نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

صفحات ۱۱۲ - ۹۹

محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری

موردمطالعه: محله کوچه‌باغ شهر تبریز

بهلول علیجانی، استاد اقلیم شناسی و مدیر قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

میثم طولابی نژاد[1]، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی،گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

فریبا صیادی، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی،گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۰۱/۲۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۶/۰۶/۱۳

چکیده

این تحقیق باهدف جهت شبیه‌سازی و محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی(UHI_{max}) با توجه به شرایط هندسه شهری در منطقه کوچه‌باغ شهر تبریز با استفاده از معادله عددی- نظری Oke به رشته تحریر درآمد. جهت انجام این کار، ابتدا هندسه محله مورد نظر با توجه به شعاع ۱۵ متری از محور معابر به بلوک‌های مجزایی تقسیم‌بندی شد. سپس نسبت عرض معابر(W) و ارتفاع بناها(H) در نرم‌افزارGIS محاسبه و در پایان بر اساس معادله Oke، شدتUHI_{max} محاسبه و شبیه‌سازی گردید. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی نشان داد، که در محله کوچه باغ تبریز هر چه بناها بلندمرتبه‌تر و عرض معابر کمتر باشد میزان شدت جزیره حرارتی بیش‌تر، و هرقدرعکس این شرایط حاکم باشد، مقدار UHI_{max} نیزکم‌تر خواهد بود. همچنین زمانی که نسبت H/Wدر منطقه شهری موردمطالعه بین ۰/۵۴تا ۰/۸۱ است، UHI_{max}بین ۵ تا ۶/۶ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند؛ اما وقتی‌که نسبت H/W در محدوده ۱/۰۱ تا ۱/۹۸ قرار داشته باشد، ارزش UHI_{max}بین ۷/۵ تا ۱۰/۲ درجه خواهد بود. نتایج دیگر این مدل نشان داد که، در این محله بلوک A با ۵ درجه و بلوک H با ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد دارای کمترین و بیشترین مقدار شدت UHI می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که بلوک A استانداردترین و بلوک Hغیراستانداردترین پیکربندی را در این محله دارا بودند. برآورد حاصل از مدل رگرسیون نیز نشان داد که عرض معابر(با ۹۱/۶ درصد)نسبت به ارتفاع ساختمان (با ۶/۶ درصد)اثر بیش‌تری در تغییرات UHI_{max}دارد.

واژگان کلیدی:جزیره حرارتی، شبیه‌سازی*UHI*، هندسه شهری، معادله *Oke*، شهر تبریز.

۱ - نویسنده مسئول:
meysam.toulabi@gmail.com

Email:

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

مقدمه

اقلیم شهری به شدت تحت تأثیر فرایندهای ناشی از کار و زندگی شهری قرار دارد. گسترش شهرها و به دنبال آن افزایش ساخت‌وسازهای انسانی باعث به وجود آمدن تغییراتی در اقلیم شهری شده است. افزایش درجه حرارت شهرها نسبت به اطراف یکی از اثراتی است که به دخالت مستقیم انسان‌ها مرتبط است.گرمایش ساختمان‌ها، آلودگی هوا و استفاده از مصالح نامناسب در کف‌سازی خیابان‌ها و کوچه‌ها(مانند آسفالت خیابان‌ها به واسطه رنگ تیره در جذب انرژی) از عوامل تأثیرگذار بر پدیده جزایر حرارتی شهری به‌حساب می‌آید. این اثر شرایط نامطلوبی را برای شهروندان باعث می‌شود. توجه به سطوح شهری شامل سطوح پیاده و سواره و بام‌ها در کاهش این اثر، بزرگ‌ترین نقش را دارد.

