بررسی اثر حرارتی گیاهان در فضاهای شهری با مدل PMV

مطالعه موردی: محله ازگل تهران[1]

سید مجید مفیدی شمیرانی - دکتری تخصصی، استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران، گروه شهرسازی.
سیده مریم حسینی[2] - کارشناسی ارشد معماری پایدار و ارشد طراحی شهری دانشگاه علم و صنعت ایران.
هانیه صنایعیان - دکتری تخصصی، استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران، گروه معماری.
غلامرضا جاپلقی - دکتری تخصصی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۳

چکیده
شهرها طي بيش از يك قرن تغييرات اساسي كه در فعاليت‌ها و كالبد آنها رخ داده، ارتباط حياتي خود را با طبيعت از دست داده‌اند. در سال‌های اخیر توسعه شهرنشینی و پیوستن روستاها به کلانشهرها موجب از بین رفتن بسیاری از پوشش‌های گیاهی این مناطق شده است. محله ازگل از جمله محلات شمال تهران است که بخش عمده‌ای از فضای سبز آن در فرایند توسعه از بین رفته و کیفیت فضایی در کانون‌های متمرکز آن کاهش یافته است. با توجه به اثر گیاهان در ایجاد شرایط آسایش، این مقاله با هدف ارتقای کیفیت فضاهای عمومی و افزایش آسایش حرارتی در مراکز محله به دنبال یافتن رابطه بین سطوح سبز با میزان کاهش دما در گرم‌ترین روز سال است. مقاله با راهبردی ترکیبی متکی بر استدلال منطقی و سنجش نرم‌افزاری به مطالعه یک سایت در محله ازگل تهران در دو وضعیت موجود و حالت بهینه طراحی پرداخته است. داده‌های وضع موجود با برداشت‌های میدانی و اطلاعات خرداقلیم در وضعیت دوم که با افزودن گیاهان به فضا مورد بررسی قرار گرفت، با شبیه‌سازی کامپیوتری به دست آمد. در نهایت شرایط آسایش با مدل PMV سنجیده شده تا اثر دقیق گیاهان بر عناصر خرداقلیم مشخص شود و دو حالت باهم مقایسه شدند تا تأثیر طراحی با گیاهان در ارتقای کیفیات محیطی مشخص شود. معیارهای ارزیابی، دما و رطوبت نسبی است که محاسبات با اولویت‌دهی به پیاده، در ارتفاع ۱٫۶۵ متری انجام شده است. یافته‌های به دست آمده از این مطالعه حاکی از این است که با اختصاص درصد کمی از فضای شهر به سبزینگی تا حد زیادی می‌توان شرایط خرداقلیم را بهبود بخشید. محاسبات رایانه‌ای نشان داد به ازای افزودن هر مترمربع فضای سبز در موقعیت مکانی مورد مطالعه، ۳/۷۱ برابر آن به محدوده آسایش اضافه می‌گردد. همچنین در نمونه مورد بررسی، با ثابت نگه داشتن رطوبت نسبی می‌توان ۱٫۵ تا ۲ درجه از گرمای هوا کاست. با توجه به این که گرمایش جهانی در صد سال اخیر حاصل یک درجه اضافه شدن به دمای کره زمین است، نتایج مقاله قابل توجه خواهد بود. به بیانی با تعمیم نتایج در کل محله و در مقیاسی بزرگتر، اثربخشی آن چشمگیرتر خواهد بود.

واژگان کلیدی: خرداقلیم شهری، گیاهان، محله ازگل، Envi-Met، آسایش حرارتی.

۱ مستخرج از پایان نامه نویسنده دوم (سیده مریم حسینی) با عنوان الگوی طراحی فضای سبز شهری ازگل با بررسی رفتارهای حرارتی درختان.

۲ نویسنده مسئول مقاله: hoseini.iust@yahoo.com

۱. مقدمه

در طول قرن گذشته، جمعیت مناطق شهری به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. تا سال ۱۹۵۰، این مناطق ۳۰ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دادند که تا امروز به ۵۰ درصد می‌رسد و برآورد می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ٦٥ درصد رشد کند. مناطق شهری فقط حدود ۲/٤ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند که در نتیجه تراکم جمعیت بسیار بالاست (Mexia, 2018: 469). شهرنشینی سریع در نیم قرن گذشته، نه‌تنها مهاجران تازه به مناطق شهری را به ارمغان آورده بلکه به تدریج محیط فیزیکی شهری را تغییر داده که به طور محسوسی در لایه‌های پایینی[1] ـ زیر متوسط ارتفاع ساختمان‌ها و درختان که قلمرو پیاده را در بر می‌گیرد ـ احساس می‌شود. این لایه به شدت با احساس آسایش افراد و سلامت زیست‌بوم در ارتباط است. در چشم‌انداز جهانی در مورد طراحی شهرهایی که پایدار، سالم، راحت و حتی لذت‌بخش هستند، لزوم درک و توجه به عناصر اقلیمی در فرآیند طراحی و برنامه‌ریزی آمده است. با این وجود توجه به اقلیم شهر تاکنون تأثیر کمی بر برنامه‌ریزی داشته و نیاز به پر کردن شکاف بین اقلیم‌شناسی شهری و برنامه‌ریزی و طراحی شهری و انتقال دانش اقلیمی به زبان‌های برنامه‌ریزی است (Ren, 2011: 2213).

اهمیت شناخت تأثیرات شهر بر اقلیم آن وقتی بر ما روشن می‌شود که با مطالعه دقیق و آمار کمی مواجه می‌شویم. به طور کلی، افزایش دمای هوا ناشی از شهرنشینی بین ۱ تا ۳ درجه سانتیگراد است. با این حال، در برخی شرایط آب‌وهوایی پایدار، اختلاف دمای هوا بین مناطق شهری و حومه می‌تواند تا ۱۰ درجه سانتیگراد باشد. در برخی از شهرها، ممکن است شهرنشینی تا بیش از ۸۰ درصد از گرم شدن زمین را به خود اختصاص دهد و به مهم‌ترین عامل تعیین کننده تبدیل شود (Lai et al, 2019: 117). شهرها با ویژگی‌هایی مانند ریخت‌شناسی ساختمان‌ها و میزان گرمای ساطع شده، بر دمای محلی، گردش هوا و تغییر نزولات جوی و همچنین با تغییر میزان انتشار مواد شیمیایی و بازخورد با آلاینده‌های جوی، بر آب‌وهوا و اقلیم در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی تأثیر می‌گذارند. مطالعات باکلانوف (Baklanov, 2007) و کلوگو و گریموند (Cleugh and Grimmond, 2012) رابطه بین خصوصیات شهری و خرداقلیم را نشان می‌دهد و نحوه مدیریت بخش‌های مختلف شهری را بر این اساس مشخص می‌سازد (Baklanov et al, 2018: 331).

گرچه خرداقلیم در برگیرنده ناحیه کوچکی است، اما ویژگی‌های آن به شرایط محیط وابسته است و می‌تواند بهبود یابد. مطالعات نشان می‌دهد که درجه حرارت و رطوبت سطح زمین تحت تأثیر پوشش گیاهی، خاك و شکل زمین قرار دارند. شیوه‌های غیرفعال[2] مؤثر برای بهبود خرداقلیم، افزایش پوشش گیاهی، کاشت درختان و ایجاد شبکه‌های اکولوژیکی است (Hou, 2017: 529). مانند این راهکار در شهرهای کهن مورد استفاده بوده ـ به خصوص شهرهای مرکزی ایران ـ و برعکس آنچه در شهرهای معاصر اتفاق می‌افتد؛ شهرها در داخل، دمایی کمتر از خارج داشتند و دلیل آن نوعی از شهرسازی بوده که با کنترل کردن عناصر اقلیمی، شرایط مناسبی در مقیاس خرد ایجاد می‌کردند.

با این دانسته، در یک مطالعه موردی، محله ازگل که در شمال شرق تهران واقع شده، بررسی شد. محله‌ای با ارزش ملی اکولوژیک و باغات و فضای سبز غنی که در سال‌های اخیر با تغییر کاربری زمین و ساخت‌وسازهای فراوان و بلندمرتبه از پوشش گیاهی آن کاسته و به آن بی‌توجهی شده است. تحقیق بر این پیش فرض استوار است که می‌توان با احیای پوشش گیاهی محله و طراحی کاشت، شرایط آسایش اقلیمی فضاهای شهری را بهبود بخشید و به سرزندگی آن کمک کرد. چرا که گیاهان علاوه بر دما با ایجاد رطوبت باعث ثبات دمایی می‌شوند. مسئله تحقیق این است که تأثیرات این طراحی به چه میزان و چگونه خواهد بود؟ با توجه به این مسئله در نظر است با طراحی مناسب فضای عمومی، شرایط خرد اقلیم را بهبود بخشیده و با کاهش دما و افزایش رطوبت در فصول گرم، علاوه بر آسایش حرارتی و سرزندگی کلی محیط، امکان حضور افراد در فضاهای عمومی محله نیز افزایش یابد.

