دست یافته‌اند، شامل روشی است به نام روش «CRGIIM» یا (روش ایجاد تاب‌آوری اقلیمی از طریق تقویت و افزایش زیرساخت‌های سبز شهری) که در ادامه به آن پرداخته می‌شود (Norton et al., 2015). بر حسب کشور، شهر و موقعیت جغرافیایی، ضروری است تغییراتی متناسب با شرایط آب و هوایی، انواع گونه‌های گیاهی و وضعیت خاک آن منطقه، در این روش داده شود. با این روش، تلاش بر دستیابی به چارچوبی برای اولویت‌بندی و انتخاب صحیح زیرساخت‌های سبز مؤثر بر محلات شده است. این نخستین روشی است که در آن، تمرکز اصلی بر هندسه خیابان، مکان قرارگیری زیرساخت های سبز و نوع گونه های گیاهی انتخابی برای دستیابی به ارتباطی بین نحوه قرارگیری فضایی،کمیت و کیفیت پوشش سبز و ارتقاء تاب آوری اقلیمی در مقیاس محله و خیابان است. در روش «ایجاد تاب‌آوری اقلیمی از طریق تقویت و افزایش به زیرساخت‌های سبز شهری»، ارتباط بین هندسه شهر، زیرساخت‌های سبز شهری و کاهش و تعدیل دما و سپس کاهش آلودگی هوا و تأثیر تغییرات اقلیمی بر خشک‌سالی با توجه به موقعیت جغرافیایی شهر انتخاب شده به‌عنوان نمونه موردی و اینکه این شهر در اثر تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن دارای معضلات عمده‌ای شامل آلودگی هوا و آب، افزایش دما و خشک‌سالی است، بررسی شد. ابزار قابل استفاده در مستندسازی زیرساخت‌های سبز و خاکستری موجود در محله برای انتخاب و ارتقاء زیرساخت‌های سبز جدید و تقلیل تأثیرات اقلیمی در جدول ۲ آمده است. از تلفیق مراحل ۶ گانه روش مذکور با شکل ۷، برگرفته از مطالعات نظری، شکل ۸ استخراج شد، که به‌طور کامل نحوه دستیابی به الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز در شهرها برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی را نمایش داده است، به‌این‌ترتیب پاسخ یکی از پرسش‌های مهم این پژوهش، ارائه شد.

با توجه به موارد ذکر شده، می‌توان نتیجه گرفت اطلاعات پایه‌ای که لازم به جمع‌آوری هستند شامل: عرض خیابان‌های اصلی و فرعی در محله مورد نظر به متر، متوسط ارتفاع ساختمان‌ها بر حسب متر، نسبت عرض به ارتفاع ساختمان‌ها در محله، اطلاعات حرارتی محله مورد نظر، وضعیت موجود زیرساخت‌های سبز در محله، وضعیت زیرساخت‌های خاکستری در محله، وضعیت موجود پوشش سبز محله و همچنین وضعیت فعلی لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس‌های محله هستند. همه این اطلاعات در قالب نقشه‌های تهیه شده در نرم‌افزار GIS هستند، که در ادامه نمایش داده شده‌اند. نقشه تحلیلی مورد نیاز نیز شامل، نقشه اولویت‌بندی برای مداخله در زیرساخت‌های سبز محله یوسف آباد بر حسب میزان تاب‌آوری اقلیمی است (Norton et al, 2015).

**جدول ۲. ابزار قابل استفاده در مستندسازی زیرساخت‌های سبز موجود در محله برای انتخاب و ارتقاء زیرساخت‌های سبز جدید و تقلیل تأثیرات اقلیمی**( Bartesaghi-Koc et al, 2019)

| زیرساخت‌های سبز شهری | زیرساخت‌های خاکستری شهری |
|---|---|
| فضاهای سبز قابل آبیاری یا غیر قابل آبیاری | جهت خیابان‌ها |
| موقعیت درختان موجود در محله | ارتفاع ساختمان‌ها(H) |
| نقشه‌برداری از گونه‌های موجود درختی در محله | عرض خیابان(W) |
| نقشه‌برداری از وضعیت سلامت درختان موجود در محل | نسبت ارتفاع به عرض خیابان(H:W) |
| بام‌های سبز(در صورت وجود) | |
| دیوارهای سبز(در صورت وجود) | |

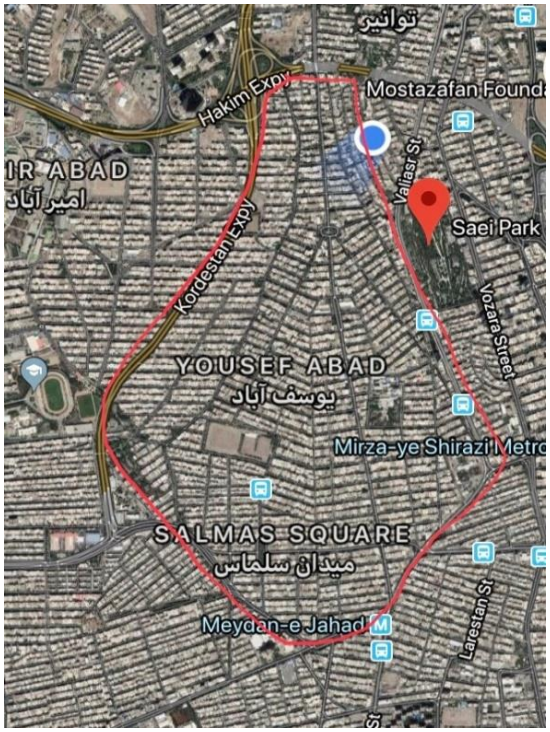



**شکل ۸. چارچوب و الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز در مقیاس محله برای ارتقاء تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی در مقیاس محله در روش** CRGIIM, (Shirgir et al, 2019) .

