

سنجش کمی اثرگذاری مورفولوژی بافت‌های شهری بر تغییرات دمای محیطی شهر

فرانک پورامین*، مصطفی بهزاد فر**، هادی رضایی راد***

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۱

چکیده

در دهه‌های اخیر، شهرنشینی و رشد سریع صنعتی شدن، سبب آزادسازی انرژی گرمایی زیاد و افزایش آلودگی هوا در ترازهای پایین جو شده و در نتیجه تغییرات زیادی را در کمیت‌های هواشناختی لایه مرزی جو شهری ایجاد کرده است. از این رو، پژوهش حاضر سعی در بررسی عوامل مورفولوژی و کالبدی مؤثر بر تغییرات دمای شهری در کلان‌شهر تهران را دارد. روش پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش کار و ماهیت، توصیفی همراه با انواع تحلیل‌های کمی و کیفی است. در این پژوهش با بهره‌گیری از ابزارهای سنجش از راه دور، نقشه دمای شهر تهران با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست به‌دست آمده است؛ که بر اساس بررسی نقشه تولیدشده، پهنه غربی شهر تهران به‌عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب گردیده و شاخص‌های کالبدی و مورفولوژی تأثیرگذار بر دمای شهری آن از طریق اسناد و پیمایش‌های میدانی به‌دست‌آمده است. در ادامه، رابطه و همبستگی میان عوامل مورفولوژی شهری مؤثر بر تغییرات دمای شهری در محدوده‌های مطالعه از طریق مدل‌سازی آماری کلاسیک مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و در نتیجه بررسی‌های ذکر شده، مؤثرترین عوامل در تشدید دمای هوای محدوده مورد مطالعه بدست آمدند.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح (LST)، رگرسیون خطی چند متغیره، landsat8، مورفولوژی بافت‌های شهری

* کارشناسی ارشد شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

F_pouramin@arch.iust.ac.ir

Behzadfar@iust.ac.ir

H.Rezaeirad@Basu.Ac.Ir

** استاد شهرسازی دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

*** استادیار شهرسازی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

مقدمه

با سکونت اکثریت جمعیت جهان در شهرها، بررسی این موضوع که آیا مناطق شهری می‌توانند دلیل تغییرات اقلیمی بی‌سابقه در قرن اخیر باشند یا خیر بسیار مهم و ضروری است. امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای جوامع و نهادها، انطباق مناطق شهری با تغییرات جوی و اقلیمی است. تأثیر شهرنشینی بر روی تغییرات جوی و لایه مرزی، خود را به صورت پدیده‌ای به نام جزایر حرارتی ظاهر می‌سازد که شار حرارتی بیشتر نسبت به محیط اطرافشان از خصوصیات آن است. در واقع ویژگی مهم جزایر گرمایی، افزایش دمای هوا در محیط‌های شهری نسبت به فضاهای پیرامونی و حومه است (Oke, 1973: 769-779).

تغییرات اقلیمی بر اثر توسعه شهری علاوه بر تأثیر بر تغییرات دمایی بر روی پارامترهای دیگر هواشناسی همچون بارش، رطوبت و کیفیت هوا تأثیر گذاشته و در زمان طولانی موجب تغییراتی در خرد اقلیم می‌شود (کاوپانی، ۳۳۷، ۱۳۸۰) و تغییرات دما که ناشی از ساخت‌وسازهای شهری بوجود آمده است، آسایش انسانی، مصرف انرژی و کیفیت هوا، افزایش غلظت آلاینده‌ها، کیفیت محیط‌زیست در شهرها، آسایش محیط داخلی و خارجی و سلامت انسانی را تحت تأثیر خود قرار داده است (Svensson & Eliasion, 2002: 135-149). رشد روزافزون جمعیت و وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر، افزایش رشد مصرف انرژی را در جهان به دنبال داشته است، به طوری که ۶۰-۸۰ درصد انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد (Grubler et al, 2012: 1307-1400).

نتایج تحقیقات بدست آمده به این امر اشاره دارند که شهرها مسئول تولید ۸۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان هستند و بخش زیادی از انتشار این گازها از شکل بافت شهری تأثیر می‌گیرند (Cuited Nations, 2007). توجه به این مسئله که بخش عمده‌ای از انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد و یکی از عوامل تأثیرگذار بر این امر ریخت و بافت شهری است و با در نظر گرفتن نقش ضوابط و مقررات شهرسازی در شکل‌دهی به بافت‌های شهری، تدوین چارچوبی به‌منظور کاهش دمای شهر و کاهش مصرف انرژی شهری، این ضوابط از منظر طراحی شهری و همچنین به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی و ارائه الگوهای توسعه، ضروری به نظر می‌رسد. از این رو پژوهش حاضر از طریق سنجش کمی اثرگذاری عامل‌های مورفولوژی بافت‌های شهری بر تغییرات دمای شهر به دنبال برقراری ارتباط علوم مرتبط با حوزه انرژی و چرخه آن همچون محیط‌زیست، هواشناسی، اقلیم‌شناسی و... با حوزه شهرسازی و طراحی شهری است.

ایران به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه و پایتخت آن با رشد روزافزون جمعیت، تمرکز ساخت‌وسازها، صنایع و سرمایه‌گذاری‌های عظیم مواجه و تغییرات اقلیمی کلی شهر تهران باعث گذار اقلیمی این شهر به‌سوی شرایطی گرم‌تر و مرطوب‌تر شده و اثرات مخرب آن بر آسایش انسانی، محیط‌های شهری و زندگی مردم ملموس است. بدین‌جهت طبق نقشه‌دماهی سطحی تولیدشده شهر تهران در فرآیند پژوهش، پهنه غربی شهر تهران که دارای بالاترین طبقه‌دماهی است به‌عنوان محدوده مطالعه انتخاب گردید. در واقع هدف از این پژوهش، بررسی، شناسایی و سنجش کمی اثرات عامل‌های مهم مورفولوژی بافت شهری بر افزایش دمای شهر، مصرف انرژی و سلامت انسانی است؛ که از طریق سنجش دمای شهر به دست خواهند آمد. از این‌رو پاسخ به سؤال زیر ضروری می‌نماید:

چگونگی ارتباط بین عوامل مورفولوژی شهری و تأثیر خصوصیات آن با تغییرات شدت دمای هوا در محدوده بافت‌های شهری مورد مطالعه و ارائه الگوی بهینه‌ای از طریق راهکارهای طراحی شهری در جهت تقلیل اثرات منفی شاخص‌های مورفولوژی شهری و کاهش شدت دمای هوا؟

مورفولوژی شهری

مورفولوژی شهری، رویکردی جهت مطالعه و طراحی فرم شهری است؛ که از دو مؤلفه کالبدی و فضایی طرح‌های ساختار شهری، بلوک‌ها، خیابان‌ها، ساختمان‌ها و فضاهای باز تشکیل شده است و در واقع بخشی از فرآیند تکامل بخش‌های شهر مورد نظر هستند؛ بنابراین مورفولوژی به دلیل نقش برجسته‌ای که در سازمان‌دهی بافت شهری دارد از اهمیت بالایی برخوردار است (Sanders, 2008, 1-8). عواملی چون نحوه پیکربندی ساختمان‌ها، خیابان‌ها و ویژگی‌های ساختمانی به‌عنوان ساختار اصلی مورفولوژی شهری شناخته می‌شوند. (Moudon, 1997: 3-10). اشکال شهری در جذب انرژی و تغییرات درجه حرارت محیط شهری از طریق نسبت فضاهای داخلی، خارجی و قرارگیری مسیرها، بسیار مؤثر هستند (Arsiya Ravari & Mazloomi, 2015: 91-103). نرو ریخت‌شناسی شهری و موارد مربوط به جنبه کالبدی فیزیکی با توجه به نگرش‌های اقلیمی، مرتبط با طراحی شهری است (Golany, 1995: 3-44).

بافت شهری

منظور از بافت شهری تلفیقی از تمام عناصر کالبدی و یک کلیت ارگانیک است که در تمام سطوح قابل مشاهده است (Kropf, 1996: 247-263). بافت عبارت است از میزان ریزی و درشتی مخلوط در یک حومه جدید که ممکن است دارای بافت درشتی از ساختمان‌ها و یا نوع خانوار باشد درحالی‌که یک بخش قدیمی مرکز شهر دارای بافتی ریز خواهد بود (مستوفی و دیگران، ۱۳۹۵). ترچ در این زمینه به عناصری نظیر موقعیت بنا در قطعه، طرح بنای داخلی، شبکه خیابان و بلوک‌ها می‌پردازد (Trache, 2001: 157-172). همچنین کروف از محققین برجسته در زمینه ریخت‌شناسی شهری نیز ترکیبی از عناصر ارائه شده توسط کاتزن و کانجیا را پیشنهاد داده و مهم‌ترین مفهوم از نظر او در مطالعات ریخت-گونه شناسی، مفهوم بافت شهری است؛ که در سطح کلی به‌عنوان ترکیبی از ساختار خیابان‌ها و بلوک‌ها شناخته می‌شود. او همچنین شش عنصر را به‌عنوان عناصر بافت شهری برمی‌شمارد و این عناصر را در سه سطح مختلف معرفی می‌نماید (Kropf, 1996: 247-263).

دمای شهر

افزایش جمعیت و فعالیت‌های انسانی سبب افزایش مصرف سوخت و تولید گرما می‌شود که تغییراتی در کاربری زمین و پوشش گیاهی به وجود می‌آورد (Landsberg, 1981: 7-10). این تغییرات سبب اختلاف درجه حرارت محیطی میان شهر و محیط اطراف آن است (Kim & Baik, 2005: 591-605)؛ که درواقع با پیشرفت شهرنشینی، مناطق ساخته‌شده جایگزین پوشش گیاهی می‌شوند و این جایگزینی از طریق به دام انداختن تابش ورودی خورشید موجب افزایش دمای سطح زمین (LST) می‌شود (Yang et al, 2017: 115-134). دمای سطح زمین نیز بیانگر محیط حرارتی شهری است (J. Sun et al, 2011: 1-16).

آسایش اقلیمی (حرارتی)

راحتی یا آسایش حرارتی به شرایطی از ذهن گفته می‌شود که احساس خرسندی از شرایط حرارتی محیط را القا کند (Ashrae, 1993: 1-5). به‌عبارت‌دیگر، راحتی حرارتی فرد به موقعیتی اطلاق می‌شود که فرد از نظر احساسی و فکری در شرایط آسایش حرارتی قرار داشته باشد. بسیاری از محققان بر این باورند که بی‌طرفی حرارتی تفسیر دقیق‌تری از

آسایش حرارتی است، زیرا در چنین شرایطی، بدن انسان نه سرما را احساس می‌کند، نه گرما، آسایش حرارتی در نتیجه حفظ تعادل دمایی بین بدن انسان و محیط اطراف است (Rezaeirad, H., et al, 2021: 1-11).