۲. چارچوب نظری

بررسی نقش شهرها در تعدیل اقلیم محلی در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ م. به وسیله رادلف گیگر مطالعه شد. گسترش شهرنشینی محقق را بر آن داشت، مطالعات اقلیم‌شناسی شهری را به طور کلاسیک و دانشگاهی بعد از جنگ جهانی دوم شروع کند که در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بسیار گسترش یافت. از جمله این اقدامات می‌توان مطالعات چندلر در زمینه اختلاف دمای شهر و روستا و لندزبرگ در زمینه اقلیم شهری و افزایش دمای کلانشهرها را نام برد (Mohammadi, 2012: 6). در سال ۱۹۷۳ نیز پن‌واردن[3] شاخص راحتی بافت را با تمرکز بر فضاهای شهری و معابر به صورت نموداری ارائه داد (khalife gholi, 2017: 4).

روند شهرنشینی امروز، نیازمند نوع جدیدی از خدمات برای استفاده بهتر از علم و فناوری است. دستور کار جدید سازمان ملل متحد در سومین کنفرانس آن در مورد مسکن و توسعه پایدار شهری (هبیتات ۳، ۲۰۱٦) قابلیت انعطاف‌پذیری شهر، پایداری اقلیم و محیط زیست و مدیریت بحران (DRM) را به عنوان مسائل کلیدی برای توسعه پایدار شهری برای ۲۰ سال آینده در نظر گرفت. همچنین در کنگره هواشناسی جهانی در ژوئن ۲۰۱۵ (قطعنامه ٦٨)، سازمان هواشناسی جهانی[4] (WMO) بر کمکی که اقلیم و محیط زیست در مواجهه با مخاطرات طبیعی به شهرها می‌کنند، تأکید کرد. تشکیل کمیته اقلیم‌شناسی شهری و ساختمان در WMO در سال‌های ۱۹۷۰ در راستای رسیدن به این اهداف است (Baklanov et al, 2018: 331).

طبق پنجمین گزارش هیئت بین دولتی ارزیابی تغییر آب‌وهوا[5] (IPCC)، پیش‌بینی می‌شود که تغییرات میانگین دمای سطح

1 Urban Canopy Layer (UCL)
2 passive
3 Penwarden
4 World Meteorological Organization
5 Intergovernmental Panel on Climate Change

جهانی در سال ۲۱۰۰ به ۴/۸ درجه سانتیگراد برسد (Elwy, 2018: 30). این در حالی است که شهرهای بزرگ با جمعیت بالای یک میلیون نفر در مقایسه با مناطق روستایی و حومه شهر، افزایش دمایی ۱ تا ۱۲ درجه سانتیگراد را تجربه می‌کنند (Herath, 2018: 692). در سال‌های اخیر، به اقلیم‌شناسی شهری و کاربرد آن در برنامه‌ریزی و طراحی اهمیت زیادی داده شده که تهیه و استفاده از نقشه‌های شهری به منظور تجزیه و تحلیل و ارزیابی اطلاعات محیط زیست شهری در دو بعد، از جمله این اقدامات است. اصطلاح نقشه «اقلیم شهری[1]» در ابتدا به وسیله یک محقق آلمانی به نام کناخ[2] در دهه ۱۹۵۰ (LIU, 2017: 262) پیشنهاد شد. از این نقشه‌ها برای نشان دادن پدیده‌های اقلیمی و مشکلات آن استفاده می‌شود (Hai, Feng, 2018: 1140). عموماً مدل‌های اقلیمی شهری براساس زمینه کالبدی و دقت دمایی و فضایی‌شان تفاوت دارند (Karamirad et al, 2018: 186).

مشکلاتی که ناشی از تغییر خرداقلیم رخ می‌دهد باعث عکس‌العمل‌های گوناگونی در محیط می‌شود و افراد واکنش‌های بیولوژیکی و رفتاری متفاوتی برای رسیدن به حالت تعادل فیزیک و روانی از خود نشان می‌دهند؛ مانند تغییر لباس، استفاده از سایبان و غیره و بدین معناست که عادات رفتاری افراد تغییر می‌کند و یا در شرایط دمایی نامناسب ناگزیر به ترک محل می‌شوند. در حالی که می‌توان عوامل اقلیمی را با متغیرهای محیطی کنترل کرد. تحت شرایط مختلف آب‌وهوایی، تروسون[3]، زنگ[4] و ونگ[5] فضاهای عمومی با عملکردهای گوناگون را مطالعه کردند که اطلاعات ارزشمندی را برای درک اثرات اقلیمی فضای باز بر احساس گرمایی مردم و میزان استفاده آنان از فضای بیرون فراهم آورد (Hou, 2017: 529).

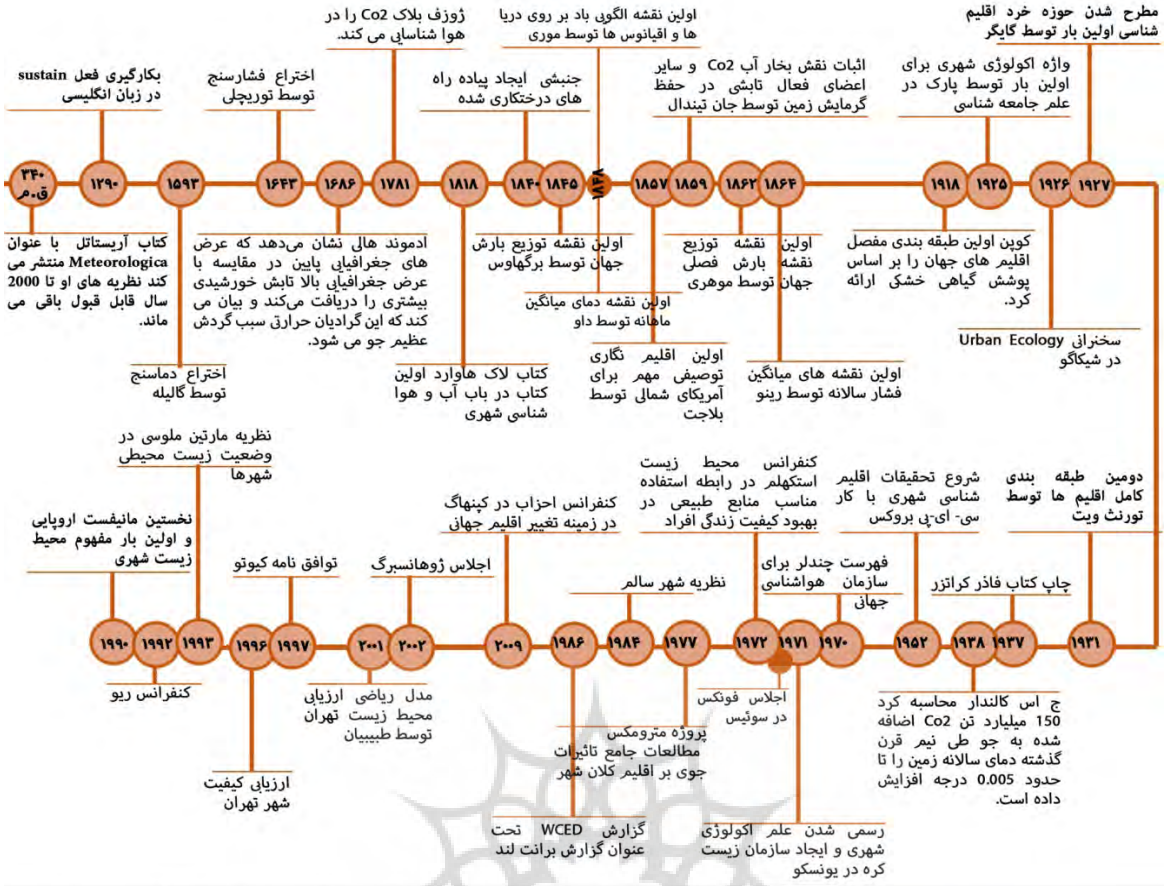
تصویر شماره ۱ روند تاریخی علم اقلیم‌شناسی شهری و همچنین میزان استفاده از واژه‌های خرداقلیم، آسایش حرارتی و شبیه‌سازی انرژی را در ادبیات علمی و کتب منتشرشده در قرن گذشته نشان می‌دهد. به طرز ملموسی با تحولات جهانی، سیر استفاده از این واژگان فراز و نشیب داشته است.