## ۴. موردپژوهی

با بررسی‌های انجام شده بر شهر تهران، به نظر می‌رسد این شهر بر اثر تغییرات اقلیمی و پدیده شهرنشینی دارای معضلات عمده‌ای است. مطالب بسیاری در ارتباط با تغییرات اقلیمی و میزان آسیب‌پذیری شهر تهران به این تغییرات نگارش شده که از مهمترین معضلات ناشی از این

تغییرات در تهران می‌توان بـه پدیـدهٔ خشـک‌سـالی، سـیل، تغییر دما، آلودگی آب، آلودگی هوا و طوفان و گرد و غبـار اشاره کرد،(Sheikhi et al, 2016). نمونـه مـوردی انتخـاب شده در اینجا، محلـه یوسـف آبـاد تهـران اسـت. از دلایـل انتخاب محله یوسف‌آباد بـرای انجـام تحقیـق مـورد نظـر، داشتن ویژگی‌های یک محله شهری به‌طور کامـل از لحـاظ جمعیت، وضعیت خیابان‌ها و خیابـان‌بنـدی، داشـتن انـواع پوشش‌های سبز و در کل زیرسـاخت‌هـای سـبز شـهری از جمله پارک محله، بوستان، لچکی‌های گونـاگون در امتـداد خیابان‌های اصلی و میدان‌ها و همچنین رشد خانه‌سـازی و خیابان‌کشی در مهروموم‌های اخیر و تخریب بخش زیـادی از پوشش سبز و کارآ اسـت،(میرزایـی و همکـاران،۱۳۹۳). محلـه یوسـف‌آبـاد تهـران یکـی از محلـه‌هـای قـدیمی و معروف تهران و در منطقـه ۶ شـهرداری واقـع شـده‌اسـت. هـم‌اکنـون ایـن محلـه از غـرب بـه بزرگـراه کردسـتان و محلـه امیرآبـاد، از شـرق بـه خیابـان ولـی عصـر و محلـه عبـاس‌آبـاد، از شـمال بـه بزرگـراه شـهید همـت و محله ونک و از جنوب به خیابان دکتـر فـاطمی و دوراهـی یوسف آباد محدود می‌شود (شکل ۹). خیابـان‌هـای اصـلی ایـن محلـه عبـارت‌انـد از خیابـان سـید جمـال‌الـدین اسدآبادی (خیابان یوسف‌آبـاد)، خیابـان مسـتوفی ( خیابـان عبدالمجید اکبری) ، خیابان شهید جهان آرا، خیابـان مهـرام (مدبر)، خیابان بیستون و خیابان چهل‌ستون، خیابـان فتحـی شقاقی،خیابان کاج شمالی و خیابان ابـن‌سـینا.خیابـان سـید جمال‌الدین اسدآبادی هستند با بررسی‌های انجـام شـده در این محلـه، خیابـان‌هـای اصـلی اکثـراً، شـمالی–جنـوبی و خیابان‌های فرعی شرقی–غربی مـی‌باشـند کـه ایـن امـر در میزان دریافت نور و گرما در طول روز تأثیر بسزایی خواهد داشت. خیابان سید جمال‌الدین اسدآبادی به‌عنوان مهم‌ترین خیابـان اصـلی شـمالی –جنـوبی و خیابـان فتحـی شـقاقی به‌عنوان مهم‌ترین خیابان فرعی شرقی– غربی در نظر گرفته شده‌اند. این خیابان‌های اصلی و فرعی، تقریباً بر هم عمـود بوده و ساختاری شبکه‌ای را تشکیل داده‌اند. ذکر این نکتـه ضروری است که کلیه نقشـه‌هـای تهیـه شـده، در مقیـاس ۱/۹۰۰۰ می‌باشند. در دنباله چهارچوب چند مرحله‌ای ذکـر شده در بالا، برای محله یوسف‌آباد توصیف شده است.




**شکل ۹. عکس هوایی منطقه یوسف‌آباد در شهر تهران (کتاب اول،۱۳۹۲)**

**۵.یافته‌ها (انطباق روش پژوهش و تحلیل داده‌ها در محله یوسف‌آباد تهران)**

**۱.شناسایی و تحلیل زیرساخت‌های سبز موجود در محله یوسف‌آباد تهران با تأکید بر پتانسیل‌های تاب‌آوری اقلیمی در آن‌ها، (حفظ و تقویت زیرساخت‌های سبز موجود)(بر اساس شکل ۸).**

*اولویت‌بندی محله‌ها و انتخاب محله‌ای با اولویت بیشتر برای مداخله در زیرساخت‌های سبز: به دلیل اینکه مقیاس تعیین شده برای انجام این تحقیق مقیاس محله است و با توجه به اینکه انجام این مرحله از روش مذکور، انجام مطالعه در مقیاس شهر را طلب می‌کند، همچنین به دلیل کمبودها و محدودیت‌های موجود در تهیه نقشه حرارتی شهر تهران، این مرحله از تحقیق به انتخاب محله یوسف‌آباد تهران به دلایل ذکر شده در بخش‌های قبل خلاصه می‌شود. برای این مرحله از تحقیق، نقشه حرارتی محله یوسف‌آباد به‌منظور اولویت‌بندی محله از لحاظ وضعیت تاب‌آوری اقلیمی بر اساس وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری، تهیه شده و ارائه می‌شود. در این نقشه همان‌طور که نمایش داده شده است، وضعیت حرارتی محله یوسف‌آباد در ۵ طبقه اصلی از دمای حداقل ۳۲ درجه سانتی‌گراد تا دمای تقریبی ۴۱ درجه سانتی‌گراد ارائه شده است. بدیهی است مناطقی با دمای بالاتر، مناطقی هستند که به دلیل کمبود یا نبود فضاهای سبز و جهت جغرافیایی و مصالح استفاده شده، نور بیشتری دریافت کرده و دمای بیشتری دارند.