از نظر اقلیم‌شناسی عناصری که نقش اصلی را در آسایش انسان ایفا می‌کنند شامل دما، رطوبت، باد و تابش می‌شوند که در این بین دو عنصر دما و رطوبت نسبی در سلامت و آسایش انسانی تأثیرگذارتر هستند و به همین سبب اکثر مدل‌های سنجش راحتی انسانی بر پایه این دو عامل استوار هستند. در جدول بیوکلیماتیک الگی بر دو عامل دما و رطوبت نسبی به‌عنوان مهمترین عناصر تأثیرگذار بر آسایش انسانی تأکید شده است. دمای هوا نقش عمده‌ای در تبادل حرارتی به شکل جابه‌جایی دارد (حجازی‌زاده، کربلایی درئی: ۱۳۹۴). در اوایل سال ۱۹۳۸، باتنر هنگام ارزیابی اثر حرارتی محیط بر بدن انسان، اثرات ترکیبی همه پارامترهای حرارتی را در نظر گرفت (Rezaeirad, H., et al, 2021: 1-11). به همین منظور مطالعاتی نیز بر روی آسایش اقلیمی شهر «آپس اسپرینگز» با استفاده از شاخص دمای مؤثر توسط هونام (۱۹۹۷) صورت گرفت و در پژوهشی دیگر، گیونی (۱۹۷۱) منطقه آسایش و شرایط زیست اقلیمی مختلف را در ارتباط با دو عنصر دما و رطوبت نسبی مشخص نمود. برای تعیین شرایط زیست اقلیمی و نیازهای ساختمانی، متوسط پیشینه دما و کمینه رطوبت نسبی مورد استفاده قرار گرفت (حجازی‌زاده، کربلایی درئی: ۱۳۹۴).

پیشینه پژوهش

افزایش دمای شهری برای اولین بار به‌عنوان یکی از نتایج شهرنشینی توسط لوک هوارد در سال ۱۸۱۸ مطرح شد. پس از آن، تحقیقات متعددی بر روی شهرهای بزرگ و صنعتی جهان انجام گرفت که نتایج آن‌ها بیانگر این بود که شهرنشینی موجب ایجاد تغییرات قابل ملاحظه‌ای بر روی پارامترهای هواشناسی و ویژگی‌های سطح زمین شده و به تبع آن، تغییرات زیادی در وضع هوا و اقلیم محلی به وجود آورده است. نتایج مطالعات او که^۱ بیانگر این مطلب است که در بین کمیت‌های هواشناسی، شاخص دما بیشترین تأثیرپذیری را از جزایر حرارتی دارد (Arnfield, 2003: 1-15). ارتباط شدت جزیره حرارتی شهری

با عناصر هواشناسی، کاربری و پوشش گیاهی، ارتفاع جغرافیایی و تفاوت‌های دمایی سطوح مختلف برای اولین بار توسط لندزبرگ بررسی شد. نتیجه مطالعات او بیانگر این مطلب بود که تغییرات دمایی جزیره گرمایی شهری ناشی از فعالیت‌های انسانی موجب افزایش دمای ایستگاه‌های هواشناسی شهری در مقایسه با ایستگاه‌های روستایی است (Landsberg, 1950).

پژوهش‌های صورت گرفته مرتبط با تغییرات دمای شهر در ایران مؤید این امر است که تمرکز تحقیقات عمدتاً بر روی تعداد معدودی از عوامل تأثیرگذار (عوامل اقلیمی - کاربری زمین و پوشش گیاهی) بر تغییرات دمایی و شکل‌گیری جزایر حرارتی بوده و سایر عوامل شهرسازی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران در سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۹) توسط اکبری مورد بررسی قرار گرفت و نیز در سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸) شکیب‌ا و همکاران با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، نقشه‌های کاربری و داده‌های دمایی ایستگاه هواشناسی در اواسط فصل گرم سال به بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران پرداختند (شکیب‌ا و فیروزآبادی، ۱۳۸۸، ۶-۳۶). نتایج تحقیقات ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح را تأیید می‌کند (امیری و همکاران، ۱۳۸۶).

مطالعه ساختار فضایی- زمانی جزیره حرارتی شهر تهران بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۹ توسط گروه صادقی‌نیا و همکاران با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. گسترش جزیره حرارتی تهران به سمت بخش‌های غرب و جنوب غرب تهران همراه با کاهش شدید پوشش گیاهی، گسترش کاربری‌های صنعتی کارگاهی و انبارداری از نتایج این مطالعات است (صادقی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱).

رضایی‌راد و رفیعیان در سال ۲۰۱۷ (۱۳۹۶) به مطالعه بر روی اثرات سبزی‌نگی گیاهی در تحولات فضایی شدت جزیره حرارتی سطح کلان‌شهر تهران برای سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER و LANDSAT8 پرداختند. نتایج این تحقیقات بیانگر بیشترین کاهش حرارت سطح در مناطق ۲۲ و ۵ حوزه غربی، بیشترین حرارت سطح در مناطق ۹ و ۱۹ حوزه جنوب غربی شهر (وجود کاربری‌های ویژه) و کمترین تغییر در مناطق حوزه مرکزی شهر (برخورداری از کمترین تغییرات و تحولات فعالیتی و عملکردی، در طی یک دهه اخیر) است (RezaeiRad & Rafieian, 2017).

در سال ۲۰۲۱ رضایی‌راد و افضلی در پژوهشی به ارزیابی و سنجش اثرات مورفولوژی و جهت قرارگیری ابنیه و همین‌طور پوشش گیاهی بر تغییرات آسایش حرارتی در محله ماسلاک شهر استانبول پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از اثرگذاری معنادار فاکتورهای مورفولوژی و جهت قرارگیری ابنیه و پوشش گیاهی بر پارامترهای خرد اقلیم در بافت‌های شهری است که مستقیماً می‌تواند آسایش حرارتی را متأثر کند.

مطالعات انجام شده در زمینه مورفولوژی شهری: نگاه تحلیلی به مورفولوژی^۱ (ریخت‌شناسی) شهری از سال‌های ۱۹۵۰ به بعد توسط ساوریو موراتوری در ایتالیا آغاز شد. کروف از محققین برجسته در زمینه ریخت‌شناسی شهری، ترکیبی از عناصر ارائه‌شده توسط کاتزن و کانجیا را پیشنهاد داده است. مهم‌ترین مفهوم از نظر او در مطالعات ریخت-گونه‌شناسی، مفهوم بافت شهری است. کروف شش عنصر را به‌عنوان عناصر بافت شهری برمی‌شمارد و این عناصر را در سه سطح مختلف معرفی می‌نماید (Kropf, 1996). همچنین رادبرگ برای تحلیل ریخت‌شناسی بلوک‌های شهری، شاخص‌های سطح اشغال زمین، نسبت سطح زیربنا به سطح زمین در ارتفاع ساختمان را به‌عنوان متغیرهای اصلی مورد استفاده قرار داده است (Redberg, 1996).

در تحلیل‌های ریخت‌شناسی، عناصری که مالر ارائه می‌نماید تفاوت عمده‌ای با نتایج سایر محققان دارد. او این عناصر را در چهار دسته شامل عناصر خطی (شریان‌ها)، عناصر محصور (خیابان، میدان)، عناصر حجیم (بلوک‌ها، پارک‌ها) و عناصر لبه‌ای (سواحل) معرفی می‌کند (Maller, 1998).

از دیگر پژوهش‌های داخلی در این زمینه می‌توان به مطالعه هویت کالبدی شهر تهران اشاره کرد. در این پژوهش، روش کرون برای مطالعه شخصیت شهری با توجه به شرایط شهرهای ایران ملاک عمل قرار گرفته است. در مطالعه میرمقتدایی در سال ۱۳۸۵ مطالعه بافت شهری در سه سطح صورت پذیرفته است که شاخص‌های مورد ارزیابی غالباً کیفی هستند و هدف اصلی آن مطالعه تاریخی بافت شهری است (میرمقتدایی و طالبی، ۱۳۸۵). جدول ۱ خلاصه تاریخچه پژوهش‌های صاحب‌نظران مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خلاصه تاریخچه پژوهش‌های صاحب‌نظران مختلف

محققین	عنوان مطالعه	عوامل تأثیرگذار	روش پژوهش	نتایج
(Ali-Toudert & Mayer, 2007)	بررسی دمای خیابان‌های شهر قاردايا ^۱ _کشور الجزایر	جهت	استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی	خیابان‌هایی که با باد غالب هم‌جهت هستند، نسبت به خیابان‌های عمود بر جهت باد، دمای پایین‌تری دارند.
(شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸)	بررسی نقشه حرارتی سطح زمین با طبقه‌بندی دمایی تصاویر حرارتی (۱۹۸۶)	سطوح نفوذناپذیر	روش اسمیت ^۲	دما با افزایش سطوح نفوذناپذیر و زمین‌های بایر افزایش می‌یابد و با افزایش پوشش گیاهی کاهش می‌یابد.
(Stone et al, 2010)	بررسی رابطه بین شاخص پراکندگی پیکربندی فضایی و شدت تمرکز کاربری زمین، در ۸۳ شهر از ایالات متحده در سال‌های ۱۹۵۶-۲۰۰۵ طی پنج دوره ۱۰ ساله	فرم	-	شهرهایی با فرم پراکنده در مقایسه با شهرهای فشرده، بیشترین افزایش دما را دارند.
(شمسی پور و همکاران، ۱۳۹۱)	مدل‌سازی و تحلیل آثار پوشش سطوح معابر بر دمای فضاهای باز شهری - پروژه سهیل، تهران	مصالح سطوح	مواد به‌کاررفته در پوشش معابر و مدل سه بعدی - ENVI_met	تأثیر مثبت مصالح سنتی بر تعادل دمایی محیط
(صادقی نیا و همکاران، ۱۳۹۱)	جزایر حرارتی کلان‌شهر تهران را	پوشش گیاهی	استفاده از ۱۳ تصویر چند زمانه	کانون اصلی جزیره حرارتی شهر تهران، فرودگاه مهرآباد