غالباً با شهرها به‌واسطه اقلیم خاصی که نسبت به حومه خود دارند، دارای اقلیم ویژه‌ی هستند که به آن اقلیم شهری اطلاق می‌شود. از معضلاتی که امروزه بیشتر شهرهای بزرگ با آن روبه‌رو هستند، پدیده جزیره حرارتی شهری یا(UHI)[1]می‌باشد. تفاوت درجه حرارت بین مناطق شهری نسبت به مناطق روستایی را جزیره حرارتی شهری می‌گویند(Dhalluin&Bozonnet,۲۰۱۵;۲۹۲). امروزه با توجه به رشد شهرنشینی و به دنبال آن توسعه شهرها، جزایر حرارتی در شهرهای بزرگ روند روبه رشدی را در پیش‌گرفته‌اند(Chen et al,۲۰۰۹;۱۲). به‌طورکلی، جزیره حرارتی شهر ناشی از ویژگی‌های شهرسازی، آلودگی هوا، گرمای انسانی، وجود سطوح نفوذناپذیر در سطح شهر، خواص حرارتی مواد و هندسه سطوح شهری می‌باشد(Osaki et al,۲۰۱۵;۲). پدیده جزیره حرارتی شهر نتیجه عوامل بسیاری است که در ذیل به صورت خلاصه آورده شده است: (۱) هندسه(مورفومتری) شهری، (۲) خواص حرارتی مواد، که باعث افزایش ذخیره شدن گرمای محسوس در بافت شهر می‌شود(۳)گرمای انسانی آزاد شده که نتیجه احتراق‌ها، سوخت و متابولیسم حیوانات است. (۴) گازهای گلخانه شهری، که منجر به ازدیاد تابش موج بلند، آلوده شدن و در نتیجه گرمترشدن اتمسفر شهر می‌شود.(۵) کاهش سطوح تبخیر در شهرها، به این معنی که بیشتر انرژی به صورت حرارت محسوس و کمتر به صورت گرمای نهان آزاد می‌شود. (۶)کاهش انتقال تلاطم گرما از درون خیابان می‌شود(Oke et al,۱۹۹۱;۳٤۰).به طورکلی دماهای شبانه(مانند دمای کمینه) بیشتر تحت تأثیر آثار شهری قرار می‌گیرد و توسعه شهرنشینی می‌تواند روند افزایشی دماهای کمینهٔ شهرها را تشدید کند. به هنگام روز به دلیل تلاطم و اختلاط و افزایش ارتفاع لایه مرزی، میزان گرمای تولید شده در شهرها در حجم خیلی وسیع‌تر توزیع می‌گردد و درنتیجه تفاوت چندانی بین روند افزایشی دماهای بیشینهٔ شهر و حومه نمی‌رود(رنجبرسعادت آبادی،۱۳۸۴: ۶۲).

امروزه مطالعات اقلیم شهری بیشتر بر روی آن دسته از عناصر شهر متمرکز و تثبیت شده که نقش مهمی در تغییر عناصر اقلیمی بازی می‌کنند. ارتباط بین کاربری اراضی و دمای سطحی در شهرها ارتباط نزدیکی با ساختار فضایی محیط حرارتی شهری دارد(رنگزن و همکاران، ۱۳۹۲: ۲). این ارتباط نشان می‌دهد که در بعضی از مناطق شهری نقاط خاصی پدید می‌آیند که دمای سطحی آن‌ها نسبت به سایر مناطق تغییرات چشم‌گیری دارند. جزیره حرارتی باعث افزایش دمای بعضی از مناطق شهری خواهد شد که این موضوع با عوامل متعدد انسانی و طبیعی در ارتباط است(Streutker, ۲۰۰۳;۲۸۳). ازجمله اثرات مخرب ناشی از جزایر حرارت شهری می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:۱-افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ی و آلودگی هوا -۲ افزایش مصرف انرژی: اثر جزایر گرمایی ۵ الی ۱۰ درصد از اوج تقاضای برق برای سرمایش ساختمان‌ها در شهرها را بر عهده دارد. ۳- تهدید سلامتی:جزایر گرمایی می‌توانند