*شناسایی و دسته‌بندی زیرساخت‌های سبز و خاکستری موجود در محله یوسف آباد با در نظر گرفتن پتانسیل‌های اقلیمی: برای انجام این مرحله از روش پژوهش، نقشه پایه از وضع موجود شامل نقشه زیرساخت‌های خاکستری ( میدان‌ها، خیابان‌های اصلی و فرعی) و وضعیت زیرساخت‌های سبز موجود ( درختان، لکه‌های سبز باغی، پارک‌ها و غیره ) تهیه شد. از فاکتورهای مهم در ارتباط با زیرساخت‌های سبز، برای بررسی و تحلیل، شامل موقعیت درختان موجود و نوع گونه‌های درختی و سبز موجود است. وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی موجود نیز در گام بعدی بررسی شدند.

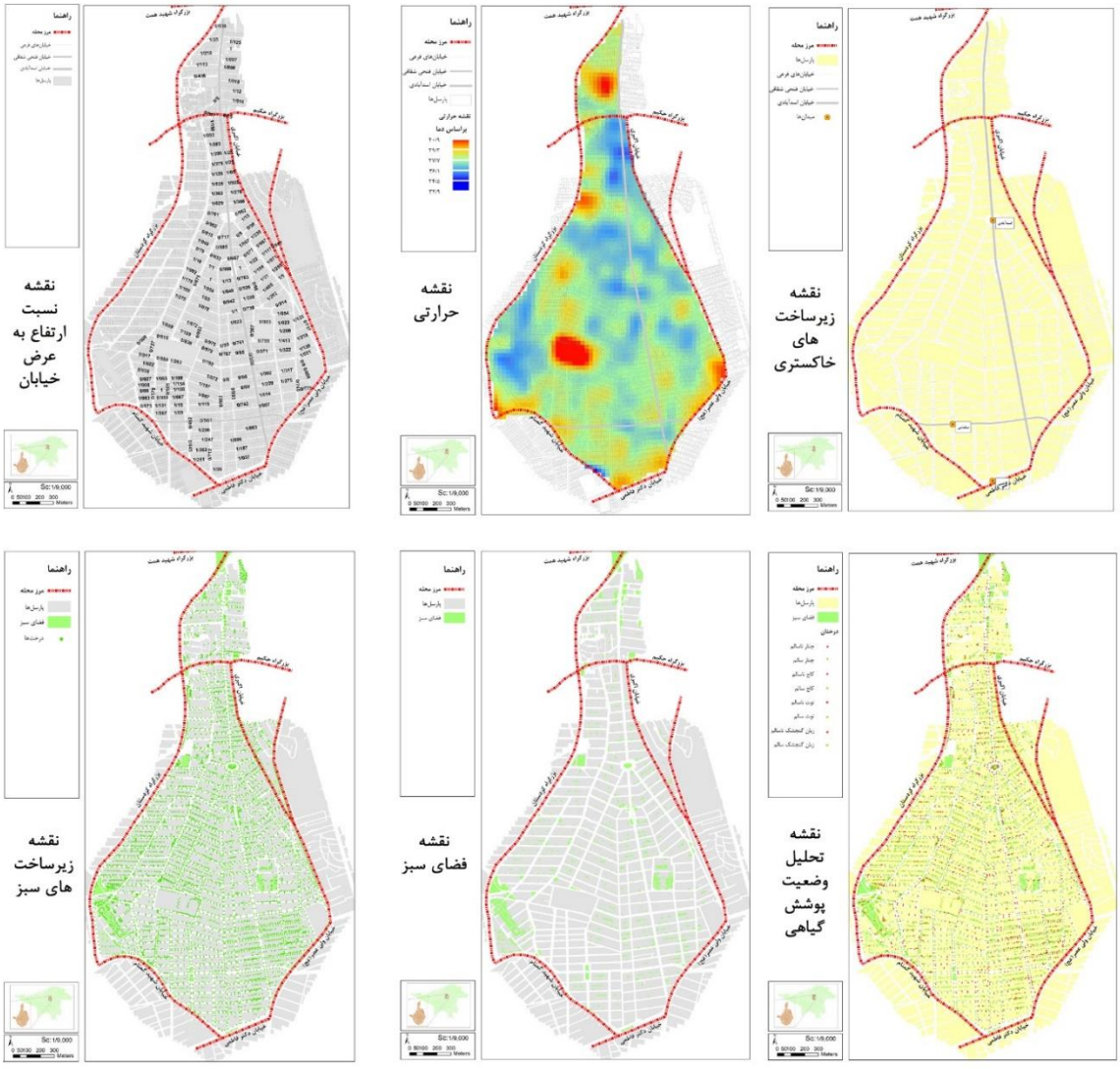
*استفاده از زیرساخت‌های سبز موجود در یوسف‌آباد برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و افزایش تاب آوری اقلیمی: در این مرحله برای دستیابی به روشی برای ارزیابی و تحلیل وضع فعلی و دستیابی به روشی برای مداخله و تقویت وضع موجود زیرساخت‌های سبز در محله یوسف‌آباد، نقشه‌ای تهیه شد، که در آن علاوه بر موقعیت قرارگیری گونه‌های گیاهی در محله مذکور، وضعیت سلامت آن‌ها نیز بررسی شد. وضعیت سلامت، از عوامل مهم در مستندسازی وضعیت زیرساخت‌های سبز موجود، برای انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب در بخش‌های بعدی و مداخله در وضعیت فعلی آن‌ها است. در بخش تحلیل گونه‌های گیاهی ناسالم، حذف و گونه‌های گیاهی سالم و مناسب با شرایط اقلیمی شهر تهران برای این محله پیشنهاد شدند.

– نقشه موقعیت و وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی تهیه شده که نوع گونه‌های گیاهی موجود به همراه ویژگی‌های خاص آن‌ها از جمله نیاز آبی، میزان مقاوم بودن به شرایط اقلیمی، میزان سایه‌اندازی، تعداد و غیره نیز در جدول ۳ آمده‌اند.