در رابطه با نحوه مطالعه فضاهای شهری، کولوکوترونی[6] و همکاران از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی پارامترهای خرداقلیم شهری استفاده کردند. همچنین از روش‌های مدل‌های تعادل انرژی (EBM)[7] و شبیه‌سازی رایانه‌ای دینامیک سیالات[8] (CFD) برای تجزیه و تحلیل خرداقلیم شهری استفاده می‌شود و گاهی این دو روش باهم تلفیق می‌شوند (Toparlar, 2018: 852). با این وجود بیشتر مطالعات به صورت میدانی و آزمایشگاهی بود و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی جز در دهه‌های اخیر توسعه نیافته بودند. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی به منظور تدقیق اثر این عوامل و موارد دیگری مانند فرم، جهت‌گیری، مصالح و غیره در سال‌های اخیر رشد فراوانی داشتند که تنوع بالایی از امکانات را با توجه به نیاز کاربر در اختیار وی قرار می‌دهد. از نظر راستی و دقت نتایج تفاوت زیادی بین آنها وجود دارد. همچنین حوزه عمل متفاوتی دارند و بیشتر نرم‌افزارهای موجود در حیطه فضای داخلی ساختمان توسعه یافتند. جدول شماره ۱ به معرفی این نرم‌افزارها پرداخته است.

جدول شماره ۱: مقایسه نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی (Li, 2017: 86-90) و (Jarić and others, 2013: 107)

نرم‌افزار	ورودی داده	قابلیت اطمینان	مرحله طراحی مورد استفاده
DOE-2 , EnergyPlus , HAM-Tools, designPH, Tools, ESP-r, TAS and Ladybug Grasshopper	۱-۲-۳-٤-٦-۷	بالا	تمام مراحل HAM-Tools مرحله جزئیات designPH و Grasshopper مرحله اولیه
eQUEST, IDA ICE	۲-۳-٤-٥-٦-۷	متوسط تا بالا	مراحل اولیه طراحی
Ecotect, Vasari, EE, EcoDesigner	Ecotect و Vasari ۱-۲-۳-٤-٦-۷		تمام مراحل طراحی
RIUSKA, DesignBuilder Simergy, DPV, ZEBO, BSim, IDA ESBO, VIP-Advisor, iDbuild, Energy, IES VE, MIT Design TRNSYS	۲-۳-٤-٥-٦-۷ VIP-Energy و iDbuild و ۱-۲-۳-٤-٦-۷TRNSYS	متوسط	مراحل اولیه طراحی ZEBO مرحله جزئیات
BDA, ECOCITIES	۲-۳-٤-٥-٦-۷	متوسط تا کم	تمام مراحل Derob-LTH و Sefaira و ECOCITIES مرحله اولیه
Derob-LTH, Energy Analysis for Revit, GBS, Sefaira, OpenStudio	۱-۲-۳-٤-٦-۷		
BV2-arch, EHK, Energy10, Insight	۲-۳-٤-٥-٦-۷	کم	مراحل اولیه طراحی Energy10 مرحله جزئیات

1 Urban Climate Map (UCMap)
2 Prof. Knoch
3 Thorsson
4 Zeng
5 Wang
6 Kolokotroni2 Prof. Knoch
7 Energy Balance Models
8 Computational Fluid Dynamics



تصویر شماره۱: بالا: روند تاریخی علم اقلیم‌شناسی شهری، پایین: میزان استفاده از واژه‌های خرداقلیم[1]، آسایش حرارتی[2] و شبیه‌سازی انرژی[3] در ادبیات علمی (https://books.google.com/ngrams)

۱-داده‌هـــای اقلیمی ۲- سیستم گرمایشی، سرمایشی ۳- جهت‌گیری ۴- فرم ساختمان ۵- منطقه جغرافیایی ۶- U-value ۷- AirFlow

نرم‌افزارهای بالا همگی به منظور شبیه‌سازی انرژی در داخل ساختمان به کار می‌روند، به جز ESP-r و EcoCities که هم قابلیت استفاده برای داخل و هم فضای بین ساختمان‌ها را دارند اما برای فضاهای شهری بزرگ مناسب نیستند. بیشتر مدل‌هایی که برای اقلیم شهری تدوین شدند (مانند گراس[4] و میسن[5]) برای مقیاس‌های بزرگ به کار می‌روند و به همین دلیل برای مقاصد برنامه‌ریزی شهری مناسب هستند (Rezazadeh, Aghajan Beiglou, 2011: 170). در این میان نرم‌افزار Envi-Met به طور تخصصی برای شبیه‌سازی محیط‌های شهری طراحی شده که نخستین نسخه آن ۱۹۹۴ در آلمان ارائه شد و نسبت به سایر نرم‌افزارها از جامعیت بیشتری برخوردار است.

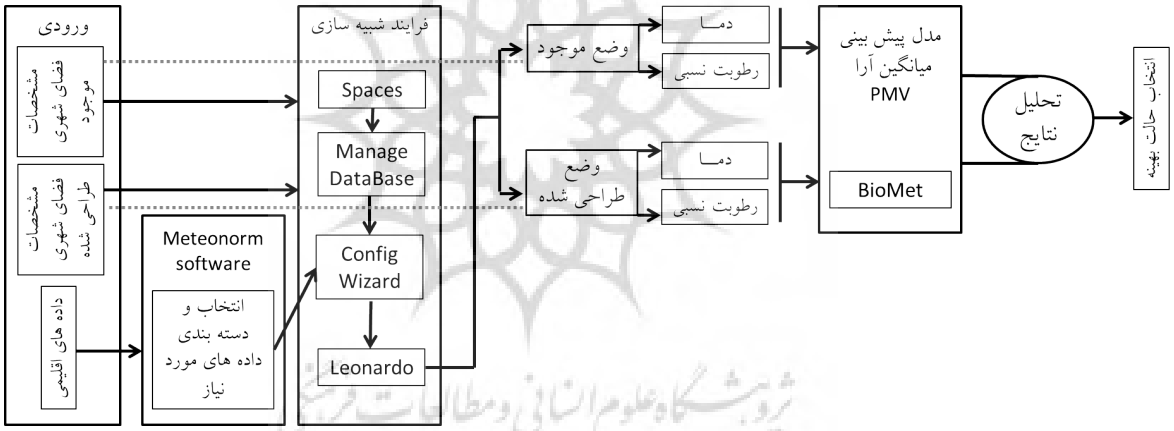
1 MicroClimate
2 Thermal Comfort
3 Simulation Energy
4 Gross
5 Masson

۳. روش

رویکرد این مقاله کمی بوده و با استدلال منطقی و سنجش با مدل‌سازی واقعی در محیط شهری صورت گرفت. در ابتدا محدوده مورد مطالعه، محله ازگل تهران انتخاب شد. داده‌های مورد نیاز در ارتباط با فضای شهری موجود به صورت میدانی و داده‌های اقلیمی با استفاده از بررسی اسناد به دست آمد. برای روز شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Meteonorm 7.2 و آمار ۱۰ ساله بیشینه دمای تهران، ۲۹ تیر با بیشترین دمای ثبت شده ۴۱/۵۶ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد. شبیه‌سازی مرکز محله در دو حالت وضعیت موجود و وضعیت طراحی شده و پیشنهادی، در نرم‌افزار Envi-Met4 انجام گرفت، سپس از نرم‌افزار Leonardo خروجی‌های لازم به دست آمد. برای تحلیل نتایج از مدل پیش‌بینی میانگین آرا و با شاخص PMV میزان آسایش حرارتی و با استفاده از نرم‌افزار Bio-Met بهره گرفته شد و با مقایسه نتایج به دست آمده از این وضعیت، میزان تأثیر طراحی بر تغییر عوامل خرداقلیم سنجیده شدند. در انتها به منظور راستی‌آزمایی نتایج، با اندازه‌گیری دما در روز ۸ ژانویه به صورت میدانی و مقایسه با نتیجه به دست آمده از نرم‌افزار، اعتبار پژوهش ارزیابی شد. تصویر شماره ۲ روند پژوهش را نشان می‌دهد.