۱.Urban Heat Island

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر سلامتی و رفاه اجتماعی شهروندان تأثیرگذارند. روزها و شب‌های گرم‌تر به همراه آلودگی هوا، می‌توانند باعث ایجاد ناراحتی‌های عمومی، مشکلات تنفسی، خستگی، گرمازدگی و مرگ‌ومیرهای ناشی از گرما شود. ۴- کاهش کیفیت آب: سطوح گرم و سطوح بام گرمای اضافی را به سیل آب‌ها منتقل می‌کنند که به لوله‌های زهکشی می‌روند و دمای آب را بالا می‌برند و این آب به نهرها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و برکه‌ها می‌ریزد. همچنین تغییرات سریع گرما می‌تواند زیست‌بوم آبزیان را به خطر اندازد. بنابراین بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن‌ها با انواع کاربری‌های موجود، در شناخت میکروکلیمای نواحی مختلف شهرها دارای اهمیت زیادی می باشد. با توجه به این که تمرکز زیاد آلاینده‌ها اعم از سیستم حمل و نقل شهری و صنایع در هر قسمت از شهر باعث افزایش میزان گازهای آلاینده می گردد، این گازها به دلیل عبور امواج کوتاه خورشیدی از خود و جذب امواج بلند زمینی، پدیده گلخانه‌ای را در محل استقرار خود تشدید می‌کند، که این پدیده عامل مهمی در افزایش دمای منطقه محسوب شده، جزایر گرمایی را شدت بخشیده و بدلیل اینکه تقریباً نیمی از جمعیت دنیا در شهرها زندگی می-کنند(رمضانی و دخت‌محمد، ۵۱:۱۳۸۹)، جزیره‌گرمایی به طور مستقیم سلامتی و آسایش ساکنان شهر را تحت تأثیر قرار داده و باعث بسیاری از معضلات شهری و زیست‌محیطی می‌گردد؛ بنابراین انجام پژوهش‌هایی از این دست که با سلامتی انسان سروکار دارد، ضرورتی دو چندان می‌یابد.

اوک(۱۹۸۱)، جزو اولین کسانی بود که با در نظر گرفتن مورفومتری شهر به بررسی یک مدل تجربی ساده در مورد جزیره حرارتی مبادرت نموده و به توسعه آن پرداخت. این مدل قادر به پیش‌بینی حداکثر شدت جزیره حرارتی در یک مکان است. هندسه شهری(مورفومتری) به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در شکل‌گیری جزیره حرارتی می‌باشد. در بسیاری از مطالعات(Memonet et Marciotto et a ,۲۰۱۰; Oliveira et al,۲۰۰۹ ;oke,۱۹۸۱ ;Levermore&Cheug,۲۰۱۲ ; al,۲۰۱۰) مورفومتری شهر با نسبتH/W(ارتفاع ساختمان‌ها/عرض خیابان‌ها) در نظر گرفته‌اند. با توجه به مطالعات اوک(۱۹۸۱) و (Svensson et al,۲۰۰۲)، سه نوع مدل می‌توان برای تحقیقات مربوط آب‌وهوا در محیط‌های شهری اعمال کرد: عددی، فیزیکی و مدل‌های تجربی. برای بررسی بیلان انرژی و پیش‌بینی جزایرحرارتی، بسیاری از محققان شبیه‌سازی عددی(Zinzi et al,۲۰۰۲ Santo ؛Han et al ,۲۰۰۷,Atkinson,۲۰۰۳ Balazs et al,۲۰۰۹; Jusuf & Hien,۲۰۰۹; Chen et) یا شبیه‌سازی تجربی(Fahmy et al,۲۰۱۲; al,۲۰۱۲ ; et al,۲۰۰۸) به کار گرفته‌اند.مدل‌های تجربی در مرحله اول بر اساس مشاهدات بیلان انرژی سطح (SEB)[1] است. مدل‌های تجربی در مرحله اول بر اساس مشاهدات بیلان انرژی سطح به منظور تولید جریان انرژی از لایه سطحی، با استفاده از روابط آماری به‌دست‌آمده از مشاهدات به شبیه‌سازی می‌پردازندکه این روابط عبارت‌اند از الگوریتم‌های آماری، پارامترها، فرمول‌های مهندسی و مفهوم کیفی می‌باشد. دربین مدل‌های تجربی، روش‌های محیطی رایج‌ترین می‌باشند که این روش به رابطه بین شدت جزیره حرارتی شهر و پارامترهای هواشناسی و دیگر پارامترهای فیزیکی مؤثر بر شکل‌گیری آن‌ها می‌پردازد. (Nakata et al,۲۰۱۵)، در مقاله‌ی با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی، که در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[2]گنجانده‌شده بود، به‌منظور محاسبه حداکثر شدت جزایر حرارت شهری بر اساس داده‌های هندسه شهری اقدام کردند. پس از مطالعه و انتخاب ابزار GIS موجود، به شبیه‌سازی جزیره حرارتی شهر در حالات مختلف شهری پرداختند. (Dhalluin and Bozonnet, ۲۰۱۵)، در تحقیقی در فرانسه در مورد راهکارهای