1. Ghardaia
2. Smith

بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ در ماه‌های ژوئن و آگوست مورد بررسی قرار دادند.	کاربری زمین	لندست TM و داده‌های هواشناسی ساعتی ایستگاه‌های سینوپتیک شهر تهران	بوده و خوشه‌های داغ جدید در سمت غرب (منطقه ۲۱ و غرب منطقه ۲۲) و جنوب غرب فرودگاه مهرآباد (بخش‌هایی از مناطق ۱۸ و ۱۹) در حال گسترش است.
(L. Yang et al, 2016)	تراکم	شبیه‌سازی	در تراکم‌های بالای ساختمانی، ماندگاری هوا بالاتر، سرعت آن پایین‌تر و دمای هوا بالاتر است.
(Mathew et al, 2019)	ارتفاع		رابطه معکوس بین LST و ارتفاع.
(Rezaeirad & Afzali, 2021)	مورفولوژی و جهت‌قرارگیری ابنیه و پوشش گیاهی	شبیه‌سازی	رابطه معنادار بین مورفولوژی و جهت قرارگیری ابنیه و پوشش گیاهی با تغییرات پارامترهای خرداقلیم و نهایتاً آسایش حرارتی
(Rezaeirad et al, 2021)	محلّه قیطره در تهران	مورفولوژی مجتمع‌های بلند مرتبه	رابطه معنادار بین ریخت و فرم ساختمان‌های بلند مرتبه با سرعت و جهت باد و نهایتاً آسایش حرارتی

(پورامین و همکاران، ۱۳۹۹)

عوامل مؤثر بر افزایش دمای هوا شهری

در نتیجه پژوهش‌های متعدد، محققان عوامل مؤثر بر تغییرات دمایی شهری را در دو دسته عوامل قابل کنترل (عوامل مربوط به مورفولوژی و شهرسازی) و عوامل غیرقابل کنترل (عوامل اقلیمی) معرفی کرده‌اند (Ahmed Memon et al, 2008: 120-128).

۱- عوامل غیرقابل کنترل تأثیرگذار بر دمای شهری (عناصر اقلیمی)

ارتباط بین شدت افزایش دمای شهر و به تبع آن جزایر حرارتی با عناصر هواشناسی و اقلیمی، ارتفاع جغرافیایی، تفاوت‌های دمایی سطوح و کاربری و پوشش گیاهی نخستین بار

توسط لندزبرگ بررسی شد. او در کتاب اقلیم شهر، منشأ تغییرات دمایی را فعالیت‌های انسانی عنوان می‌کند که موجب تغییرات دمای ایستگاه‌های هواشناسی شهری در مقایسه با روستایی می‌شوند؛ اگرچه منشأ دیگر این تغییرات عامل‌های وضع هوا، سرعت و جهت باد، رطوبت، عرض و ارتفاع جغرافیایی، پوشش گیاهی، توپوگرافی، آلودگی هوا، شرایط تخلیه هوای شهر و... هستند. همچنین زمان و فصول نیز در تغییرات عوامل تأثیرگذار است (Landsberg, 1950: 288). از این رو در ادامه پژوهش، مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر افزایش دمای شهر شامل شدت تابش خورشیدی، عرض جغرافیایی، رطوبت خاک، سرعت، شدت و جهت باد، توپوگرافی، ارتفاع و نزدیکی به دریا مورد بررسی قرار گرفتند. جدول ۲ جمع‌بندی نتایج تحقیقات عوامل مؤثر غیرقابل کنترل (اقلیمی) بر افزایش دمای شهر را نشان می‌دهد.

جدول ۲- جمع‌بندی نتایج تحقیقات عوامل مؤثر غیر قابل کنترل (اقلیمی) بر افزایش دمای شهر

تابش مجدد اشعه خورشیدی از دلایل اصلی ایجاد افزایش دما است.	(Ahmed Memon et al, 2008: 120-128)	تابش خورشید	عوامل اقلیمی
عدم جذب رطوبت خاک، موجب افزایش دما در مرکز شهر نسبت به حومه‌ها است.	(Kim, 1992: 2319-1336)	رطوبت خاک و هوا	
وجود رابطه مستقیم بین عرض‌های جغرافیایی بالا با شدت و افزایش دمای هوا	(Haider Taha, 1997: 99-103); (Wienert, U., & Kuttler, 2005)	عرض جغرافیایی	
بیشتر شدن سرعت باد، کاهش شدت حرارت شهری روزانه و شبانه را به همراه دارد.	(Giridharan et al, 2007: 3669-3684)	باد	
بین پوشش ابری با دما و حرارت شهری رابطه معکوس برقرار است و افزایش یکی موجب کاهش دیگری می‌شود.	(Arnfield, 2003: 1-26)	پوشش ابری	
هر چه ارتفاع از سطح دریا افزایش بیابد، دمای هوا کاهش پیدا می‌کند.	(Giridharan et al, 2004: 525-534)	ارتفاع	
بین کاهش میزان شدت دمای شهری و نزدیکی سطوح آبی بزرگ رابطه مستقیم وجود دارد.	(Ackerman, 1985: 24, 547-554); (H. Tran et al, 2006); (Ferguson et al, 2008)	نزدیکی به دریا	

(پورامین و همکاران، ۱۳۹۹)

۲- عوامل قابل کنترل تأثیرگذار بر دمای شهری (شاخص‌های مورفولوژی

بافت‌های شهری)

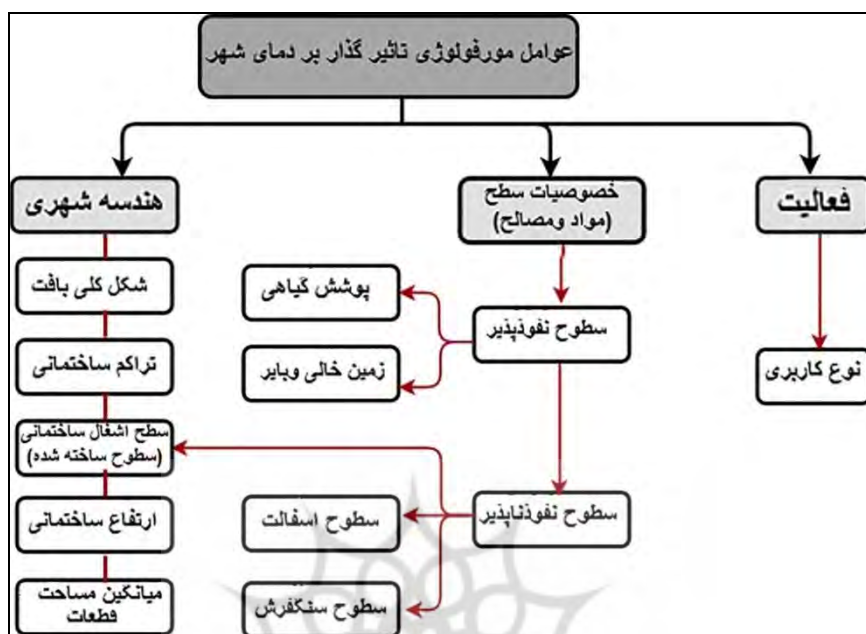
محققان بسیاری در نتیجه پژوهش‌های متعدد، تأثیر عوامل گوناگون ریخت‌شناسی شهری از قبیل اندازه، تراکم، هندسه و بافت شهر، ارتفاع ساختمانی، عرض خیابان، جهت‌گیری خیابان‌ها، مصالح و سطوح غیرقابل نفوذ (آلبدو کم، ظرفیت گرمای زیاد)، کاربری و پوشش گیاهی را بر افزایش دمای هوای شهری مورد بررسی قرار داده‌اند (Givoni, 1998: 35; Oke, 1973: 769-779). جدول ۳ جمع‌بندی نتایج تحقیقات عوامل مؤثر قابل کنترل (مورفولوژی) بر افزایش دمای شهر را نشان می‌دهد.

جدول ۳- جمع‌بندی نتایج تحقیقات عوامل مؤثر قابل کنترل (مورفولوژی) بر افزایش دمای شهر

نسبت زیاد ارتفاع ساختمان‌ها به عرض خیابان، موجب تشدید دمای هوا می‌شود.	(Oke, 1981: 237-254)	
کانیون‌های شهری معمولاً شب‌هنگام باعث افزایش دمای هوا می‌شوند.	(Ferguson et al., 2008: 1-39)	
جهت شرقی- غربی بلوک‌های شهری دارای بالاترین دما نسبت به سایر جهات است.	(F. Yang et al, 2010: 115-134)	
هندسه شهری بر تغییرات دمای هوا در ساعات شبانه‌روز از طریق اثرگذاری بر جریان‌ها و تغییرات باد، جذب انرژی و توانایی یک سطح جهت بازتاب تابش طول‌موج بلند به آسمان تأثیر می‌گذارد.	(Ferguson et al, 2008: 1-39)	هندسه شهری
مدت زمان و مقدار گرمای سطحی دیواره‌ها و کف کانیون‌های شهری به شدت تحت تأثیر هندسه و جهت‌گیری کانیون قرار دارد.	(Oke, 1981: 237-254)	
در مقیاس‌های شهری تیپولوژی یا الگوی بافت بر مصرف انرژی تأثیرگذار است.	(Salat, 2009: 598-609)	
افزایش میزان H/W (ارتفاع ساختمان به عرض خیابان) سبب افزایش دمای جزیره حرارتی شهری می‌شود.	(Sakakibara, 1996: 487-496); (Montávez et al, 2000: 899-911); (Kuttler, 2012.);	نسبت H/W

با ایجاد تغییرات در نمای دید آسمان و نسبت ارتفاع ساختمان‌ها، می‌توان میزان شدت جزیره حرارتی شهری را کاهش داد.	(Giridharan et al, 2004: 525-534)	ضریب دید به آسمان (SVF)
رابطه منفی بسیار بالایی بین دمای هوا و ضریب دید به آسمان وجود دارد.	(Hu et al, 2016: 169, 166-174)	
شهرهای پراکنده با بالاترین شاخص پراکندگی، بیشترین افزایش و شهرهای فشرده با کمترین شاخص پراکندگی، کمترین افزایش در رویدادهای گرمایی را دارند.	(Stone et al, 2010: 3561--3573)	تراکم
مناسب‌ترین فرم شهری در جهت تقلیل شدت دمای هوا در اقلیم گرم و خشک، فرم حصور است.	(F. Yang et al, 2010: 115-134)	
وجود مطلوبیت در نرخ مساحت ساخته شده می‌تواند سبب کاهش جزیره حرارتی شود.	(Palme et al, 2016: 169, 199-206)	
افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود.	(Haider Taha, 1997: 99-103); (Stone Jr, B., & Rodgers, 2001: 186)	سطوح نفوذپذیر و ناپذیر
افزایش ضریب آلبو مصالح سبب کاهش میزان شدت دما و جزیره گرمایی شهری می‌شود.	(Haider Taha, 1997: 99-103); (J. A. Voogt, 2004: 677-686)	آلبو و مصالح
تغییر تدریجی پوشش زمین در مناطق شهری منجر به افزایش هم‌زمان دمای هوا و دمای سطح شهری می‌شود.	(Xiao et al, 2006: 69-80); (Herold et al, 2003: 991-1001)	کاربری و پوشش زمین