۳،۱. منطقه مورد مطالعه

محله ازگل واقع در ناحیه ۹ منطقه یک شهرداری تهران و موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ارتفاع حدود ۱۱۸۹ متری از سطح دریا در دامنه جنوبی کوه‌های البرز قرار دارد و از لحاظ خرداقلیم تا حدود زیادی از عوارض طبیعی شمال شهر تأثیر پذیرفته است. این محله بخشی از منطقه قدیمی شمیران واقع در شمال شهر تهران است که ویژگی‌های طبیعی منحصر به فردی دارد و با دارا بودن محیط طبیعی غنی، منبع خدمات زیست‌محیطی برای مناطق اطراف و شهر شده است. محدوده شمال شهر تهران از حدود دهه ۶۰ میلادی تاکنون یکی از بخش‌های مهم شهر تهران به حساب می‌آمده است. وجود باغ‌ها، دره‌ها و نزدیکی به کوهپایه باعث شد که این منطقه از دیرباز به عنوان ییلاق تهران مطرح شود (طرح تفصیلی منطقه ۱: ۶). این محله از شمال به کوه‌های البرز از جنوب به تپه گزو و از شرق به بیابانک می‌رسد. ازگل محله‌ای است که در یك ناحیه به نسبت همگن جغرافیایی قرار گرفته که ۷۰ درصد آن کوهستان است و تحت تأثیر کوه‌های البرز قرار دارد (Hosseini, 2010: 2).



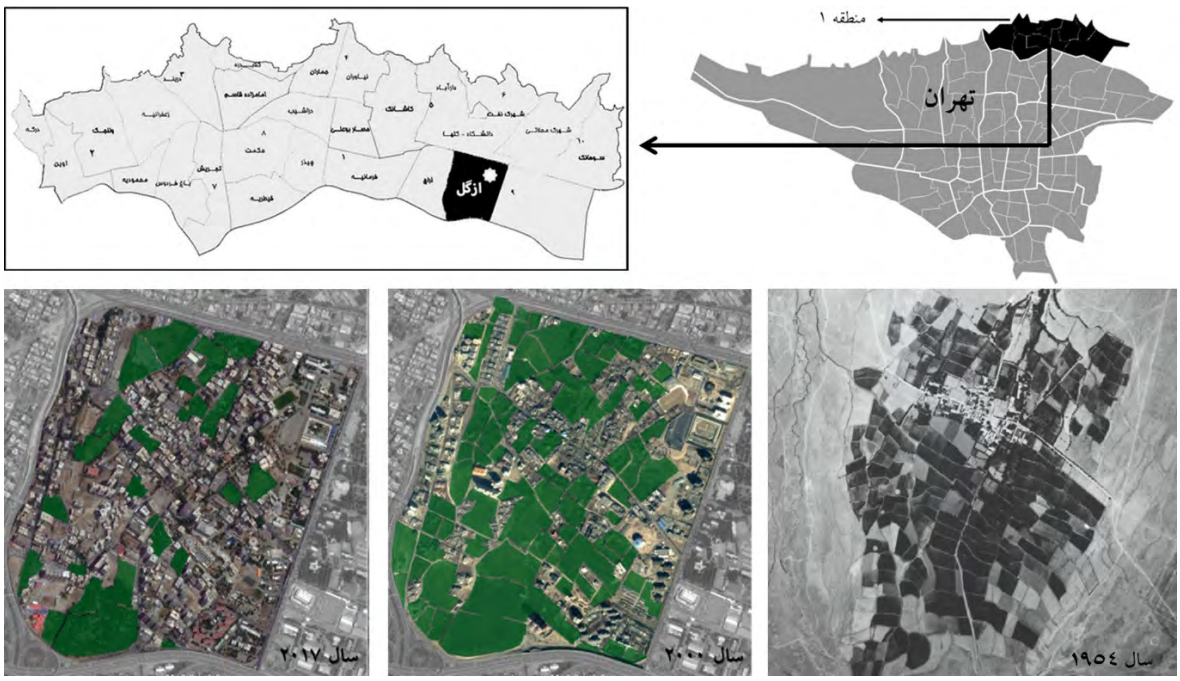
تصویر شماره ۲: مسیر فرآیند پژوهش

با توسعه شهر تهران از شمال، بسیاری از روستاها از جمله ازگل دستخوش تغییرات بسیاری شد. فرایند توسعه شهرها اغلب با تخریب اکوسیستم‌ها همراه است. عکس‌های هوایی محله ازگل از سال ۱۹۵٤ تا ۲۰۱۷ هـ. ش. به خوبی روند کاهش باغ‌ها و فضای سبز این محله را نشان می‌دهد.

فضای سبز محلی ازگل از جمله مسائل با اهمیت و نیازمند توجه است و بخش مهمی از هویت آن را می‌سازد. در عین حال به دلیل کم‌توجهی و سوء استفاده مالکان در سال‌های اخیر به طرز قابل ملاحظه‌ای از مساحت آن کاسته شده است. تصویر شماره ۳ توسعه محدوده را در سه زمان متفاوت نشان می‌دهد. روستای ازگل و پس از توسعه محله ازگل، در دو زمان با اختلاف ۱۷ سال و همان طور که مشاهده می‌شود، مساحت باغ‌ها و فضای سبز، در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ م. و در طی ۱۷ سال به کمتر از یک سوم رسیده و قبل از آن، در سال ۱۹۵۴ حدوداً ۱۰ درصد روستا به ساخت‌وساز اختصاص داشته است.

۳،۲. شبیه سازی

با توجه به اهمیت مراکز محله در پویایی و سرزندگی آنها، ایجاد تمهیدات آسایشی به نحوی که باعث افزایش حضور افراد در فضای عمومی شود، ضروری است. از آنجایی که هدف پژوهش یافتن رابطه بین فضای سبز، سطح سایه‌اندازی و ایجاد شرایط آسایشی است و مرکز محله موجود به دلیل همجواری با پارک اصلی محله از فضای سبز غنی در حال حاضر برخوردار است، با طراحی مرکزی جدید (با در نظرگیری نیاز محله) و بررسی وضع موجود آن و حالت ایده‌آل طراحی شده، به ترسیم تفاوت شرایط خرد اقلیم در این محل پرداخته شد.



تصویر شماره ۳: در بالا موقعیت منطقه یک شهرداری در شهر تهران (راست) و محل دقیق محله ازگل در این ناحیه (چپ) مشخص است و در پایین راست: ازگل ۱۹۵۴ میلادی (سازمان جغرافیایی ارتش) وسط: ازگل در سال ۲۰۰۰ میلادی، چپ: ازگل ۲۰۱۷ میلادی (Google Earth)،

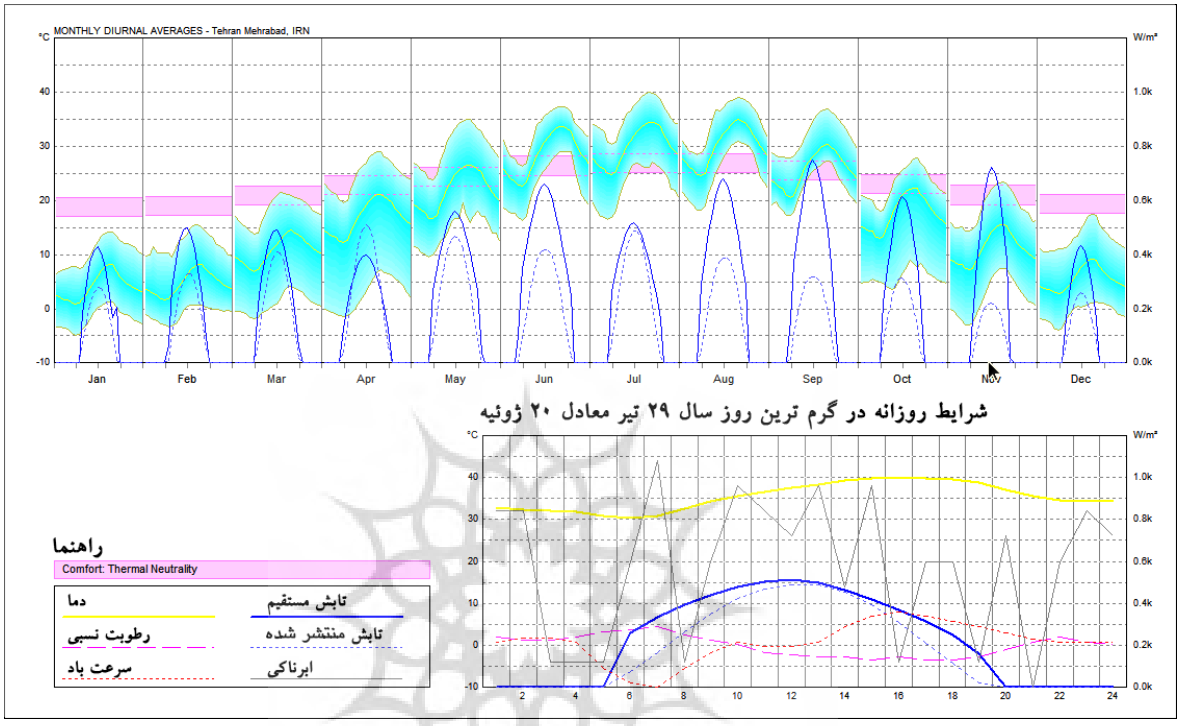
تصویر شماره ٤: نحوه تقسیم محله به پنج زیر محله