۱. Surface Energy Balance
۲. Geographic Information Systems

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

کاهش مقدار جزیره حرارتی شهر دریافتند که چندین روش جهت این کار می‌توان استفاده نمود. ازجمله این راهکارها می‌توان به استفاده از ماسه‌های رنگی در پشت‌بام ساختمان‌ها، ایجاد فضای سبز بر بام ساختمان‌ها و استفاده از پوشش‌های خاص در نما و سقف بناها اشاره کرد. در تحقیقی دیگر(Bokaie et al,۲۰۱٦)، به بررسی رابطه بین سطح زمین و پوشش زمین در تهران و حومه آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست پرداختند. نتایج نشان داد که بین دمای سطح زمین و پوشش زمین یک همبستگی منفی وجود دارد که این عامل در درجه اول به پوشش زمین در شهر تهران برمی‌گردد. (Theeuwes et al , ۲۰۱۶) با استفاده از یک مدل ابداعی ساده، مقدار جزیره گرمایی شهر را برای ۱۴ شهرستان در سراسر شمال غربی اروپا را محاسبه کرده و دریافتند که بین دره عمیق و باریک در منطقه شهری و مناطق روستایی اختلاف درجه حرارت وجود دارد.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه جزیره حرارتی صورت گرفته است. ازجمله: رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران(۱۳۸۵)،با مطالعه بر روی آثار جزیره حرارتی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی درکلان شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین نشان دادند که افزایش قابل‌ملاحظه روند دمای کمینه تهران در مقایسه با بیشینه آن‌هاست. هم‌چنین روند افزایش میانگین سالانهٔ دمای کمینه در تهران تقریباً چهار برابر ورامین می‌باشد.این اختلاف‌های فاحش در روند افزایشی دمای کمینهٔ تهران نسبت به ورامین بیانگر آثار شهری ازجمله آزاد شدن گرمای دست‌ساز بشر و مصنوعی زیاد و درنتیجه ایجاد جزیره حرارتی و تغییرات اقلیم محلی در تهران می‌باشد. به‌منظور شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره حرارتی در شهر رشت رمضانی و دخت‌محمد(۱۳۸۹)، با ۹ ایستگاه سینوپتیک و آمار روزانه طی بهمن۸۵ تا خرداد۸۶ به تحقیق پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاف دمایی معادل ۵ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد بین مرکز جزیره حرارتی با نواحی اطراف در شرایط حداقل دمایی و اختلاف دمایی معادل ۳ الی ۵/۶ سانتی‌گراد در شرایط دمایی بیشینه به وجود می‌آید. صادقی‌نیا و همکاران (۱۳۹۱)، با تحلیل فضایی-زمانی جزیره حرارتی کلان‌شهر تهران با استفاده از GIS و RS پرداختند. بررسی تغییرات زمانی شدت جزیره حرارتی تهران نیز نشان داد که مقدار شاخص نسبت جزیره حرارتی روند افزایشی دارد و از ۰/۱۱ سال ۱۹۸۶ به۰/۱۵ در ۲۰۱۰رسیده است. الحسینی المدرسی و همکاران (۱۳۹۴)، به استخراج جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از تصاویر ASTER پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد که در مکان‌هایی که دارای پوشش گیاهی بیشتری هستند از دمای پایین‌تری نسبت به مکان‌هایی که فاقد پوشش گیاهی هستند برخوردارند. پورخباز و همکاران(۱۳۹۴)، با بررسی جزایر حرارتی در مناطق شهری مشهد دریافتند که بیشترین میانگین دما در زمین بایر شامل: مناطق شهری(مسکونی، رفاهی، حمل‌ونقل) و کمترین دما در زمین‌های کشاورزی و فضای سبز مشاهده گردید.