با توجه به هدف تعریف شده، مفاهیم مرتبط با دمای شهری و عوامل مؤثر بر تغییرات آن شرح داده شد و آنچه از مروری بر ادبیات تحقیق در این پژوهش به دست می‌آید، بر لزوم اهمیت و توجه به پدیده دمای شهری و عوامل مؤثر بر تغییرات آن تأکید دارد. در واقع اهمیت تأثیر عوامل مورفولوژی بر تغییرات دما در شهرها، مستلزم توجه بیش از گذشته مدیران، برنامه‌ریزان و طراحان شهری است. منتخب مهم‌ترین عوامل مورفولوژی مؤثر بر دمای شهری به صورت دیاگرام در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- دیاگرام طبقه‌بندی خصوصیات مورفولوژی مورد بررسی در نمونه‌های مطالعاتی

روش

روش تحقیق حاضر توصیفی- تحلیلی و از نوع پژوهش‌های کاربردی می‌باشد. همچنین در قسمت تحلیل از مدل‌های آماری بهره گرفته شده است. به همین جهت ابتدا به منظور شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار مورفولوژی شهری بر دمای شهر، از جمع‌بندی بررسی و تحلیل مبانی نظری و تجارب گذشته، شاخص‌های فعالیت (نوع کاربری)، خصوصیات سطوح (نفوذپذیر: پوشش گیاهی، زمین‌های بایر و خالی / نفوذناپذیر: سطوح آسفالت، سطوح سنگفرش) و هندسه شهری (شکل کلی بافت، تراکم ساختمانی، ارتفاع ساختمانی، عرض معابر و جهت معابر اصلی، سطح اشغال ساختمانی، مساحت قطعات و...) به‌عنوان شاخص‌های کالبدی و مورفولوژی تأثیرگذار بر دمای شهر انتخاب شدند.

روش شناسی (برآورد نقشه حرارتی سطح شهر تهران)

در ادامه به‌منظور شناسایی و انتخاب محدوده‌های مطالعه، نقشه دمای سطحی شهر تهران، در تاریخ ۱۶ مرداد سال ۱۳۹۸ (۷ آگوست ۲۰۱۹) به‌عنوان یکی از گرم‌ترین روزهای

فصل تابستان (بر اساس میانگین دمای هوای روزانه)، با کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (اخذ شده از سامانه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده) تولید شد. تصحیح اتمسفری و تصحیح رادیومتریک با استفاده از روش Flash و روش Dark Subtraction بر روی باند ۱۱ (باند حرارتی) صورت گرفت. در نهایت با استفاده از روش دفتر علوم لندست، نقشه حرارتی سطح شهر تهران تهیه و ارزیابی دقت نقشه‌های به‌دست‌آمده با استفاده از تصاویر گوگل ارث و در نرم‌افزار انوی-مت انجام و از مدل خطی زیر جهت سنجش میزان دقت روش ارزیابی دمای سطح زمین استفاده شده است.

$$Ta=14.6+0.44*LST$$

Ta: دمای هوا

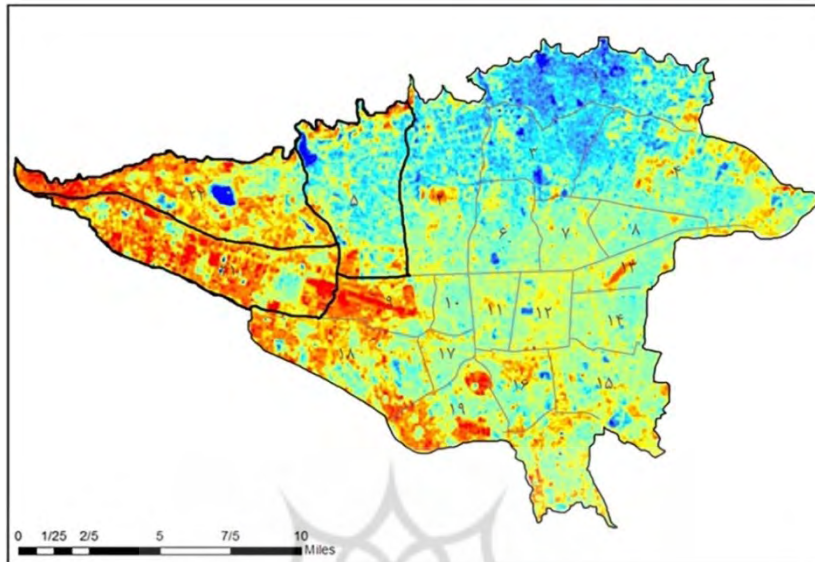
LST: دمای سطح زمین (صادقی نیا و همکاران، ۱۳۹۲).

با توجه به اینکه زمان برداشت تصویر تقریباً ساعت ۷ صبح به وقت گرینویچ است و فاصله زمانی ساعت گرینویچ و تهران سه ساعت و نیم است. از داده‌های مربوط به ساعت ۹ صبح چهار ایستگاه هواشناسی مهرآباد، چیتگر، ژئوفیزیک و شمیران استفاده شده است. در ادامه با توجه به اینکه تصویر مورد مطالعه دارای تغییرات فصلی است، پس، مقایسه مستقیم داده‌های مطلق دمای استخراج شده از تصاویر به هیچ‌عنوان منطقی و علمی نیست. در نتیجه با استفاده از یک روش آماری مناسب، داده‌های دمای تصویر، استاندارد شده است. در این پژوهش با استفاده از دو پارامتر حداقل و حداکثر دما و با استفاده از رابطه (۱) داده‌های تصویر نرمال و توزیع یک‌شکل پیدا کرد (صادقی نیا و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۷-۹۰).

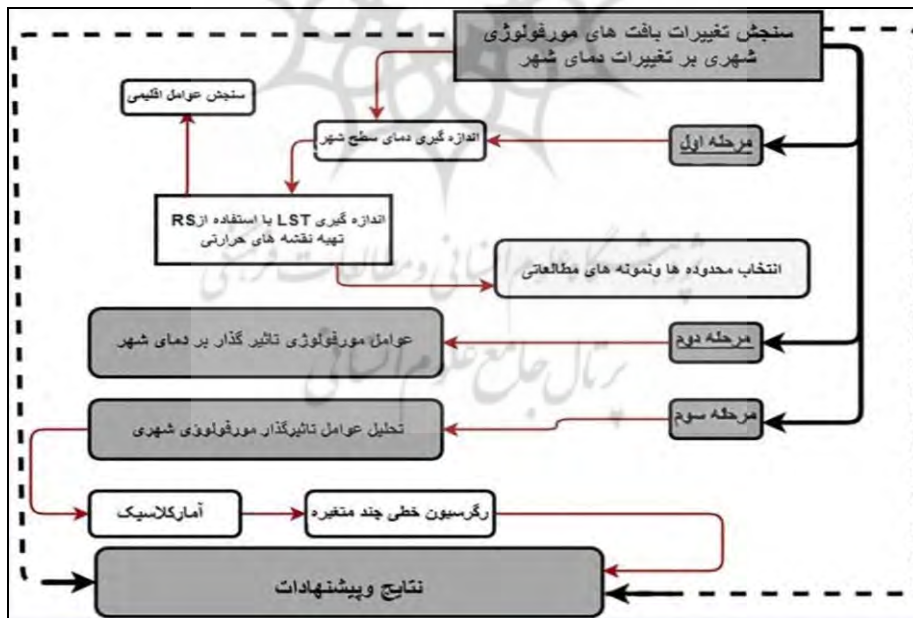
$$Ni = \frac{Ti - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad \text{رابطه ۱}$$

Ni: مقدار نرمال شده سلول Ti / مقدار دمای مطلق سلول T_{min} / i: حداقل دمای

هر تصویر / T_{max}: حداکثر دمای هر تصویر است.



شکل ۲- خروجی نقشه دمای سطح شهر تهران برای سال ۲۰۱۹ و شکل ۳ دیاگرام مدل مفهومی پروژه را نشان می‌دهد.

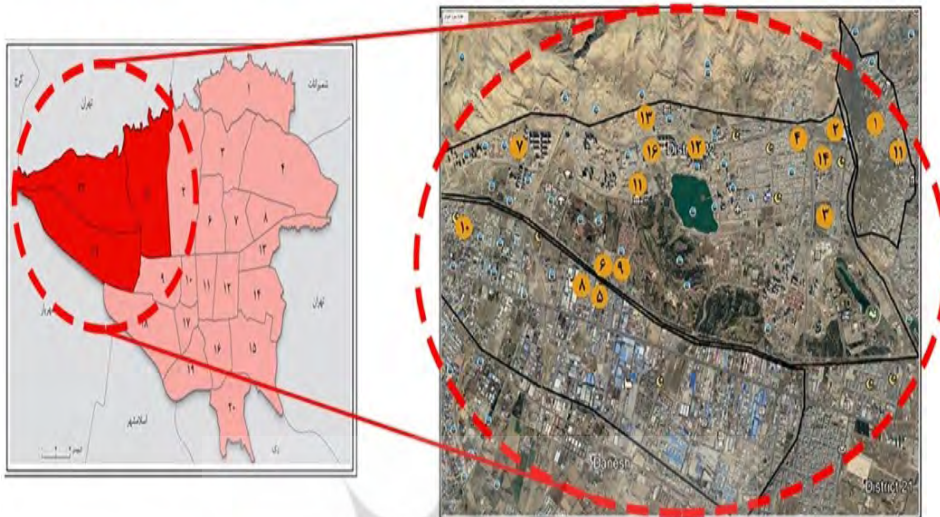


شکل ۳- خروجی نقشه حرارتی سطحی شهر تهران در تاریخ ۱۶ مرداد ۱۳۹۸

در نهایت به منظور تحلیل و بررسی رابطه بین شاخص‌های مورفولوژی با داده‌های دمایی در محدوده مورد مطالعه از طریق روش آماری کلاسیک، ارتباط و معناداری میان شاخص‌های مورفولوژی شهری با شدت دمای هوا سنجیده شده و تأثیرگذارترین عوامل مورد شناسایی قرار گرفته است.