برای شروع ابتدا محله به چندین زیرمحله تقسیم‌بندی شد. نفوذپذیری بیشتر پلاک‌ها و دسترسی مناسب، دلیل تقسیم محله به پنج زیر محل اصلی است. برای هر زیرمحله، مرکز کوچکی در نظر گرفته شد که با اختلاط کاربری غنی در آن نقاط، لزوم رفتن تا مرکز اصلی محله کمتر می‌شود. چگونگی انتخاب این زیرمحلات با توجه به مساحت محله و فاصله مراکز خرد از مرکز اصلی تعیین شد. گره‌های در نظر گفته شده تقریباً در فاصله ۴۰۰ متری از میدان ازگل قرار گرفتند که فاصله متناسب پیاده‌روی است. میدان ازگل، به‌عنوان مرکز اصلی موجود، در نقطه ثقل محله واقع نشده و فاصله آن از بسیاری نقاط مناسب نیست پس در محل تقاطع زیر محلات یک مرکز اصلی دیگر در نظر گرفته شد. به عبارتی ازگل در طرح پیشنهادی دارای دو مرکز اصلی در محل تقاطع زیرمحلات و پنج زیر محله خردتر است. در تصویر شماره ۴ نحوه تقسیم‌بندی نشان داده شده است. مرکز جدید سایت مورد نظر برای بررسی اثر گیاهان بر خرداقلیم انتخاب شد. مساحت محدوده شبیه‌سازی شده ۴۰ هزار مترمربع است.

برای آزمون میزان موفقیت طرح ارائه شده، مرکز محله طراحی شده با نرم‌افزار Envi_Met مورد آزمون قرار گرفت. برای شبیه‌سازی بایستی روزی از سال را در نظر گرفت که بیشترین نیاز به سرمایش و یا گرمایش باشد. با توجه به این که در این تحقیق اثر حرارتی گیاهان بررسی می‌شود و درختان بیشتر در فصول گرم سال هستند، برای روز شبیه‌سازی، از میانگین ۱۰ ساله اخیر، بیشینه مقدار در ماه جولای و با دمای ۴۱/۵۶ در روز ۲۰ ژوئیه انتخاب شد. تصویر شماره ۵ خلاصه اطلاعات اقلیمی به دست آمده از سایت هواشناسی است که با استفاده از نرم‌افزار WeatherTool به‌صورت نمودار درآمده است. نمودار زیر در بالا نیاز به سرمایش و گرمایش را در فصول مختلف و در پایین شرایط اقلیمی در روز منتخب شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. ماه جولای، گرم‌ترین ماه سال که

برای رسیدن به آسایش، بیشترین نیاز به سرمایش در محیط است و آمار میانگین بیشینه دما در ۱۰ سال نیز این را تایید می‌کند. سایر اطلاعات آمده در این نمودار در فرآیند شبیه‌سازی به عنوان داده‌های خام ورودی استفاده شده است.

به دلیل این که آسایش حرارتی در فضای شهری برای افراد پیاده در نظر گرفته شده، ارتفاع محاسبات در فاصله ۱/۶۵ متری از سطح زمین انجام شد. ساعت شبیه‌سازی نیز در دو ساعت ۱۲:۰۰ و ۱۵:۰۰ است. با توجه به روز شبیه‌سازی که گرم‌ترین روز تابستان است، ضریب پوشش (clo) I_{cl} با در نظر گیری عرف جامعه (شلوار، پیراهن آستین کوتاه) ۰/۵۷ در نظر گرفته شد (Ashrae, 2013: 2) و میزان فعالیت «حالت پیاده‌روی» در نظر گرفته شده که البته در صورت توقف و نشستن در فضا این میزان آسایش به خاطر کم شدن فعالیت فرد بیشتر می‌شود.



تصویر شماره ۵: شرایط عناصر اقلیمی در ۲۰ ژوئیه در شهر تهران (خروجی از نرم‌افزار WeatherTool)

۳،۳. شاخص PMV

از ۱۹۲۰ مطالعاتی روی محیط‌های حرارتی انسان انجام شده (Houghten and Yaglou, 1923) و شاخص‌های مختلفی بیشتر براساس دما و رطوبت نسبی توسعه یافتند. یکی از مفاهیم کلاسیک برای توصیف درک بدن انسان از شرایط دمایی به وسیله فنگر (Fanger, 1972) در دهه ۷۰ ارائه شد. وی «آسایش حرارتی» را با رضایت‌مندی فرد در محیط بیرونش توصیف می‌کند و شاخص فیزیولوژیکی PMV را برای کمیت پذیری آسایش حرارتی تعریف کرد. بعد از آن شاخص‌های دیگری از جمله دمای معادل فیزیولوژیکی[1] PET (Matzarakis et al, 1999; Mayer and HÖppe, 1987) و بعدها شاخص جهانی دمایی اقلیمی[2] UTCI (Hoppe, 2002) ارائه شدند (Lenzholzer, Klemm, and Vasilikou, 2018: 232).

مدل پیش‌بینی میانگین آرا (PMV) تاکنون مؤثرترین شاخص در تئوری و عمل است. PMV روش‌هایی برای تعیین و تفسیر آسایش حرارتی ارائه می‌دهد. فنگر براساس مطالعات انجام شده و ثبت عکس‌العمل گروه کثیری از شرکت‌کنندگانی که در مقابل شرایط دمایی متفاوت قرار گرفتند، این شاخص را فرموله کرد.

در این معادله شش متغیر منظور شده که عبارتند از دمای هوا، درجه حرارت تابشی، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، نوع پوشش و میزان متابولیسم (فعالیت فرد). همچنین نحوه ارتباط آنها را با یکدیگر و تأثیری که بر هم دارند. بنابراین شاخص PMV را می‌توان به طیف وسیعی از شرایط محیطی اعمال کرد و برای انواع دما، متوسط دمای تابشی، سرعت هوا، رطوبت هوا، متابولیک و پوشش‌های مختلف محاسبه کرد. برنامه‌های زیادی قادر به انجام محاسبات آن هستند. هنگامی که نوسانات جزئی در یک یا چند متغیر اتفاق می‌افتد، حالت پایدار شاخص می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Vadodaria, 2014: 43).

مقیاس حساسیت حرارتی که برای استفاده در سنجش حس گرمای حرارتی افراد توسعه داده شده از منفی ٤ تا مثبت ٤ متغیر است که از سرد تا گرم حس می‌شود (Gherraz, Guechi, and Benzaoui, 2018: 3). یعنی هر چه از صفر دورتر می‌شویم، میزان آسایش کمتر می‌شود. شرایط PMV زیر صفر برای رسیدن به آسایش نیازمند گرمایش و بالای صفر نیازمند سرمایش است. در این پژوهش از این شاخص برای بررسی میزان آسایش بهره برده شده است.