اکثر تحقیقات انجام شده در مورد اندازه‌گیری جزیره حرارتی شهر به شرایط دمای شهر توجه کرده‌اند (۲۰۱۴, Sailor،Guri & Apurba,۲۰۱۴) و به هندسه شهر کمتر توجه شده است. در صورتی که هندسه و مورفولوژی شهر بویژه آرایش فضایی خیابان‌ها وفضاهای باز شهری و ابعاد ساختمان‌ها و خیابان‌ها در میزان جذب و دفع انرژی و به تبع آن میزان مصرف انرژی فسیلی نقش اساسی دارند(Neolia, et al, ۲۰۱۴)؛ ولی تاکنون کم‌تر تحقیقی در جهان و بخصوص ایران منتشرشده است که با شبیه‌سازی شرایط هندسه شهری، اثر ارتفاع بنا و عرض خیابان را بر روی شدت جزیره حرارتی شهر آشکار سازند؛ اما این تحقیق در نوع خود برای اولین بار در ایران به‌صورت مدون به رشته تحریر درآمد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، شبیه‌سازی و محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی با توجه به شرایط

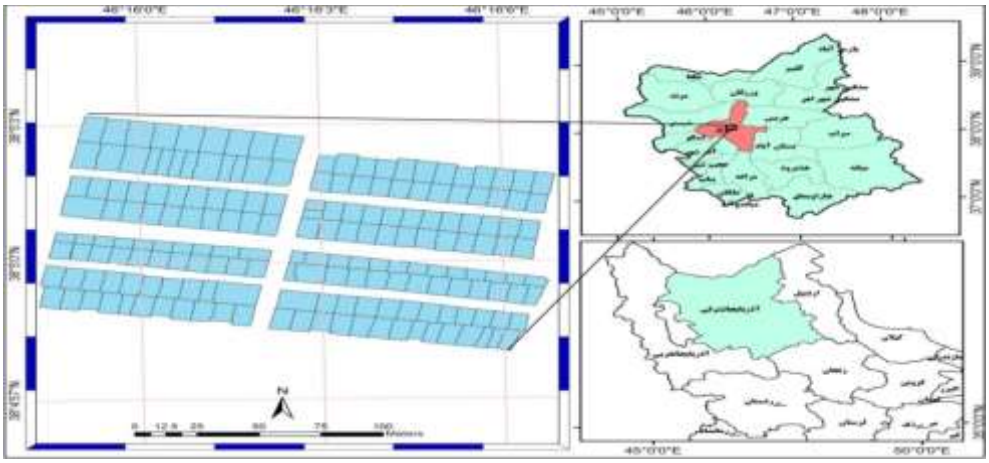
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

هندسه شهری در منطقه کوچه‌باغ شهر تبریز می‌باشد که به نوبه خود در زمره اولین مطالعات صورت گرفته در ایران می‌باشد