یافته‌ها

محدوده مورد مطالعه: با استفاده از نقشه حرارتی سطح شهر تهران، پهنه غربی شهر (منطقه ۵، ۲۱ و عمدتاً ۲۲) به علت مجاورت محدوده‌های سرد و گرم، امکان انتخاب بافت‌های شهری متفاوت از طبقات دمایی مختلف و همچنین وجود زمین‌های خالی جهت توسعه آبی و ارائه طرح پیشنهادی، به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است. در ادامه ۱۶ نمونه بافت شهری از طبقات دمایی مختلف، با مساحت تقریبی یکسان (قابل مقایسه با کوی مسکونی) و تفاوت در شکل بافت شهری، تراکم ساختمانی، تعداد طبقات ساختمانی و ... در محدوده مطالعه انتخاب شده و میانگین دمای هر یک بر اساس نقشه حرارتی سطح شهر و خصوصیات کالبدی و مورفولوژی آن‌ها بر اساس اسناد و مطالعات موجود، بازدیدهای میدانی و ... به دست آمد. همچنین از آنجایی که تأثیر بسیار زیاد پوشش گیاهی بر تعدیل دمای هوا در پیشینه پژوهش اثبات شده است به منظور یافتن تأثیر عوامل دیگر (مورفولوژی)، نمونه‌هایی مطالعاتی با کمترین درصد پوشش گیاهی انتخاب شدند تا بدین طریق از تکراری بودن نتایج جلوگیری شود. شکل ۴ نقشه موقعیت مکانی مناطق ۵، ۲۲، ۲۱ و نمونه‌های انتخاب شده از محدوده مطالعاتی در پهنه غربی شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نقشه موقعیت مکانی مناطق ۵، ۲۲، ۲۱ و نمونه‌های انتخاب شده از محدوده

شبکه راه‌های منطقه نیز عمدتاً شطرنجی است. منطقه ۲۱ نیز شامل دو حوزه عملکردی مسکونی و غیرمسکونی، حداکثر اندازه تراکم ساختمانی ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ درصد، شبکه شطرنجی خیابان‌ها و بافت شهری و شبکه‌های اصلی معابر با نقش ملی و فرا شهری است. همچنین منطقه ۵ با نقش عمده‌ای در گردشگری و تفریحی، دارای عملکرد فرا منطقه‌ای بوده که عمدتاً به دلیل هم‌جواری با گذر دو رودخانه (مسیل) مهم کن و فرحزاد است. تراکم متوسط ساختمان‌های مسکونی در کل منطقه نیز، ۱۷۹ درصد و متوسط تعداد طبقات در کل منطقه ۳ طبقه و سطح اشغال ۶۰ درصد است. وجود زمین‌های بایر و خشک وسیع، نیز می‌تواند یکی دیگر از علل افزایش دما در این مناطق باشد. قابل‌ذکر است که افزایش پوشش گیاهی و تأثیر سطح آبی دریاچه چیتگر در تلطیف هوای اطراف آن نقش مطلوبی داشته و در مقابل پهنه شمالی شهر به علت وجود پوشش گیاهی وسیع، قرارگیری در ارتفاعات بالاتر، وجود رودخانه‌ها و مسیل و عدم استقرار کاربری‌های صنعتی و کارگاهی، دارای کمترین درجه حرارتی در سطح شهر است. شکل ۵ تصویر هوایی محدوده‌های انتخابی و جدول ۴ مقادیر به‌دست‌آمده از بررسی و تحلیل خصوصیات مورفولوژی بافت شهری در نمونه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

نمونه ۱- منطقه ۵- ناحیه ۲- محله کن	نمونه ۲- منطقه ۲۲- ناحیه ۱- دهکده المپیک	نمونه ۳- منطقه ۲۲- ناحیه ۲- شهرک صدر	نمونه ۴- منطقه ۲۲- ناحیه ۱- شهرک چشمه
			
نمونه ۵- منطقه ۲۱- ناحیه ۳- شهرک شهرداری	نمونه ۶- منطقه ۲۲- ناحیه ۳- شهرک پیکان شهر	نمونه ۷- منطقه ۲۲- ناحیه ۳- شهرک دانشگاه شریف	نمونه ۸- منطقه ۲۱- ناحیه ۳- شهرک ویلاشهر
			
نمونه ۹- منطقه ۲۲- ناحیه ۴- شهرک سرو آزاد	نمونه ۱۰- منطقه ۲۱- ناحیه ۳- محله ورد آور	نمونه ۱۱- منطقه ۵- ناحیه ۲- محله شهید سرداران	نمونه ۱۲- منطقه ۲۲- ناحیه ۴- شهرک سرو آزاد
			
نمونه ۱۳- ناحیه ۴- شهرک شهید صیاد شیرازی	نمونه ۱۴- منطقه ۲۲- ناحیه ۱- محله گلشاد	نمونه ۱۵- منطقه ۲۲- ناحیه ۴- شهرک	نمونه ۱۶- منطقه ۲۲- ناحیه ۴- شهرک
			

شکل ۵- تصویر هوایی محدوده‌های انتخابی مورد مطالعه

سنجش کمی اثرگذاری مورفولوژی بافت‌های شهری ... ۱۷۵

جدول ۴- مقادیر به دست آمده از بررسی و تحلیل خصوصیات کالبدی و مورفولوژی بافت شهری در نمونه‌های مورد مطالعه

خصوصیات سطح				خصوصیات کالبدی												شماره نمونه	میانگین دما		
سطوح نفوذناپذیر		سطوح نفوذپذیر		خصوصیات کالبدی بافت نمونه (مساحت تقریبی نمونه‌ها: ۴۰,۰۰۰ مترمربع)						خصوصیات کالبدی قطعات نمونه									
درصد مساحت سنگفرش (پیاده‌روها+ محوطه‌ها)	درصد مساحت آسفالت (معاير + پارکینگ‌ها)	درصد مساحت زمین‌های خالی و باير	درصد مساحت پوشش گیاهی	تعداد تقاطع معابر	میانگین عرض معابر	جهت‌گیری معابر امتیاز اصلی نمونه	درصد مساحت سطح ساخته‌شده	شکل کلی بافت	مواد و مصالح				جهت‌گیری کلی توده ساختمان	میانگین تراکم ساختمانی قطعات	میانگین مساحت قطعات	میانگین تعداد طبقات ساختمان	میانگین درصد سطح اشغال ساختمان		
									مصالح سقف	مصالح چداره و نما	یزوگام	سایر سنگ آجر							
۱۶	۱۱	۲	۱	۷	۳.۵	NE-SW	۷۰	ارگانیک	۷۰	۳۰	۶۰	۴۰	NE-SW	۸۴	۱۴۲	۱,۲	۷۰	۳۳,۱۸	۱
۰	۱۷	۱۵	۴۵	۱۸	۱۸	NW-SE	۲۳	پراکنده نامنظم	۰	۱۰۰	۲۰	۸۰	NW-SE	۲۲۵	۱۰۰۰	۴,۵	۵۰	۳۴,۸۸	۲
۱	۳۲	۲	۴۰	۱۶	۱۴	N-S	۲۵	شطرنجی لوپ	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	N-S	۱۵۰	۱۰۰۰	۳	۵۰	۳۵,۶۷	۳
۴۰	۱۳	۰	۷	۸	۱۲	N-S	۴۰	شطرنجی منظم	۵۰	۵۰	۴۰	۶۰	N-S	۱۷۵	۳۰۰	۳,۵	۵۰	۳۶,۴۵	۴
۷	۳۴	۳	۲۶	۱۶	۱۶	NE-SW	۲۷	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۲۰	۸۰	NE-SW	۱۵۰	۱۰۰۰	۵	۴۵	۳۷,۴۵	۵
۵	۲۵	۱۰	۲۵	۱۰	۱۰	تمام جهات	۳۵	شطرنجی	۲۰	۸۰	۷۰	۳۰	NE-SW	۲۰۰	۴۵۰۰	۵	۴۰	۳۷,۳۸	۶
۳۷	۱۵	۰	۳	۸	۱۲	NE-SW	۴۵	شطرنجی منظم	۱۰	۹۰	۸۰	۲۰	NE-SW	۷۲	۵۰۰	۱,۲	۶۰	۳۷,۴۷	۷
۳۸	۱۷	۰	۰	۱۰	۱۰	NE-SW	۴۵	شطرنجی منظم	۴۰	۶۰	۳۰	۷۰	NE-SW	۱۵۹	۲۰۰	۲,۹	۵۵	۳۷,۵۶	۸

ادامه جدول ۴- مقادیر به دست آمده از بررسی و تحلیل خصوصیات کالبدی و مورفولوژی بافت شهری در نمونه‌های مورد مطالعه

خصوصیات سطح				خصوصیات کالبدی													شماره میانگین	شماره نمونه		
سطوح نفوذناپذیر		سطوح نفوذپذیر		خصوصیات کالبدی بافت نمونه (مساحت تقریبی نمونه‌ها: ۴۰۰,۰۰۰ مترمربع)					خصوصیات کالبدی قطعات نمونه											
درصد مساحت سنگفرش (پایاده‌روها + محوطه‌ها)	درصد مساحت آسفالت (معاير + پارکینگ‌ها)	درصد مساحت زمین‌های خالی و باير	درصد مساحت پوشش گیاهی	تعداد تقاطع معاير	میانگین عرض معاير	جهت‌گیری معاير		درصد مساحت ساخته شده	شکل کلی بافت	مواد و مصالح			جهت‌گیری کلی توده ساختمان	میانگین تراکم ساختمانی قطعات	میانگین مساحت قطعات	میانگین تعداد طبقات ساختمان	میانگین درصد سطح اشغال ساختمان			
						معاير اصلی	معاير امتیاز نمونه			مصالح	مصالح	مصالح								
										سقف	چداره و نما	سنگ آجر	بزوگام ساير							
۴۴	۱۲	۴	۰	۸	۱۰	۷۰	NE-SW	۴۰	شطرنجی منظم	۱۰	۹۰	۸۵	۱۵	NE-SW	۱۲۵	۲۰۰	۲,۵	۵۰	۳۷,۶۱	۹
۳۵	۲۰	۰	۰	۱۱	۸	۶۰	NE-SW	۴۵	شطرنجی نامنظم	۶۰	۴۰	۳۰	۷۰	NE-SW	۱۰۸	۲۵۰	۱,۸	۶۰	۳۷,۶۸	۱۰
۳۰	۲۰	۰	۰	۱۲	۹	۵۰	NE-SW	۵۳	شطرنجی منظم	۳۰	۷۰	۴۰	۶۰	NE-SW	۱۶۵	۶۰۰	۳,۳	۵۰	۳۷,۹	۱۱
۷۷	۰	۰	۳	۹	۱۶	۷۰	تمام جهات	۲۰	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	NW-SE	۹۰۰	۱۰۰۰	۱,۸	۵۰	۳۸,۳۶	۱۳
۶۸	۵	۰	۲	۸	۲۰	۷۰	NW-SE	۲۵	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	NW-SE	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰	۵۰	۳۸,۵۷	۱۴
۲۳	۳۰	۵	۲	۱۳	۱۲	۸۰	NE-SW	۴۰	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۵۰	۵۰	NE-SW	۸۴۰	۱۰۰۰	۱۴	۶۰	۴۰,۰۷	۱۲
۲۹	۱۰	۲۵	۱	۸	۱۸	۸۰	NW-SE	۳۵	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	NW-SE	۶۰۸	۱۸۰۰	۱۵,۲	۴۰	۴۰,۶۹	۱۵
۹	۲۶	۲۵	۰	۱۰	۱۲	۸۰	N-S	۴۰	شطرنجی منظم	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	N-S	۱۱۲۰	۱۵۰۰	۱۴	۸۰	۴۰,۸۱	۱۶