1 Physiological Equivalent Temperature
2 The Universal Thermal Climate Index

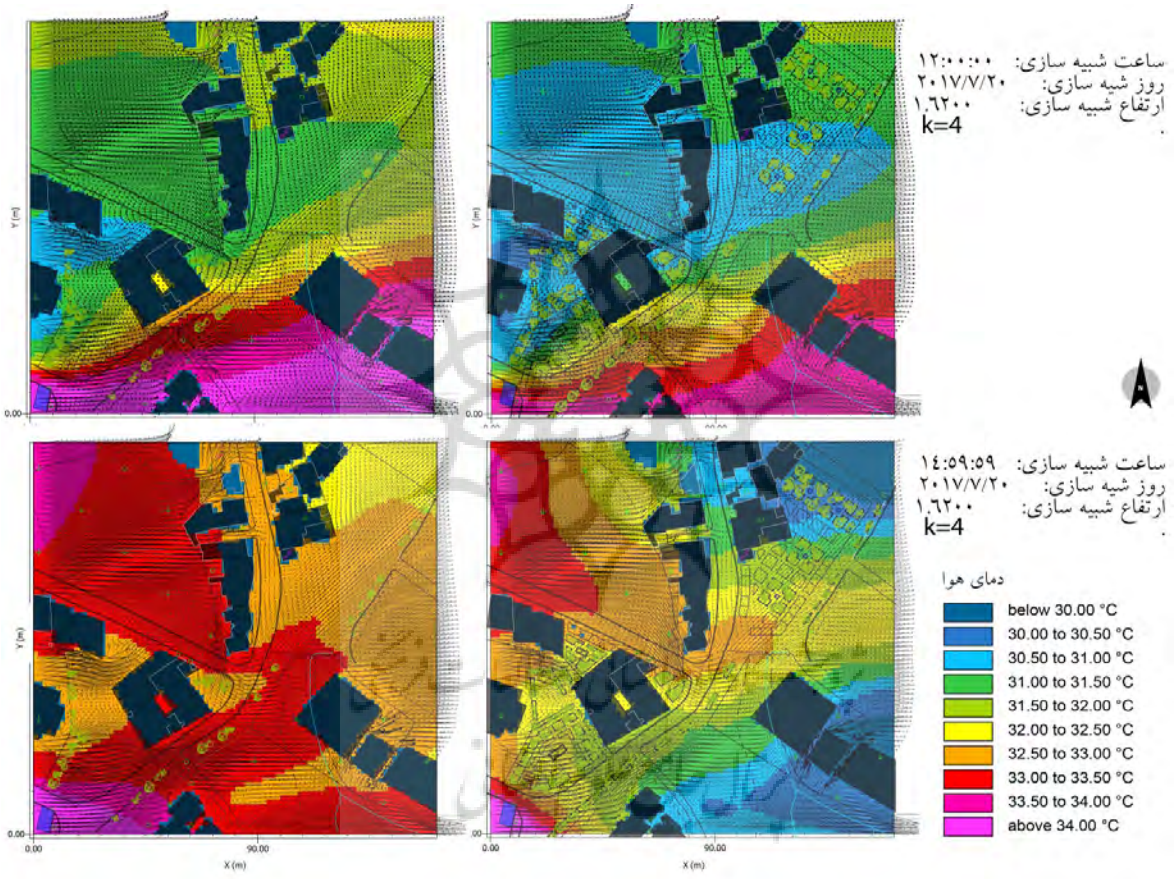
٤. بحث و یافته‌ها

٤،١. نتایج اولیه

در تصویر شماره ۶، هرچه رنگ‌ها از طیف گرم به طیف سرد نزدیک می‌شوند، شرایط دمایی خنک‌تر شده و با نگاهی اجمالی و قبل از وارد کردن این نتایج در مدل PMV تغییرات محسوس دمایی در محیط دیده می‌شود. به خصوص در ساعت ۱۲:۰۰ در نقاط مورد مداخله طرح در محدوده آسایش قرار گرفته است. گرچه این شرایط در ساعت ۱۵:۰۰ کمتر می‌شود اما در مقایسه با وضع موجود در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد و باید توجه داشت که شرایط درنظر گرفته شده برای شبیه‌سازی، حالت بحرانی گرم‌ترین روز سال در ۱۰ سال است. در این نتایج پلاک‌های ساخته شده با رنگ تیره نمایش داده شده است. مقایسه دو حالت نشان می‌دهد، حالت طراحی شده دمایی حدود ۱/۵ تا ۲ درجه خنک‌تر از وضع موجود است و مؤثر بودن طراحی بر اساس اقلیم و شرایط محیطی محدوده را تأیید می‌کند.

تصویر شماره ۷ وضعیت رطوبت نسبی در محیط را نشان می‌دهد. آنچه از نتایج برآمد، یکسان بودن تقریبی آن در دو حالت وضعیت موجود و شرایط طراحی شده بود که به علت گرمای زیاد و خشکی هوا، تبخیر سطحی از برگ درختان اضافه شده به محیط تأثیر محسوسی بر رطوبت کلی محدوده ندارد. از آنجا که افزایش رطوبت نسبی تا حدی می‌تواند شرایط محیط را از حالت آسایش خارج کند، ثبات آن در کنار کاهش دما اثر مطلوب‌تری دارد.

طبق انتظار، نتایج اولیه حاکی از تغییرات مثبت در جهت افزایش آسایش در محیط بیرون است اما برای تدقیق میزان آسایش و نشان دادن پهنه‌هایی از سایت که دقیقاً در این محدوده قرار دارند، این نتایج با نرم‌افزار BioMet مورد سنجش قرار داده شد.

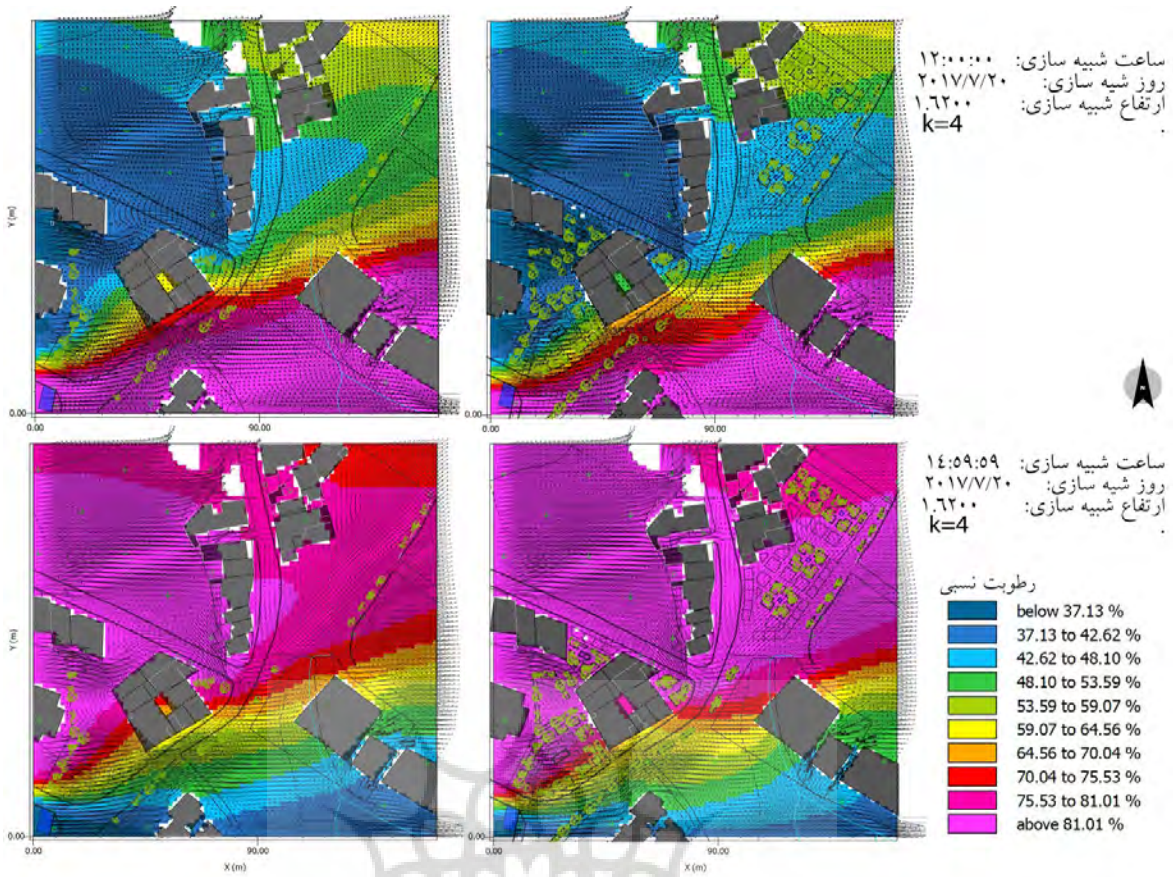


تصویر شماره ۶: دمای هوا، ردیف بالا ساعت ۱۲:۰۰ ظهر، ردیف پایین ۱۴:۵۹ بعدازظهر، سمت راست طرح پیشنهادی، سمت چپ حالت وضع موجود