**۲. اولویت‌بندی حوزه مداخله در زیرساخت‌های سبز موجود در محله یوسف‌آباد تهران و معرفی زیرساخت‌های سبز جدید با پتانسیل‌های سازگاری با شرایط اقلیمی و مناسب برای محله مورد نظر.**

*سلسله‌بندی و اولویت‌دهی خیابان‌ها در محله یوسف‌آباد بر اساس تقویت زیرساخت‌های سبز موجود و جدید: در این مرحله، جهت خیابان‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، عرض خیابان‌ها و نسبت ارتفاع به عرض اندازه‌گیری شدند. همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، نسبت ارتفاع به عرض خیابان‌ها، روش مناسبی برای تحلیل میزان نور و انرژی حرارتی دریافتی خیابان‌ها است. این نسبت،

بیان‌کننده میزان سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر خیابان است. هر چه این نسبت کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ آن است که خیابان در طول روز دمای بیشتری دریافت می‌کند، در حالیکه هر چه این نسبت بیشتر باشد نشان می‌دهد که سایه بیشتری توسط ساختمان‌ها بر خیابان میافتد. درعین‌حال اگر این نسبت پایین باشد، خیابان‌های شرقی-غربی، در طول روز تعداد ساعات بیشتری، نور مستقیم خورشید دریافت می‌کنند، در حالی‌که خیابان‌های شمالی-جنوبی، تنها در ساعاتی محدود این نور را دریافت می‌کنند. برای بررسی این وضعیت چند نقشه تهیه شده که شامل: نقشه عرض خیابان‌ها به متر، نقشه متوسط ارتفاع ساختمان‌ها، نقشه تعداد طبقات ساختمان‌ها و در نهایت نقشه محاسبه میزان نسبت ارتفاع به عرض ساختمان‌ها (H:W) است. تمامی نقشه‌های مربوط به مراحل ذکر شده تا بدین جا در شکل ۱۰، ارائه شده‌اند.




**شکل ۱۰. نقشه‌های پایه**

*انتخاب زیرساخت‌های سبز جدید و مناسب با توجه به وضع موجود محله یوسف آباد و پتانسیل های اقلیمی این زیرساخت‌ها: پس از روی‌هم اندازی لایه‌های ذکر شده در نرم‌افزار Arc map، و انجام امتیازدهی، خیابان سید جمال الدین اسدآبادی به‌عنوان نخستین حوزه مداخله نمایش داده شده است،(شکل ۱۱، در این نقشه اولویت اصلی برای مداخله با شماره یک نمایش داده شده است و کمترین میزان اولویت با شماره ۹ در بخش راهنمای نقشه نمایش داده شده است). این خیابان دارای عرض بالاتری نسبت به خیابان های دیگر این محله است و درعین حال ارتفاع ساختمان ها تنها در بعضی نقاط در آن بلند است و در بیشتر نقاط دارای ارتفاع متوسطی هستند، در نتیجه با بررسی نسبت ارتفاع به عرض، این خیابان بیشترین میزان نور را در طول ساعات روز دریافت می‌کند، که همان‌طور که در نقشه حرارتی نیز مشاهده شد، دارای حرارت بالایی است. از این رو بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز، گونه های درختی و پوششی، بوستان ها و پارک‌ها و غیره، در امتداد این خیابان و ارائه پیشنهادها و اصولی برای تقویت و حفظ و بهبود وضعیت این عناصر، ضروری است. بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز و تحلیل آن‌ها قبلاً ذکر شد. در این مرحله، تحلیل و تفسیر کمی و کیفی، اطلاعات جمع‌آوری شده انجام شد.

*معرفی گونه‌های گیاهی پیشنهادی مقاوم به تغییرات اقلیمی و با پتانسیل تاب‌آوری در برابر کم‌آبی، آلودگی هوا و دمای زیاد در محله یوسف‌آباد شهر تهران: پس از بررسی وضعیت پوشش گیاهی در محله یوسف آباد تهران جدولی تهیه شد که در آن گونه‌های گیاه مناسب با پتانسیل‌های بالای تاب‌آوری به تغییرات اقلیمی، پیشنهاد شد (جدول ۴).

**شکل ۱۱. نقشه اولویت‌بندی حوزه مداخله در زیرساخت‌های سبز موجود در محله یوسف‌آباد تهران**

**جدول ۳. تحلیل وضعیت پوشش گیاهی موجود در محله یوسف‌آباد تهران بر اساس میزان تاب‌آوری اقلیمی(Shirgir et al.2019.) [7]***

| نام گونه به فارسی | نام علمی | وضعیت سلامتی (سالم/ناسالم) | نیاز آبی (کم/زیاد) | میزان مقاومت به آلودگی هوا(مقاوم/نامقاوم) | میزان سایه‌اندازی (کم/زیاد) | محل قرارگیری در محله (در خیابان‌های اصلی یا فرعی/شمالی-جنوبی یا شرقی-غربی) | تعدادگونه (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 | نامقاوم | 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 | | نامقاوم | 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 |
| زبان گنجشگ | Fraxinus exelsior | سالم | کم | نامقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| انجیر | Ficus carica | سالم | زیاد | نامقاوم | کم | اصلی/شمالی-جنوبی | محدود |
| تبریزی | Poplus deltoides | سالم | زیاد | نامقاوم | زیاد | اصلی/شمالی-جنوبی | بسیار محدود |

*اطلاعات ارائه شده 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 شده است.