داده‌ها و روش کار

رشد سریع شهرنشینی یکی از عوامل مؤثر در افزایش دمای سطحی زمین در شهرها می‌باشد که باعث ایجاد پدیده جزیره گرمایی شهری در شهرها نسبت به مناطق پیرامونی آن‌ها شده است. بررسی وضعیت تابش خورشید با توجه به کاربری اراضی شهری در شناخت میکروکلیمای شهرها مؤثر است به‌گونه‌ای که کاربری‌های مختلف شهری دارای الگوهای دمایی متفاوتی هستند که دمای سطح زمین را متأثرمی‌سازند(ایزدی و محمدی، ۱۳۹۴). روش‌های سنتی مطالعه جزیره گرمایی شهری بیشتر بر اساس داده‌های دمای ایستگاه‌های هواشناسی و یا پیمایش‌های انجام‌شده به‌وسیله وسایل نقلیه صورت می‌گرفت .استفاده از فن سنجش‌ازدور برای اندازه‌گیری و مطالعه جزیره گرمایی شهری روش نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر جایگزین روش‌های قدیمی‌تر شده است. داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی باوجود قدرت تفکیک زمانی بالا و ثبت طولانی داده‌ها، از قدرت تفکیک مکانی پایینی برخوردارند. همچنین تعداد محدود این ایستگاه‌ها و فاصله زیاد بین آن‌ها، باعث کاهش دقت در تعمیم آمار به سایر نقاط می‌شود که خود موجب کاهش دقت مطالعات و تحلیل‌های مربوط به میکروکلیمای شهری می‌گردد. داده‌های سنجش‌ازدور نیز با وجود کوتاه بودن دوره ثبت و قدرت تفکیک زمانی محدودی که دارند، دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و سطح دید گسترده‌ای هستند(محرمی، ۱۳۹۳: ۲۶).برخی از مطالعات مربوط به محاسبه نسبت H/W تنها با در نظر گرفتن عرض خیابان و یا اضافه کردن اندازه پیاده‌رو، و یا تنها با مراجعه به تصاویر ماهواره‌ی که قدرت تفکیک نسبتاً کمی دارند صورت گرفته است. اما از مزیت‌های این روش علاوه بر سهولت در واردکردن داده‌ها، می‌توان به محاسبه حجم شهرها و شبیه‌سازی شدت جزیره حرارتی در سطح زمین و در اندازه یک محله اشاره نمود که این عمل از عهده تصاویر ماهواره‌ی خارج است. با توجه به اینکه محلاتی در برخی شهرها وجود دارد که در آن یک فضای خالی بزرگی در فواصل بین جلوی یک ساختمان با ساختمان‌های همسایه وجود دارد، این روش توسعه‌یافته می‌تواند محاسبه دقیق‌تری از تغییر فاصله بین نمای ساختمان‌ها داشته باشد.

منطقه موردمطالعه محدوده کوچه‌باغ در تقاطع خیابان‌های قدس و فروردین واقع در شهر تبریز می‌باشد(شکل ۱).



شکل۲: موقعیت جغرافیای منطقه موردمطالعه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

جهت انجام این تحقیق از معادله عددی-نظری اوک که در سال (۱۹۸۱) ارائه داد، استفاده گردید. به نظر اوک، تجزیه‌وتحلیل مورفومتریک می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مناسب جهت بررسی اثر تغییرات ساختار شهری بر روی جزیره حرارتی شهر موردتوجه قرار گیرد(CHuan Goh & Hung Chang,۱۹۹۹;۱۱۰۱). در این روش هندسه شهری شامل ارتفاع بنا، عرض خیابان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد(دالوین و بوژنت،۲۰۱۵: ۲۹۴)

رابطه(۱)