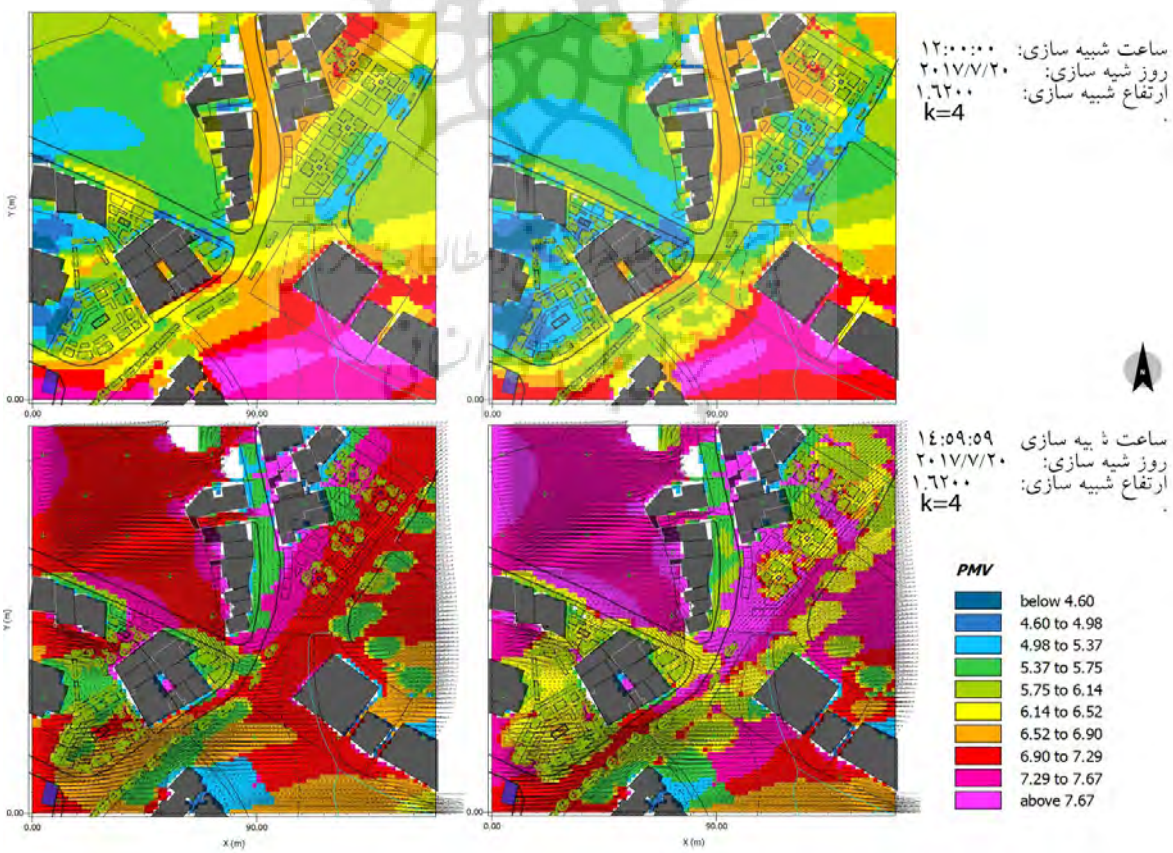
۴،۲. تحلیل نتایج

بعد از شبیه‌سازی و به دست آمدن دما و رطوبت نسبی برای سنجش میزان آسایشی که در محیط فراهم شده، محاسبات Envi_Met را وارد محیط BioMet کرده و نتایج نهایی به دست آمد. آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که بیانگر رضایت از محیط حرارتی اطراف است. از آنجا که تنوع زیادی وجود دارد و در دو بعد فیزیولوژیکی و روان‌شناختی تفاوت ایجاد می‌شود، بسیار سخت است بازه‌ای را برای شرایط آسایش تعریف کرد. تصویر شماره ۸ محیط را براساس میزان برخورداری از آسایش نشان می‌دهد.

در این تصویر، آسایش حرارتی براساس مدل میانگین ارا سنجیده شده است. تفاوت زیادی بین خروجی‌های ردیف بالا که ساعت ۱۲ ظهر را نشان می‌دهد و ردیف پایین در ساعت ۱۵ است. یکی از مهم‌ترین علت‌های آن علاوه بر تغییر زاویه تابش که در گرم شدن محیط مؤثر است، گرم شدن جداره‌های شهری با توجه به جرم حرارتی مصالح مورد استفاده در آنهاست که در این مقاله به آن پرداخته نشده است. در این پژوهش صرفاً اثر گیاهان مدنظر بوده تا بتوان با یکسان در نظر گرفتن سایر متغیرها، تأثیر گیاهان در محیط شهری را مشاهده کرد. به همین منظور مقایسه صورت گرفته بین پلان‌ها در سمت راست و چپ، یعنی حالت طراحی شده با اضافه شدن گیاهان و حالت بدون آنها در وضع موجود است.



تصویر شماره ۷: رطوبت نسبی ، ردیف بالا ساعت ۱۲:۰۰ ظهر، ردیف پایین ۱۴:۵۹ بعدازظهر، سمت راست طرح پیشنهادی، سمت چپ حالت وضع موجود



تصویر شماره ۸: بررسی شرایط آسایش، ردیف بالا ساعت ۱۲:۰۰ ظهر، ردیف پایین ۱۴:۵۹ بعدازظهر، سمت راست طرح پیشنهادی، سمت چپ حالت وضع موجود

٤،٣. اعتبارسنجی

اعتبارسنجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی محیط، با توجه به متغیرهای فراوان و تأثیر آنها در نتایج نهایی، ضروری است. در بررسی‌های علمی دو روش معمول است. شبیه‌سازی یک فضای واحد با استفاده از دو نرم‌افزار متفاوت و در صورت یکسان بودن داده‌ها، نتایج نهایی معتبرند. روش دوم، مطالعه میدانی یک فضا و مقایسه اطلاعات اقلیمی آن با خروجی نرم‌افزار است که در صورت عدم مغایرت، صحت نتایج اثبات می‌شود. در اینجا از روش دوم استفاده شده است. در تصویر شماره ۹، شبیه‌سازی در شرایط زمستان و با دمای ۷ درجه سانتیگراد در روز ۸ ژانویه ۲۰۱۸ با رطوبت نسبی ۲۱ درصد و باد ۹ کیلومتر بر ساعت با پوشش ابر صفر درصد صورت گرفته (m.accuweather.com/en/ir/Tehran/210841/hourly-weather) است. یکسانی دمای اندازه‌گیری شده در خیابان در همین روز و دمای به دست آمده از نرم‌افزار، صحت نتایج را اثبات می‌کند.

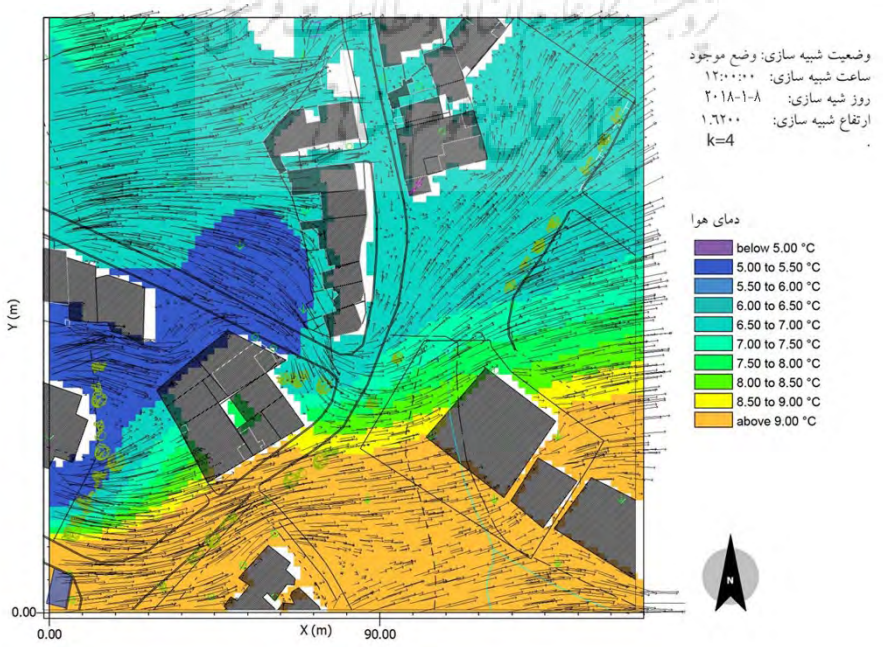
٥. نتیجه‌گیری

گیاهان بخش اساسی هر جامعه در یک منطقه شهری هستند. سایه و پوشش آنها شرایط مطلوبی برای فعالیت در فضای باز و تفریح فراهم می‌کند. الگوهای رفتاری انسان‌ها تا حد زیادی تابع شرایط محیط پیرامون آنهاست. تأمین احساس آسایش در محیط زیست انسان، بدون شك بر کیفیت رفتار و فعالیت وی مؤثر است؛ از این رو، توجه به منطق آسایش افراد در طراحی فضاهای مختلف شهری، در سلامت جسم و روح آنها تأثیر بسزایی دارد. گیاهان با سایه‌اندازی روی سطوح و تبخیر سطحی از برگ‌ها، دما و رطوبت نسبی، محیط را تغییر می‌دهند. با توجه به اقلیم تهران، با کاشت این میزان فضای سبز، تغییر محسوسی در رطوبت نسبی پدید نمی‌آید که تغییر مثبتی است زیرا کاهش دما با یکسان بودن رطوبت نسبی، آسایش بیشتری برای افراد فراهم می‌کند.