**جدول ۴. گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای محله یوسف‌آباد تهران با تکیه بر افزایش تاب‌آوری اقلیمی(Shirgir et al.2019 .)***

| نام گونه به فارسی | نام علمی | مقاوم به خشک‌سالی | مقاوم به آلودگی هوا | مقاوم به دمای بالا و سایه‌انداز | مناسب قرارگیری در شمالی-جنوبی یا شرقی-غربی(اصلی-فرعی) |
|---|---|---|---|---|---|
| عرعر | Ailanthus allissima | | ★ | | شرقی-غربی(فرعی) |
| ابریشم | Albizzia julibrissin | | ★ | | شرقی-غربی(فرعی) |
| داغداغان | Celis avstruliss | | ★ | | شرقی-غربی(فرعی) |
| اقاقیا | Robinia pseudoacacia | | ★ | ★ | شمالی-جنوبی(اصلی) |
| زبان گنجشک | Fraxinus excelsior | ★ | | ★ | شمالی-جنوبی(اصلی) |
| برگ نو | Ligustrum vulgare | ★ | | | شمالی-جنوبی(اصلی) |
| زربین | Cupressus sempervirens | ★ | | ★ | شمالی-جنوبی(اصلی) |
| کاج کاشفی | Pinus longifolia Roxb | | | ★ | شمالی-جنوبی(اصلی) |
| سنجد | Eleagnus angustifolia | ★ | | | شرقی-غربی(فرعی) |
| لیلکی | Gleditsa triacanthos | ★ | | ★ | شمالی-جنوبی(اصلی)/شرقی-غربی(فرعی) |

**ادامهٔ جدول ۴. گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای محله یوسف‌آباد تهران با تکیه بر افزایش تاب‌آوری اقلیمی(Shirgir et al.2019 .)***

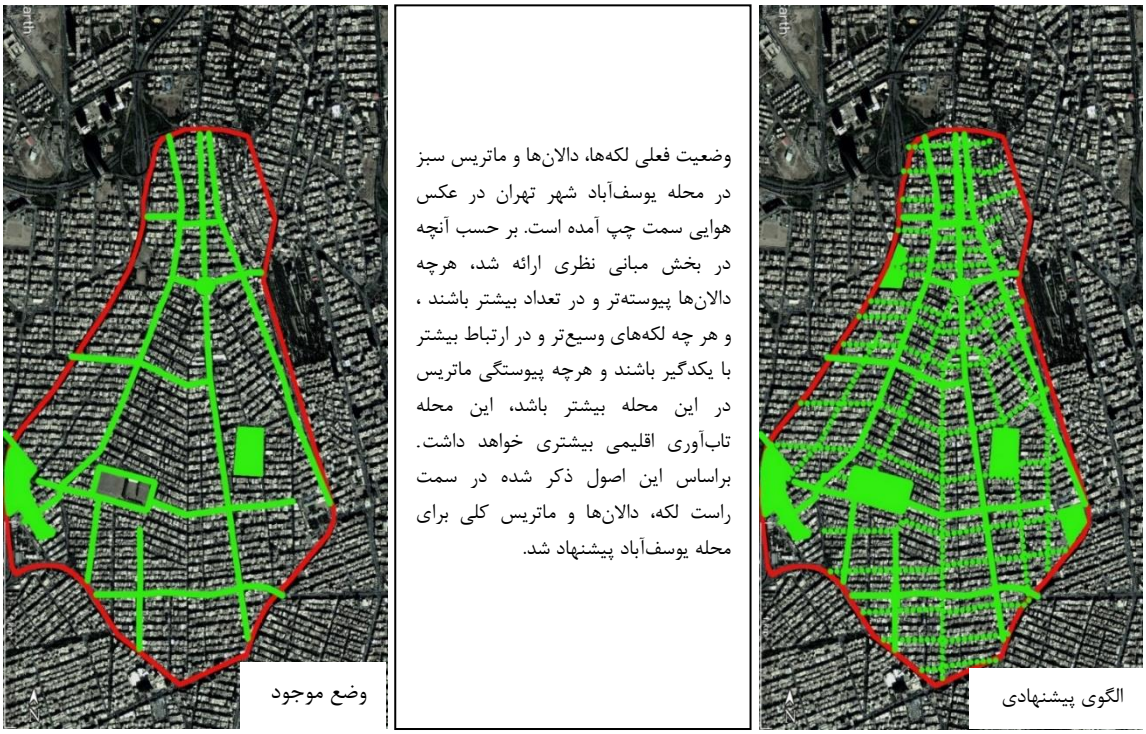
| نام گونه به فارسی | نام علمی | مقاوم به خشک‌سالی | مقاوم به آلودگی هوا | مقاوم به دمای بالا و سایه‌انداز | مناسب قرارگیری در شمالی-جنوبی یا شرقی-غربی(اصلی-فرعی) |
|---|---|---|---|---|---|
| بلوط | Quercus rubra | ⋆ | | ⋆ | شمالی-جنوبی(اصلی)/شرقی-غربی(فرعی) |
| غان | Betula verrucosa | ⋆ | | | شمالی-جنوبی(اصلی)/شرقی-غربی(فرعی) |
| بید | Salix alba | ⋆ | | ⋆ | شمالی-جنوبی(اصلی)/شرقی-غربی(فرعی) |
| زیتون تلخ | Melia azedarach | | | ⋆ | شرقی-غربی(فرعی) |
| پیراکانتا | Pyracantha Sp. | ⋆ | ⋆ | | شمالی-جنوبی(اصلی)/شرقی-غربی(فرعی) |
| زالزالک | Crataegus Sp. | ⋆ | ⋆ | | شرقی-غربی(فرعی) |
| شن | Lonicera Sp. | ⋆ | | | شرقی-غربی(فرعی) |

* اطلاعات ارائه شده 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 شده است.

**۳-مکان‌یابی صحیح زیرساخت های سبز قابل تقویت و جدید با استفاده از - کریدور و ماتریس.(مکان‌یابی صحیح زیرساخت های سبز پیشنهادی:** در این پژوهش، بر پایه اصول اکولوژی منظر، می‌توان وضعیت کلی ماتریس سبز موجود را بر حسب وضعیت انسجام و یکپارچگی و پیوسته بودن لکه‌ها و دالان‌های سبز، تأثیر این انسجام و یکپارچگی بر تاب‌آوری اقلیمی محله، مورد تحلیل و سنجش قرار داد و الگویی برای بهبود وضعیت این ماتریس در راستای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی، ارائه شد.