سنجش کمی اثرگذاری مورفولوژی بافت‌های شهری ... ۱۷۷



۱- برآورد میزان اثرگذاری خصوصیات کالبدی و مورفولوژی بافت‌های شهری

برشدت دمای هوا

با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌های انتخاب‌شده، مدل خطی تجربی جهت بررسی میزان اثرگذاری خصوصیات کالبدی و مورفولوژی انتخاب‌شده برداش شد. هدف از این مدل‌سازی بررسی میزان اثرگذاری و معناداری هر یک از عوامل یادشده برشدت دمای هوا و ارائه ترتیب اولویت اثرگذاری هر عامل بر تغییرات دمایی بود.

به کار بردن تمامی عوامل و مشخصه‌های بررسی‌شده در نمونه‌های مطالعاتی، علاوه بر اینکه باعث کاهش دقت مدل نهایی می‌شد، معناداری ضرایب مدل رگرسیون را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌داد. بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از رگرسیون اولیه و غربال کردن عوامل با تأثیر (نسبی) کمتر، مدل رگرسیون نهایی حاصل شد. مشخصات مدل و نتایج تحلیل واریانس (ANOVA) به ترتیب در جداول ۵ تا ۶ ارائه‌شده است.

جدول ۵- خلاصه مدل

Model Summary				
Model	Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Std Error of the Estimate
۱	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۷	۰,۳۴

جدول ۶- نتایج تحلیل واریانس

ANOVA					
P - Value	F	میانگین مربعات	۴	مجموع مربعات	مدل
۱,۰۵(-۰,۶*۱۰)	۷۰,۵۱	۸,۴۲	۷	۵۸,۹۴	رگرسیون
		۰,۱۱	۸	۰,۹۵	باقیمانده‌ها
			۱۵	۵۹,۹۰	کل

تمام عوامل دخیل در مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بودند و مدل حاضر با بهره‌گیری از داده‌های مربوط به ۱۶ ناحیه به دست آمد. مقدار بالای ضریب همبستگی مدل (R2) که برابر ۹۸ درصد است و پایین بودن انحراف معیار خطای مدل (۰,۳۴) می‌توان گفت که مدل ارائه‌شده به‌خوبی قادر به توصیف تأثیر عوامل موردنظر در محدوده موردبررسی است. با ضرب کردن ضرایب مدل به‌دست‌آمده برای هر یک از عوامل در مقدار

میانگین تغییرات آن عامل مقدار ضریب استاندارد شده برای هر عامل محاسبه شد. ضرایب مربوط به مدل رگرسیون نهایی در جدول ۷ ارائه شده است. معادله به دست آمده با استفاده از ضرایب استاندارد نشده مطابق زیر است:

$$Y = a + bx$$

Y = متغیر وابسته (دما)

a = عرض از مبدأ رگرسیون خطی (مقدار ثابت ۳۷,۶ بدست آمده از میانگین دمایی)

bx = متغیرها * ضرایبها

$$TEMPERATUR = 37.6 + (2.8A + 2.6B + 0.5C + (-0.5)D + (-1.9)E + (-2.1)F + (-5.1)G)$$

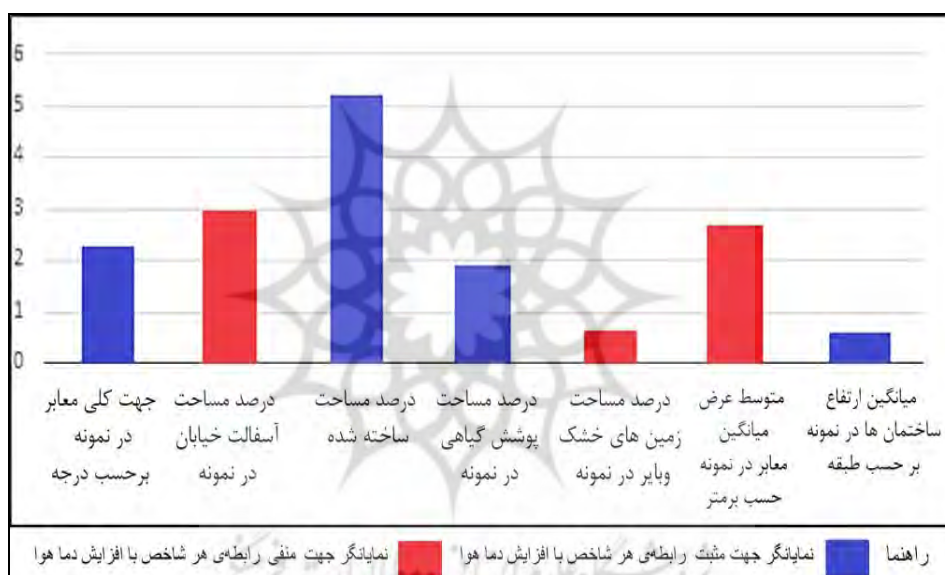
حروف اختصار نیز بدین صورت است: A = درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه، B = متوسط عرض میانگین معابر در نمونه، C = درصد مساحت زمین‌های خشک و بایر در نمونه، D = میانگین ارتفاع ساختمان‌ها در نمونه (طبقه)، E = درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه، F = جهت کلی معابر در نمونه (بر حسب درجه)، G = درصد مساحت توده‌های ساختمانی در نمونه (سطح اشغال ساختمان). مقدار مطلق ضریب استاندارد شده برای هر یک از عوامل در شکل ۶ آمده است.

جدول ۷- ضرایب مربوط به مدل رگرسیون نهایی

آماره	T	ضریب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		عامل
			ضریب	انحراف معیار	
Sig.				ضریب	
۰,۰۲	۲,۸۷-	۲,۱-	۰,۷۳	۰,۰۳-	جهت کلی معابر در نمونه (بر حسب امتیاز)
۷,۹۶-۰۶*۱۰)	۱۰,۰۸	۲,۸	۰,۲۷	۰,۱۵	درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه
۰,۰۰۰۱۲۲	۶,۹۲-	۵,۱-	۰,۷۳	۰,۱۳-	درصد مساحت سطح ساخته شده در نمونه
۸,۷۳-۰۷*۱۰)	۱۳,۴۹-	۱,۹-	۰,۱۴	۰,۱۸-	درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه
۰,۰۰۰۱۳	۶,۸۶	۰,۵	۰,۰۷	۰,۰۹	درصد مساحت زمین‌های خشک و بایر در نمونه
۰,۰۱۶	۳,۲۶	۲,۶	۰,۷۹	۰,۲	متوسط عرض معابر در نمونه (متر)
۰,۰۸۷	۱,۹۵-	۰,۵-	۰,۲۱	۰,۰۶-	میانگین ارتفاع ساختمان‌ها در نمونه (طبقه)

مقدار ضریب استاندارد شده برای هریک از عوامل در نمودار

ضرایب منفی و مثبت در ستون «ضریب» نشان‌دهنده جهت مثبت و منفی رابطه هر شاخص با افزایش دمای هوا است. پس طبق جدول ۷ شاخص‌های «درصد مساحت سطح ساخته شده در نمونه»، «جهت کلی معابر در نمونه»، «درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه» و «میانگین ارتفاع ساختمانی» رابطه منفی با افزایش دمای هوا و شاخص‌های «درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه»، «متوسط عرض معابر در نمونه» و «درصد زمین‌های خشک و بایر در نمونه» رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارند.



شکل ۶- مقدار مطلق ضریب استاندارد شده برای هریک از عوامل در نمودار

نتیجه‌گیری

مدل خطی تجربی بالا نشان می‌دهد که افزایش شاخص «درصد مساحت توده‌های ساختمانی در نمونه» مؤثرترین عامل (علی‌رغم باور عموم) در کاهش دمای هوا بوده است. همچنین افزایش شاخص‌های «عرض میانگین معابر در نمونه» و «درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه» به ترتیب به‌عنوان دومین و سومین عوامل مؤثر، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارند. پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که در محدوده مورد مطالعه، به علت اینکه

سطح آسفالت و زمین‌های خالی آلبدوی پایین‌تری نسبت به مصالح ساخته شده مسکونی دارند، افزایش درصد مساحت توده‌های ساختمانی موجب کاهش دمای هوا شده و به همین علت از ابتدا مساحت آسفالت معابر جدا از مساحت سطوح نفوذناپذیر محاسبه شده است چراکه همین تفاوت در آلبدوی مصالح، تأثیرات متفاوتی بر دمای هوای سطح دارد.

همچنین افزایش میانگین عرض خیابان‌ها نیز موجب افزایش مساحت سطح آسفالت و افزایش میزان جذب نور خورشید در نتیجه کاهش تأثیر سایه‌اندازی ساختمان‌ها و درختان می‌شود؛ همان‌طور که برخی از تحقیقات نیز نشان داده است، فرم‌های فشرده شهری نسبت به فرم‌های پراکنده موجب کاهش دمای سطح زمین و در نتیجه آن کاهش دمای هوا می‌شوند. اما توجه به این نکته ضروری است که رابطه منفی بین این عامل و دمای سطح زمین، مختص به نواحی مورد مطالعه این پژوهش است و می‌تواند در اقلیم‌های مختلف با کاربری زمین متفاوت، تغییر یابد.