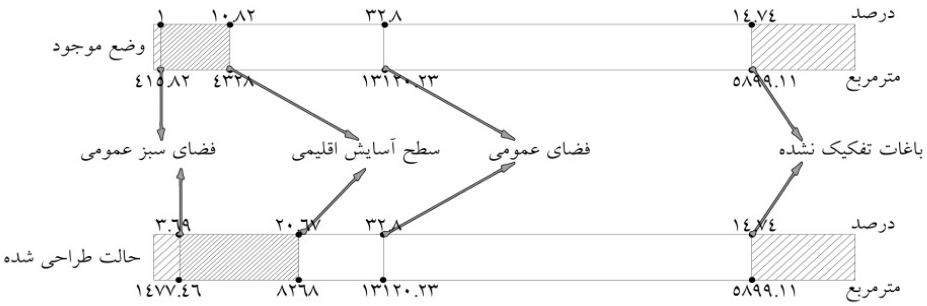
کل مساحت فضای سبز که در طراحی جدید به مرکز محله اضافه شد، ۱۴۷۷/۴۶مترمربع است که ۳/۶۹ درصد از سایت را تشکیل می‌دهد و با افزودن این میزان سبزینگی، محدوده آسایش از ۱۰/۸۲درصد به ۲۰/۶۷ درصد ارتقا پیدا کرد. شاید اینگونه به نظر برسد که سطح فضای عمومی که در محدوده آسایش قرار گرفته، کمتر از حد انتظار است اما با توجه به محدودیت‌های طراحی که از چهار هکتار شبیه‌سازی شده، تنها ۳۲/۸ درصد از کل سایت فضای عمومی و قابل دخل و تصرف است -۱۳۱۲۰/۲۳ مترمربع- و باقی سایت را پلاک‌های شخصی و باغ‌های متروک تفکیک نشده تشکیل می‌دادند، پس دستیابی به این میزان اهمیت زیادی دارد. از طرفی روز منتخب برای شبیه‌سازی، بیشینه دما در ده سال اخیر را داشته و این به معنی آسایش بیشتر در سایر روزهاست و روز بحرانی در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است.

اهمیت این نتایج در حفظ فضای سبز فعلی محله و ضرورت عدم تغییر کاربری باغ‌های باقی‌مانده آن - که در این سایت چهار هکتاری حدود شش هزار متر مربع است- و تأثیری که در خرداقلیم آن دارد، است. همان طور که در تصویر شماره ۱۰ مشاهده می‌شود، تنها با افزودن ۲/۶۹ درصد به فضای سبز موجود، سطح زیر آسایش دوبرابر وضعیت قبل از مداخله شد که با این وصف می‌توان به اهمیت بالای حفظ باغ‌ها در این محل پی برد.

از طرفی کاهش دمای ۱/۵ درجه‌ای زمانی ارزشمند به نظر می‌رسد که توجه شود، مسئله گرمایش جهانی در صد سال اخیر بر سر یک درجه اضافه شدن دما به کره زمین است. یعنی با تعمیم نتایج در کل محله و در مقیاسی بزرگتر در کل شهر، می‌توان تغییرات قابل توجهی را ایجاد کرد. در این مقاله تنها به طراحی مرکز محله اکتفا شده و پیشنهاد می‌شود برای پژوهش‌های آتی، علاوه بر فضای عمومی، با تدوین ضوابط ساخت‌وساز و تغییر کاربری، تغییرات دمایی در پلاک‌های شخصی نیز لحاظ شده و سایر فصول نیز در نظر گرفته شود.



تصویر شماره ۹: شبیه‌سازی در تاریخ ۸ ژانویه به منظور راستی آزمایی



تصویر شماره۱۰: مقایسه سطوح بین حالت موجود و طراحی شده

- Herath, H.M.P.I.K, Halwatura, R.U, Jayasinghe, G.Y. (2018). Modeling a Tropical Urban Context with Green Walls and Green Roofs as an Urban Heat Island Adaptation Strategy. 7th International Conference on Building Resilience; Using scientific knowledge to inform policy and practice in disaster risk reduction, Bangkok, Thailand. 691-698.
- Hosseini, Soheila, (2010), Description of Azgol neighborhood, Andisheh Saraye Shahr Institute, Tehran Municipality District 1 website. [in Persian]
- Hou, Tuoyu, Lu, Ming, Fu, Jingwan. (2017). Microclimate perception features of commercial street in severe cold cities. 9th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings. Chania, Crete, Greece. 528–535
- Jarić, Marko, Budimir, Nikola, Pejanović, Milica and Igor Svetel. (2013). A REVIEW OF ENERGY ANALYSIS SIMULATION TOOLS. 7th International Working Conference ''Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches'', 3rd – 7th June, 2013. year, Belgrade, Serbia. 103-110
- Karamirad, Sina, Aliabadi, Mohammad, Habibi, Amin, Vakilinejad, Roza, (2018), Measuring the Impact of Vegetation on Pedestrians Thermal Comfort Conditions, Anjoman Elmi Memari va Shahrsazi Iran journal, Volume 8, Issue 14, Pages 185-196. [in Persian]
- khalife gholi, aleme (2017), simulating the wind effect in designing the form of urban open spaces in order to improve environment comfort (case study: Sanglaj neighborhood in Tehran), master ofurban design, Department of Urban Design, Tehran Art University, Tehran. Iran. [in Persian]
- Lai, Xin, Tang, Yang, Li, Lei, Chan, PakWai, Zeng, Qingfeng. (2019). Study on microclimate observation network for urban unit: A case study

Refrences:

- Ashrae, (2013), ANSI/ASHRAE Addendum h to ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers, INC, Tullie Circle, NE Atlanta GA
- Baft-e-Shahr Consulting Architects Urban Planners, (2007), Detailed plan of Tehran Municipality's District One, Tehran. [in Persian]
- Baklanov, A, Grimmond, C.S.B , Carlson, D, Terblanche, D, Tang, X, et al. (2018). From urban meteorology, climate and environment research to integrated city services. Urban Climate 23. 330-341.
- Ren Chao, Yan-yung, Ng Edward, Lutz, Katzschner. (2011). Urban climatic map studies: a review. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY. Int. J. Climatol. Published online in Wiley Online Library. 2213-2233
- Elwy, Ibrahim, Ibrahim, Yasser, Fahmy, Mohammad. (2018). Outdoor microclimate validation for hybrid simulation workflow in hot arid climates against ENVI-met and Field measurements. 5th International Conference on Energy and Environment Research. 29-34
- Gherraz, H, Guechi, I and A Benzaoui. (2018). Strategy to Improve Outdoor Thermal Comfort in Open Public Space of a Desert City, Ouargla, Algeria. 9th International Conference on Environmental Science and Development-ICESD. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 151, conference 1
- Hai, Ye, Feng, Qian. (2018). Thermalscape of Ecological City and its Visualized Evaluation. CUE2018-Applied Energy Symposium and Forum 2018: Low carbon cities and urban energy systems, Shanghai, China. 1139-1144

in a campus of Shenzhen, China. Physics and Chemistry of the Earth. 117-124.

- Lenzholzer, Sanda. Klemm, Wiebke and CarolinaVasilikou. (2018). Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. Urban Climate. Volume 23, Pages 231-249
- LI, BEIDI. (2017). Use of Building Energy Simulation Software in Early-Stage of Design Process, Degree Project No. 459, KTH Royal Institute of Technology Division of Building Technology, Department of Civil Engineering and Architecture. Stockholm, Sweden
- LIU, Shuyu, SONG, Daifeng, YU, Bo. (2017). The Objective and Methodology of Urban Climate Map for the City of Xiamen. International High Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference (SBE16). iHBE. 462-470.
- Mexia, Teresa, Vieiraa, Joana, Príncipea, Adriana et al. (2018).Ecosystem services: Urban parks under a magnifying glass. Environmental Research 160. 469–478
- Mohammadi, Hossein, (2012), Urban Meteorology, University of Tehran Press, Tehran. [in Persian]
- Rezazadeh, Razieh, Aghajan Beiglou, Emad, (2011), A New Massing Pattern for Row Housing A Comparison Between Two Massing Types of Residential Blocks Through Thermal Comfort, nameh memari va shahrsazi journal, Volume 4, Issue 7, Pages 165-184. [in Persian]
- Toparlar, Y, Blocken, B, Maiheu, B, et al. (2018). Impact of urban microclimate on summertime building cooling demand: A parametric analysis for Antwerp, Belgium. Applied Energy 228. 852–872
- Vadodaria, Keyur H. (2014). Thermal Comfort in UK Homes: How suitable is the PMV approach as a prediction tool? A Doctoral Thesis Submitted in partial fulfilment of the requirements for the award of Doctor of Philosophy of Loughborough University. UK.
- www.envi-met.com. 10/30/2018