یکی از یافته‌های مهم این پژوهش، **دستیابی به الگویی برای مکان‌یابی صحیح زیرساخت های سبز قابل تقویت و پیشنهادی با استفاده از تئوری‌های علم اکولوژی سرزمین (لکه، دالان، ماتریس) است،** (که این دستاورد حاصل از مرحله ششم از مراحل ۶ گانه مطرح شده در شکل ۸ است). این نکته، روی محله یوسف‌آباد تهران منطبق شد: در ارتباط با وضعیت قرارگیری، لکه‌ها، دالان‌های سبز و ماتریس‌ها نیز در محله یوسف‌آباد، روی تصاویر هوایی تحلیل‌هایی انجام شده که در اینجا ارائه شده است. وضعیت فعلی لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس سبز در محله یوسف آباد شهر تهران در عکس هوایی سمت چپ آمده است. بر حسب آنچه در بخش مبانی نظری ارائه شد، هرچه دالان‌ها پیوسته‌تر و در تعداد بیشتر باشند، هر چه لکه‌های وسیع‌تر و در ارتباط بیشتر با یکدیگر باشند و هرچه پیوستگی ماتریس در این محله بیشتر باشد، این محله تاب آوری اقلیمی بیشتری خواهد داشت. بر پایه این اصول، در سمت راست لکه، دالان ها و ماتریس کلی برای محله یوسف‌آباد پیشنهاد شد. از تلفیق این ماتریس پیشنهادی با پیشنهاد گونه های گیاهی با پتانسیل های اقلیمی مناسب برای یک محله، می‌توان موقعیت های جدیدی برای وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری در یک محله به همراه گونه‌های تاب‌آور، پیشنهاد کرد. این روش همچنین می‌تواند برای موقعیت‌یابی لکه‌های سبز و گونه‌های گیاهی در پروژه‌های جدید شهری، استفاده شود. با توجه به یافته‌های بخش مبانی نظری و استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق زیرساخت‌های سبز ارائه شده در

بخش پایانی این مبحث، چارچوب ارائه شده برای مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری، کاملاً در انطباق و هماهنگی با این استراتژی‌هاست و از تلفیق این دسته از استراتژی‌ها در مقیاس شهر و چارچوب مداخله پیشنهادی در مقیاس محله، می‌توان به اصولی برای ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی با استفاده از زیرساخت‌های سبز شهری در مقیاس محله به‌منظور تقلیل خشک‌سالی، افزایش دما و آلودگی هوا و کمبود آب، دست یافت. می‌توان اظهار کرد که با داشتن محله‌ای تاب‌آور به شرایط اقلیمی، داشتن شهری تاب‌آوری به این شرایط نیز تضمین می‌شود. در تصاویر هوایی و تفسیر وضعیت لکه‌ها، دالان‌ها و ماتریس‌های سبز موجود و الگوی پیشنهادی برای موقعیت‌یابی گیاهان پیشنهادی بر اساس تئوری‌های اکولوژی منظر، در شکل ۱۲ آمده است.




**شکل ۱۲. الگوی پیشنهادی(وضعیت لکه‌ها،دالان‌ها و ماتریس سبز فعلی و پیشنهادی) بر اساس علم اکولوژی منظر.**

## ۶. بحث

در بخش متدولوژی پژوهش، تعریف و تبیین الگویی برای بررسی وضعیت زیرساخت‌های سبز موجود در یک محله و اولویت‌بندی حوزه‌های مختلف این محله برای مداخله در وضعیت موجود این زیرساخت‌ها،در قالب روشی با نام CRGIIM یا روش ایجاد تاب‌آوری اقلیمی از طریق تقویت و افزایش زیرساخت های سبز شهری، با هدف ارتقاء تاب‌آوری اقلیمی است. در این الگوی مفهومی، تمرکز اصلی بر هندسه خیابان، مکان قرارگیری زیرساخت های سبز و نوع گونه‌های گیاهی انتخابی برای دستیابی به ارتباطی بین نحوه قرارگیری فضایی،کمیت و کیفیت پوشش سبز و ارتقاء تاب آوری اقلیمی در مقیاس محله و خیابان است. این روش در بخش متدولوژی پژوهش با جزئیات آورده شد.

با کاوش در این الگو پاسخی معتبر برای سؤالات این پژوهش ارائه و آشکار شد فاکتورهایی‌که بیشترین تأثیر را در افزایش تاب‌آوری اقلیمی در محله‌های تهران دارند شامل: « نوع گونه‌های گیاهی و نحوه قرارگیری آن‌ها،

مساحت تحت پوشش زیرساخت‌های سبز، دمای سطح زمین در مناطق سبز و خاکستری، خیابان‌های اصلی و فرعی یک محله و جهت جغرافیایی آن‌ها (اصلی-فرعی بودن و شمالی- جنوبی بودن در ارتباط با محله یوسف‌آباد تهران، بدیهی است این ویژگی‌ها در مورد محله‌ای یا ناحیه‌ای دیگر قابل تغییر هستند)، و موقعیت قرارگیری لکه‌ها و دالان‌های سبز در محله مورد نظر نسبت به یکدیگر است. از آنجا که تاکنون در مطالعات انجام شده هیچ اشاره‌ای به روشی برای ارزیابی (کیفی یا کمی) میزان تاب‌آوری اقلیمی برحسب زیرساخت‌های سبز نشده است، این کمیت‌ها را می‌توان به‌عنوان **فاکتورهای مؤثر در ارزیابی میزان تاب آوری اقلیمی در محله ها معرفی و اندازه‌گیری** کرد.