در ادامه، مدل خطی نشان می‌دهد که شاخص «جهت کلی معابر در نمونه» که بر اساس جهت باد غالب (غرب) امتیازدهی شده است، چهارمین عامل تأثیرگذار بر دمای سطح و در رابطه منفی با آن است و نشان‌دهنده تأثیر و اهمیت بالای خیابان‌های هم‌جهت با باد غالب بر کاهش دمای هوا است. همچنین شاخص «درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه» نیز به‌عنوان پنجمین عامل تأثیرگذار مطرح شده و همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد علت آن تأثیر سایه‌اندازی و فرآیند تبخیر گیاه بر کاهش دمای هوای سطح است.

همان‌طور که عنوان شد شاخص «درصد مساحت زمین‌های خشک و بایر در نمونه» به علت آلبدوی پایین آن به‌عنوان ششمین عامل تأثیرگذار، در رابطه مثبت با افزایش دمای هوا قرار دارد و در انتها، هفتمین عامل مؤثر بر دمای هوا، شاخص «میانگین ارتفاع ساختمان‌ها در نمونه» است که با دمای هوا رابطه منفی دارد. پایین بودن درصد معناداری این شاخص با دمای هوا می‌تواند به علت عدم وجود رابطه خطی بین عامل و دمای هوا باشد و همان‌طور که اوکه معتقد است نسبت ایده‌آلی از کانیون‌های شهری بر کاهش دمای هوا مؤثر باشد، همچنین واضح است که برای بررسی تأثیرگذاری دقیق‌تر عوامل، نیاز به مطالعه نمونه‌های بیشتر و در نظرگیری سایر عوامل مؤثر است. توجه به این نتایج می‌تواند منجر به ارتقا و بهبود تصمیمات شهرسازان، طراحان، برنامه ریزان و مدیران شهری شود از این رو پیشنهادهایی به شرح زیر در جدول ۸ ارائه شده است:

جدول ۸- نتایج و پیشنهادها

پیشنهادها	نتایج
<p>- افزایش درصد مساحت توده ساختمانی در صورت عدم وجود پوشش گیاهی، در غیر این صورت از طریق استفاده گسترده از پوشش سبز اثر منفی فضای باز از بین می‌رود.</p> <p>- طراحی محله‌های فشرده‌تر با محصوریت بالا در جهت مطلوبیت و آسایش حرارتی بیشتر</p>	<p>«درصد مساحت سطح ساخته‌شده در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.</p>
<p>- طراحی معابر اصلی هم‌جهت و در مسیر جهت وزش باد غالب که بتواند جریان هوا را به داخل محله هدایت کند</p>	<p>«جهت کلی معابر در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.</p>
<p>- افزایش پوشش گیاهی در غالب فضای پارک‌های کوچک محله‌ای، ایجاد فضاهای سبز پراکنده داخل محدوده‌های مطالعاتی بر پارک‌های بزرگ ارجحیت دارد و تأثیر بیشتری نسبت به پارک‌های بزرگ دارد</p>	<p>«درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.</p>
<p>- استفاده از ارتفاع میانگین در ۳ طبقه بندی کوتاه، متوسط و بلند مرتبه با توجه به ظرفیت بافت، جهت سایه‌اندازی و تسریع حرکت باد</p>	<p>«میانگین ارتفاع ساختمانی»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد</p>
<p>- استفاده از مصالح جایگزین آسفالت و بتن در کف‌پوش پیاده‌روها، معابر و سطوح که ضریب آلودگی بالا، تابش حرارتی و ظرفیت گرمایی پایین داشته باشند، و همچنین استفاده از مصالح خنک و سفید در نما، جداره‌ها و سقف ساختمان‌ها</p>	<p>«درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه»، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارد.</p>
<p>- انتخاب نسبت مناسب عرض معابر و کانیون‌های شهری، پرهیز از تعریض و گشایش‌های غیر موجه، تعریض معابر کم‌عرض، باریک و غیرمستقیم، جهت تسریع حرکت جریان باد و جابه‌جایی توده گرما</p>	<p>«متوسط عرض معابر در نمونه»، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارد.</p>
<p>- تغییر کاربری اراضی خالی و بایر محصورشده و بلااستفاده، استفاده از اراضی ذخیره جهت تأمین فضای سبز موردنیاز محدوده، کاشت پوشش‌های گیاهی وسیع و ترکیب درختان با چمن و سطوح آبی</p>	<p>«درصد زمین‌های خشک و بایر در نمونه»، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارد.</p>

مقایسه تطبیقی بین نتایج بدست آمده پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین

جدول ۹- مقایسه تطبیقی

نتایج پژوهش	نتایج پژوهش مشابه	عامل	روش تحلیل	محققین
«جهت کلی معابر در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.	مدت زمان و مقدار گرمای سطحی دیوارها و کف کانیون های شهری به شدت تحت تأثیر هندسه و جهت‌گیری کانیون قرار دارد.	جهت	تحلیل‌های آماری و مدل سازی ریاضی و فیزیکی	(Oke, 1981: 237-254)
	بررسی دمای خیابان‌های شهر قاردا یا ^۱ - کشور الجزایر خیابان‌هایی که با باد غالب هم‌جهت هستند، نسبت به خیابان‌های عمود بر جهت باد، دمای پایین‌تری دارند.		استفاده از نرم‌افزار مدل سازی	(Ali-Toudert & Mayer, 2007)
	جهت قرارگیری ابنیه موافق نسبت به موقعیت باد غالب باعث کاهش دمای محیط بافت‌های شهری در فصل گرم سال و افزایش آسایش حرارتی می‌گردد.	مورفولوژی و جهت قرارگیری ابنیه و	شبیه سازی	(Rezaeirad & Afzali, 2021)
«میانگین ارتفاع ساختمانی»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.	با ایجاد تغییرات در نمای دید آسمان و نسبت ارتفاع ساختمان‌ها، می‌توان میزان شدت جزیره حرارتی شهری را کاهش داد.	ارتفاع ساختمانی	تحلیل‌های آماری و مدل سازی ریاضی	(Giridharan et al, 2004: 525-534)
	ریخت و فرم ابنیه بلند مرتبه در طراحی این ابنیه باعث کاهش دمای محیط بافت‌های شهری در فصل گرم سال و افزایش آسایش حرارتی می‌گردد.	ریخت و فرم ابنیه بلند مرتبه	شبیه سازی	(Rezaeirad et al, 2021)

(D. Sun & Kafatos, 2007)	تجزیه و تحلیل کمی و کیفی داده‌های لندست	پوشش گیاهی	شهرهای شمال آمریکا جهت تعیین رابطه بین دمای سطح ^۱ و شاخص پوشش گیاهی. همبستگی بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی، وابسته به سال، فصل، زمان و روز است. در زمستان همبستگی بین دمای سطح و پوشش گیاهی مثبت است و همبستگی منفی قوی بین آن‌ها تنها در طول فصل گرم دیده می‌شود.	«درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.
(ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۲)	تحلیل آماری	کاربری و پوشش اراضی	بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی- شهر تهران - وجود ارتباط مستقیم میان جزایر حرارتی و مناطق بایر گسترده	«درصد زمین‌های خشک و بایر در نمونه»، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارد.
(Stone et al, 2010: 3561-3573)	استفاده از یک شاخص گسترده پراکندگی برای اندازه گیری ارتباط بین شکل شهری در سال ۲۰۰۰	سطح اشغال	۱- شهرهای پراکنده با بالاترین شاخص پراکندگی، بیشترین افزایش و شهرهای فشرده با کمترین شاخص پراکندگی، کمترین افزایش در رویدادهای گرمایی را دارند.	«درصد مساحت سطح ساخته شده در نمونه»، رابطه منفی با افزایش دمای هوا دارد.
(Stone Jr et al, 2019: 3561-3573)	تحلیل کمی و کیفی و استخراج نقشه‌های حرارتی سطح (Lst)	سطوح نفوذپذیر و ناپذیر	۱- سطوح غیرقابل نفوذ باعث افزایش دمای سطح و هوا در مناطق شهری می‌شود.	«درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه»، رابطه مثبت با افزایش دمای هوا دارد.

(پورامین و همکاران، ۱۳۹۹)

طبق جدول ۹ صحت نتایج برای عامل‌های «درصد مساحت سطح ساخته‌شده در نمونه»، «جهت کلی معابر در نمونه»، «درصد مساحت پوشش گیاهی در نمونه»، «میانگین ارتفاع ساختمانی» «درصد مساحت آسفالت خیابان در نمونه» و «درصد زمین‌های خشک و بایر در نمونه» در پژوهش‌های محققین دیگر تأیید شده است و عامل «متوسط عرض معابر در نمونه» و رابطه مثبت آن با افزایش دمای هوا به طور خاص در پژوهش‌های قبلی اشاره نشده است بلکه این موضوع در سنجش نسبت ارتفاع به عرض معابر (H/W) در پژوهش‌های بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است.



منابع

- اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، «نشریه سنجش از راه دور»، شماره ۱: ۶-۳۹.
- امیری، رضا؛ علی محمدی، عباس و علوی پناه، سیدکاظم. (۱۳۸۶)، «مطالعه تغییر پذیری فضایی- زمانی حرارت در ارتباط با کاربری/پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست»، *نشریه محیط‌شناسی*، شماره ۴۳: ۱۲۰-۱۰۷.
- بهزادفر، مصطفی و منعم، علیرضا. (۱۳۸۹)، «تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری، بررسی بوستان‌های منتخب تهران»، *معماری و شهرسازی آرمان شهر*، دوره ۳، شماره ۵: ۲-۵.
- حبیب، فرح. (۱۳۸۴)، *شکل‌شناسی شهری*، «دوره دکتری تخصصی شهرسازی»، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.
- ساسان پور، فرزانه؛ ضیائیان، پرویز و بهادری، مریم. (۱۳۹۲)، «بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران»، *جغرافیا (فصلنامه بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)*، سال ۱۱، شماره ۳۹: ۲۵۶-۲۷۰.
- شمسی پور، علی اکبر؛ مهدیان ماهفروزی، مجتبی و حسین پور، زینب. (۱۳۹۱)، «واکاوی تغییرات مکانی هسته جزیره گرمایی شهر تهران»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۴۴، شماره ۳: ۱۲۷-۱۴۶.
- شکیب، علیرضا و فیروزآبادی، پرویز. (۱۳۸۸)، «تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران»، *نشریه سنجش از راه دور*، شماره ۱: ۶-۳۹.
- صادقی نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول و فیروزآبادی، پرویز. (۱۳۹۲)، «کاربرد تکنیک خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران»، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال سیزدهم، شماره ۳۰: ۶۷-۹۰.
- عزیزی، قاسم؛ شمسی پور، علی اکبر؛ مهدیان ماهفروزی، مجتبی و میری، مرتضی. (۱۳۹۲)، «تأثیرپذیری شدت جزیره گرمایی شهری تهران از الگوهای همیدی جو»، *محیط‌شناسی*، دوره ۳۹، شماره ۴: ۶۶-۵۵.
- علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۲)، *مبانی آب و هواشناسی*، تهران: انتشارات سمت، چاپ هفتم.
- علیجانی، بهلول؛ طولابی نژاد، میثم و صیادی، فریبا. (۱۳۹۶)، «محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری مورد مطالعه محله کوچه باغ شهر تبریز»، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، سال چهارم، شماره ۳: ۱-۹۹-۱۱۲.

– محمدی، حسین. (۱۳۸۶). *آب و هواشناسی کاربردی*، تهران: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

– مستوفی، رضا؛ عرفانمنش، طاهره؛ صابری، امیر و اکبری، محمدرضا، (۱۳۹۵)، «بررسی عوامل تأثیرگذار بر بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده – تاریخی شهرلامرد»، *فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای*، شماره ۲: ۳۱-۵۵

- Ackerman, Bernice. (1985). "Temporal march of the Chicago heat island." *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24, 547-554.
- Ahmed-Dennis, Liu. (2008). " A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island." *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4).
- Alobaydi- Bakarman, Obeidat. (2016). "The Impact of Urban Form Configuration on the Urban Heat Island: The Case Study of Baghdad, Iraq." *Procedia Engineering*, 145, 820–827. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.107>
- Arnfield, A. John. (2003). " Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island." *International Journal of Climatology*, 23(1), 1–26. <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- Arsiya, Ravari and Mazloomi. M. (2015). " A Framework for Urban Morphology with Respect to the Form." *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 8(14), 91–103.
- Ashrab. (1993). *Ashrab handbook-fundamentals*, (chapters 6 and 8).
- Coseo, Paul, and Larsen. Larsen. (2014). "How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago." *Landscape and Urban Planning*, 125, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.019>
- Fazia Ali, Toudert, and Helmut. Mayer. (2007). "Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons." *Journal of Solar Energy*, 81(6), 742–754. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007>
- Giridharan- Ganesan, Lau. (2004). " Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong." *Energy and Buildings*. 36(6), 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.12.016>
- Giridharan- Lau- Ganesan, Givoni. (2007). "Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong." *Building and Environment*. 42(10), 3669–3684. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.09.011>
- Golany, Gideon S. (1995). *Ethics and urban design: Culture, form, and environment*. John Wiley & Sons, 10–44

- Givoni, Baruch. (1956). *Man, Climate and Architecture, Applied Science*. Publishers Ltd., London.
- Hounam, C.E., (1976). "Meteorological factors affecting comfort with special reference to Alice Springs Australia." *International journal of biometeorology* 11, no. 2 (1967): 151-16
- Herold- Goldstein, Clarke. (2003). "Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use." 69(9), 991-1001.
- <https://doi.org/10.14358/PERS.69.9.991>
- Hu- White, Ding. (2016). "An Urban Form Experiment on Urban Heat Island Effect in High Density Area." *Procedia Engineering*, 169, 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.020>
- Kim, H. H. (1992). "Urban heat island." *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2319-1336.
- Kim, H. H. (1992). "Urban heat island." *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2319-1336.
- Kim, Yeon-Hee, and Baik. Jong-Jin. (2002). "Maximum urban heat island intensity in Seoul." *Journal of Applied Meteorology*, 41, 651-659.
- Kim, Yeon-Hee and Baik. Jong-Jin. (2005). "Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul." *Journal of Applied Meteorology*, 44(5), 591-605.
- Kropf, Karl. (1996). "Urban tissue and the character of towns." *Urban Design International*, 1(3), 247-263.
- Kuttler, Wilhelm. (2012). "Climate change on the urban scale-effects and counter-measures in Central Europe." *IntechOpen e-book: London, UK*.
- Landsberg, H. E. (1950). "Comfortable Living Depends on Microclimate." *Weatherwise*, 3(1), 7-10. <https://doi.org/10.1080/00431672.1950.9925196>
- Landsberg, H. E. (1981). "The Urban Climate." *Academic Press*, 288 PP.
- Li- Wang, Wong. (2016). "Urban Micro-climate Research in High Density Cities: Case Study in Nanjing." *Procedia Engineering*, 169, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.011>
- Maller, Alexander. (1998). "Emerging urban form types in a city of the American Middle West." *Journal of Urban Design*, 3(2), 137-150. <https://doi.org/10.1080/13574809808724422>
- Mathew, Sreekumar, Khandelwal, Kumar. (2019). "Prediction of land surface temperatures for surface urban heat island assessment over Chandigarh city using support vector regression model." *Solar Energy*, 186(June 2018), 404-415. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.001>
- Mir Moghtadaei, Mehta and Talebi. Jaleh. (2006). "The Physical Identity of the City; Case Studies of Tehran." In Building and Housin Research Center Publications.
- Montáñez- Rodríguez, Jiménez. (2000). "A study of the Urban Heat Island of Granada." *International Journal of Climatology*, 20(8), 899. [https://doi.org/10.1002/1097-0088\(20000630\)20:8<899::AID-JOC433>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/1097-0088(20000630)20:8<899::AID-JOC433>3.0.CO;2-I)

- Moudon, AnneVernez. (1997a). "Urban morphology as an emerging interdis." *Urban Morphology*, 1(1), 3–10.
- Moughtin, Cliff, and Shirley. Peter. (2005). "Urban design: Green dimensions." *In Routledge*.
- Oke, Author TR, and Hannell. Glynise. (1970). "The form of the urban heat island in Hamilton, Canada." *Urban Climates*, 11.
- Oke, Author TR et al. (2017). "Urban climates." *Cambridge University Press*.
- Oke, Author TR (1973). "City size and the urban heat island." *Atmospheric Environment*, (1967), 7(8), 769–779.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Oke, Author TR (1981). "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations." *Journal of Climatology*, 1, 237-254.
- Oke, Author TR (1982). "The energetic basis of the urban heat island." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24.
<https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Qiao- Tian- Zhang, Xu. (2014). "Influences of urban expansion on urban heat island in Beijing during 1989-2010." *Advances in Meteorology*, 2014.
<https://doi.org/10.1155/2014/187169>
- Palme-Lobato, Carrasco. (2016). "Quantitative Analysis of Factors Contributing to Urban Heat Island Effect in Cities of Latin-American Pacific Coast." *Procedia Engineering*, 169, 199–206.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.024>
- Rezaeirad, Hadi and Rafieian. Mojtaba. (2017). "Evaluating the effects of increasing of building height on land surface temperature." *Int. J. Urban Manage Energy Sustainability*, 1(1), 11–16.
- Rezaeirad, Hadi and Afzali. Narges. (2021). "Measuring effects of building orientation and vegetation on thermal comfort by Envi-met, case study: Maslak area Istanbul." *Int. J. AIZ ITU J Faculty Architect*, 2021, 11–16.
- Rezaeirad, Hadi, et al. (2021). "The quantitative assessment of the effects of the morphology of urban complexes on the thermal comfort using the PMV/PPD model (a case study of Gheyariyeh neighborhood in Tehran." *Int. J. of Low-Carbon Technologies*, 1–11
- Redberg, Johan. (1996). "Towards a Theory of Sustainability and Urban Quality. A New Method for Typological Urban Classification." *In Proceedings of the Conference of the International Association for People-Environment Studies IAPS*, 14, 384–392.
- Sakakibara, Yasushi . (1996). "A numerical study of the effect of urban geometry upon the surface energy budget." *Atmospheric Environment*, 30(3), 487–496.
[https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)00150-2](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00150-2)
- Salat, Serge. (2009). "Energy loads, CO2 emissions and building stocks: Morphologies, typologies, energy systems and behaviour." *Building Research and Information*, 37(5–6), 598–609.
<https://doi.org/10.1080/09613210903162126>

- Sanders, Paul. S. (2008). "Presenting the past: the impact of urban morphology in shaping the form of the city." **In Conference papers ACSP-AESOP Fourth Joint Congress**, pp. 1-8.
- Stone Jr, Brian., & Rodgers. Michael. O. (2001). "Urban form and thermal efficiency: how the design of cities influences the urban heat island effect." **Journal of the American Planning**, 67(urban heat island), 186.
- Stone- Hess, Frumkin. (2010). " Urban form and extreme heat events: Are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities. " **Environmental Health Perspectives**, 118(10), 1425–1428.
- <https://doi.org/10.1289/ehp.0901879>
- Stone Lanza- Mallen- Vargo, Russell. (2019). " Urban Heat Management in Louisville, Kentucky: a framework for climate adaptation planning. " **Journal of Planning Education and Research**, April, 3561--3573.
- Sun, Donglian, and Kafatos, Menas. (2007). " Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America." **Geophysical Research Letters**, 34(24), 1–4.
<https://doi.org/10.1029/2007GL031485>,1–16.
- Sun- Salvucci- Entekhabi, Farhadi. (2011). " Parameter estimation of coupled water and energy balance models based on stationary constraints of surface states." **Water Resources Research**, 47(2).
<https://doi.org/10.1029/2010WR009293>.
- Trache, Hichem. (2001). "Promoting urban design in development plans: Typomorphological approaches in Montreuil, France." **Urban Design International**, 6(3–4), 157–172. <https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000052>
- Taha, Haider. (1997). "Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat (pp. 99–103)." **Energy and Buildings**.
- Voogt, James. (2004). "**Urban heat islands: hotter cities**." America Institute of Biological Sciences.
- Wienert, Uve, and Kuttler. Wilhelm. (2005). " **The dependence of the urban heat island intensity on latitude-A statistical approach**." **Meteorologische Zeitschrift**, 14, 677–686.
- Xiao- Shen- Ge- Tateishi- Tang- Liang, Huang. (2006). " Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing". **Landscape and Urban Planning**, 75(1–2), 69–80.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.12.005>
- Yang- Lau, Qian. (2010). "Summertime heat island intensities in three high-rise housing quarters in inner-city Shanghai China: Building layout, density and greenery." **Building and Environment**, 45(1), 115–134.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.010>
- Yang- Qian- Song- Zheng. (2016). "Research on Urban Heat-Island Effect. **Procedia Engineering**, 169, 11–1.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.002>.