در ارتباط با زیرساخت‌های سبز به‌طور خاص نیز، می‌توان گفت تحلیل وضعیت گونه‌های گیاهی موجود در یک منطقه بر حسب نوع گونه‌های گیاهی، موقعیت قرارگیری، مساحت تحت پوشش و میزان و تعداد این گونه‌ها، وضعیت سلامت گونه‌های گیاهی و مقایسه این فاکتورها در دو دوره زمانی می‌تواند روش مناسبی برای سنجیدن پتانسیل تاب‌آوری اقلیمی در زیرساخت‌های سبز یک محله باشد. در اصل برای نخستین بار در این پژوهش روشی به‌منظور ارزیابی وضعیت زیرساخت‌های سبز بر پایه تاب‌آوری اقلیمی و چگونگی دخل و تصرف در این زیرساخت‌ها برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی به دست آمده است. با دستیابی به این فاکتورهای مؤثر، پاسخ واضح و روشنی به این سؤال: «کدام ویژگی‌های زیرساخت‌های سبز (کمی یا کیفی) می‌توانند در رسیدن به تاب‌آوری اقلیمی مؤثر باشند؟»، ارائه می‌شود (نمودار۹). در این نمودار، فاکتورهایی کیفی نمایش داده شده‌اند که برای ارزیابی و تحلیل وضعیت تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله بر پایه زیرساخت‌های سبز، خاکستری و وضعیت لکه‌ها و دالان‌ها و ماتریس‌های سبز در این مقیاس است. این فاکتورهای مهم پس از بررسی و اندازه‌گیری، می‌توانند طبقه‌بندی شوند، که این مبحث برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌شود.

**نمودار۹. فاکتورها مؤثر در سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری اقلیمی در مقیاس محله بر حسب زیرساخت‌های سبز**

دیگر یافته های این تحقیق به صورت موردی به این شرح هستند: تبیین روشی برای افزایش تاب آوری اقلیمی در مقیاس محله با استفاده گونه های گیاهی مقاوم به شرایط اقلیمی و تاب‌آوری، معرفی گونه‌های گیاهی برای نخستین بار بر اساس میزان تاب آوری آن ها به تغییرات اقلیمی، ارائه روشی برای بررسی وضعیت موجود زیرساخت‌های سبز و تحلیل آن‌ها براساس ویژگی تاب‌آوری اقلیمی در آن‌ها، ارائه الگویی در راستای ارتقاء تاب آوری اقلیمی با مداخله در کمیت و موقعیت قرارگیری زیرساخت های سبز شهری در مقیاس محله برای تقلیل خشک سالی، افزایش بی رویه دما و آلودگی هوا و کمبود آب در محله‌های شهر تهران، تأکید بر اهمیت مقیاس محله در این روش، تطبیق اصول و گام‌های کلی این روش با شرایط کشور ایران و سپس شهر تهران به‌عنوان کلان‌شهری مهم در ایران، مکان‌یابی دقیق فضاهای سبز در یک محله با استفاده از تحلیل وضعیت فضای سبز موجود، تحلیل زیرساخت های سبز شهری با دسته‌بندی آن‌ها به‌صورت لکه، دالان و ماتریس و سپس تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در تعیین موقعیت تاب‌آورتر برای آن‌ها در یک محله، اثبات رابطه بین زیرساخت‌های سبز شهری با تاب آوری اکولوژی شهری از نوع اقلیمی به‌این ترتیب که با افزایش سطح و کمیت زیرساخت‌های سبز شهری مناسب با اقلیم یک منطقه، تاب آوری به تغییرات اقلیمی بیشتر از نوع خشک سالی و افزایش دما، افزایش می‌یابد.

## ۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی های انجام شده در این تحقیق، به نظر می‌رسد تا به امروز زیرساخت‌های سبز شهری و نقش آن‌ها در طراحی و برنامه‌ریزی شهری به درستی تدوین نشده‌اند. درحالی‌که این نکته اثبات شده است که استفاده از زیرساخت های سبز شهری یکی از استراتژی های مهم در جهت تقلیل و سازگاری با تأثیرات اقلیمی در مناطقی با آب‌وهوای مدیترانه‌ای و گرم وخشک است( Norton et al.,2015) اما تاکنون اصول دقیقی برای استفاده صحیح از این زیرساخت‌ها در شهرها ارائه نشده است. در اینجا با انجام این تحقیق روی محله‌ای از شهر تهران، چارچوبی برای مستندسازی و بررسی کیفیت و کمیت زیرساخت‌های سبز شهری در راستای ارتقاء کیفیت آن‌ها و سازگاری با تغییرات اقلیمی به دست آمد. همچنین تاکنون استراتژی‌های دقیقی برای استفاده صحیح از این زیرساخت‌ها در شهرها ارائه نشده است. امید است این روش قابلیت تعمیم به شهرها و محله‌های آن‌ها، بر حسب موقعیت جغرافیایی و تأثیر منفی تغییر اقلیم خاص خود آن‌ها، را داشته باشد. بدیهی است برای تعمیم دادن این روش به شهرهای دیگر، تحقیقات بیشتر مورد نیاز است.

## پی‌نوشت

۱. لکه:Patch

۲. دالان: Corridor

۳. ماتریس: Matrix

۴. علم اکولوژی منظر: Landscape ecology

۵. تاب‌آوری اقلیمی: Climate resilience

۶. روش GRGIIM: Climate Resilience through Green Infrastructure Implementation Method

۷. در توضیح پارامترهای بررسی شده در جدول ۳ می‌توان گفت:-از دلایل اهمیت محل قرارگیری گیاهان: دسته‌بندی خیابان‌ها به خیابان‌های فرعی و اصلی اهمیت فراوانی دارد زیرا در این خیابان ها میزان دریافت انرژی خورشید و حرارت بسته به جهت جغرافیایی آن‌ها متفاوت است. خیابان های شمالی-جنوبی اصلی، در صورت نداشتن پوشش سبز کافی و مناسب، حرارت زیادی را در طول روز دریافت می‌کنند.

-میزان سایه‌اندازی: میزان سایه‌ای که درختان ایجاد می کنند بستگی به فرم تاج آن ها و فشردگی بافت آن دارد.(Pataki et al.2011). این گیاهان می‌توانند در یک بازدید میدانی لیست بندی شوند(Leuzinger et al., 2010).

-نیاز آبی: گیاهانی که نیازمند آبیاری فراوان هستند

ممکـن اسـت در شـرایط خشـک‌سـالی و حـرارت زیـاد، برگ‌های خود را از دست بدهند (Gill et al., 2006)،لذا بـا بررسی وضعیت سلامت گیاهان موجود در منطقه، می تـوان گیاهانی را لیست بندی کرد که برای منطقه مناسب نیسـتند، (Coutts and Harris, 2013).

–وضعیت سلامت گیاهـان: ایـن وضـعیت بـا برداشـت میدانی قابل بررسی است و همچنین با استفاده از نقشه های GIS، که در نمایش میزان سایه اندازی گیاهان مؤثر اسـت و وضـعیت شـاخ و بـرگ گیاهـان و میـزان سـایه‌انـدازی و عملکرد تصفیه هوا و غیره در آن ها بسیار به میزان سـلامت آن‌هـا بسـتگی دارد. درنتیجـه پـس از لیسـت بـرداری از گونه‌های ناسالم، می‌توان آن‌ها را حـذف کـرد( Norton et al.2015).

## منابع

ساسانپور،ف.، سوران،ص.، موحد،ع. و شماعی، ع. ۱۳۹۴. کیفیت سنجی محیط در محله های شهری و برنامه‌ریـزی بـرای محـیط پایـدار (مطالعه موردی: محله های شهر سقز)، نشریه :مطالعات و پژوهش های شهری منطقه ای۶: ۱–۲۶.

میرزایی،ا. و فرقانی فر،ب. ۱۳۹۳، بررسی نقش معماری و تجربه در درک مکان: نمونه موردی: محله یوسف‌آباد شهر تهران، اولین کنگـره علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری در ایران، نشر سیویلیکا، تهران.

Adhern, A., and Plow right P. Stevens J. 2014. Definitions sustainable urbanism: towards a responsive urban design.

Asian Development Bank, 2014. , Urban climate change resilience: A synopsis,ADB Annual report, Retrieved from https://www.adb.org/documents/adb-annual-report-2009.

Byrne, J.A. and et al. 2015. Conceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: Barriers to adaptation and drivers for uptake by spatial planners, Journal of landscape and urban planning, 155-163.

Bartesaghi-Koc ,Osmond, P. and 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.

Birkmann, J. and et al. 2010. Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change, Sustainability science online Journal, DOI: 10.1007/s11625-010-0111-3.

Carter Kazmierczak, J. 2010. Adaptation to climate change using green and blue infrastructure a data base of case studies, University of Manchester.

Carter, J.G. et al. 2015. Climate change and the city: building capacity for urban adaptation, *Elsevier*.

Childers, D.L. and 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): 3774-3791https://doi.org/10.3390/su7043774.

Coutts, A. and 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, Published by VCCCAR, Melbourne, Australia.

Dayland, A. and Brown, A. 2012. From practice to theory: emerging lessons from Asia for building urban climate change resilience ‘,E-Journal of Environment and urbanization, https://doi.org/10.1177/0956247812456490.

Demuzere, M. et al. 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi scale assessment of green urban infrastructure, Journal of Environmental management, 146: 107-115.

ForaGaci, C. and Timmeren, A.V. 2012. Urban form and fitness: towards a space-morphological approach to general urban resilience, Conference: 20th Annual International Sustainable Development Research Conference, At University of Science and Technology, Trondheim, Norway: DOI: 10.13140/2.1.4017.3444.

Forman, R.T.T. and Gordon M. 1986. Landscape ecology, University of Minnesota: Wiley.

Forman, R.T.T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology, Landscape ecology, 10:133-142.

Foster, J., Lowe, A., Winkelman, S. and Foster, J. 2015. The value of green infrastructure for urban climate adaptation, Center for clean air policy, Retrieved from www.ccap.org.

Gill, S.E., Handley, J.F. and 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.

IPCC. 2007. Climate change: Appendix to synthesis report. In A.P.M. Baede, P. van der Linden, & A. Verbruggen (Eds.), Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (pp. 76–89). Geneva.

Leichenko, R. 2011. Climate change and urban resilience. Current Opinion in Environmental Sustainability, 3(3), 164–168. doi: 10.1016/j.cosust.2010.12.014. Retrieved from http://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510001533.

Leuzinger, S., Vogt, R. and Körner, C. 2010. Tree surface temperature inan urban environment. Agricultural and Forest Meteorology, 150(1), 56–62.http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.08.006

Miller, N. Condon, P.M. and Cavens, D. 2009. Urban planning tools for climate change mitigation, Lincoln Institute of Land policy, MA, USA.

Moxham, S. Chandler, C. and Drent, N. 2013. Sustainable Design strategy, Retrieved from https://www.gbca.org.au/uploads/127/35967/City%20of%20Port%20Phillip%20Sustainable_Design_Strategy.pdf.

Norton, B.A and et al. 2013. Planning for cooler future: Green infrastructure to reduce urban heat, Urban adaptation for decision makers, Retrieved from http://www.urbanaffairs.com.au/downloads/2014-2-12-3.pdf.

Norton, B.A. and et al. 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.

Oliver, T.H. and Morecroft D. 2014. Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities, *Wiley online library*.

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: https://doi.org/10.1890/090220.

Sheates, W.R. and et al. 2015. Green infrastructure as a climate change adaptation policy intervention: Muddying the waters or clearing a path to more secure future? Journal of environmental management, 184-193.

Sheikhi, S. and Rafieian, M. 2016. Integrating climate change adaptation and mitigation with urban planning for a livable city in Tehran, PhD thesis at Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

Shirgir, E., Kheyroddin, R. and Behzadfar, M. 2019. Developing Strategic Principles of Intervention in Urban Green Infrastructure to Create and Enhance Climate Resilience in Cities—Case Study: Yousef Abad in Tehran, Journal of Climate change, Vol. 5, No. 1 (2019), pp. 61-73.DOI 10.3233/JCC190007.

Shirgir, E., Kheyroddin, R. & Behzadfar, M. 2019. Defining urban green infrastructure role in analysis of climate resilience in cities based on landscape ecology principles.Tema. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*, *12* (3), 227-247. doi: http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/6250.