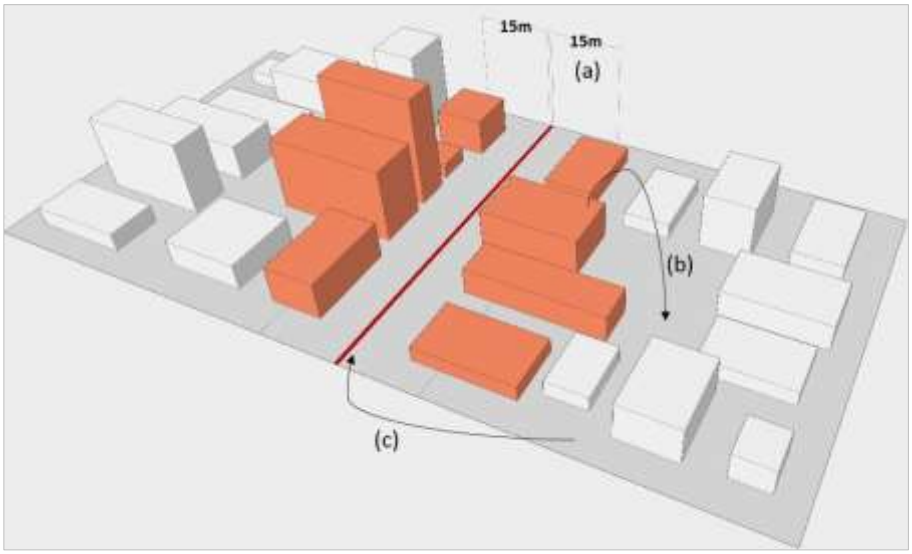
$$\Delta T_{u-r(max)}=۷,۴۵+۳,۹۷\ln(H/W)$$

$\Delta T_{u-r(max)}$=حداکثر شدت جزیره حرارتی

H/W=نسبت بین ارتفاع متوسط ساختمان و عرض متوسط خیابان

مبنای نظری- عددی موردبحث نشان می‌دهد که شبیه‌سازی نسبت H/W یکی از راه‌های مناسب برای توصیف هندسه شهری است. افزایش مقدار این نسبت می‌تواند به افزایش جزیره حرارتی شهر از طریق مدل‌سازی منجر شود(اوساکی و همکاران، ۲۰۱۵، ۳). این مدل‌ها مزیت‌های بسیاری نسبت به سایر روش‌های برآورد جزیره حرارتی شهری دارد. با توجه به گفته‌های فوق، پارامتر انتخاب‌شده برای محاسبه هندسه شهری نسبت H/W و مدل استفاده‌شده برای تخمین شدت حداکثر جزیره حرارتی، مدل OKE می‌باشد.

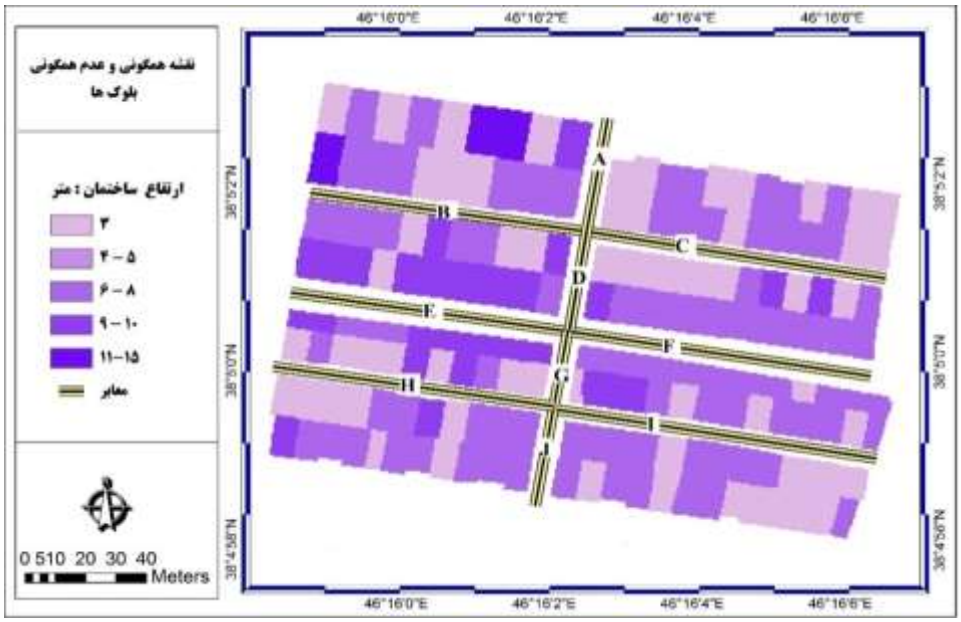
جهت انجام محاسبه نسبت ارتفاع-عرض(H/W)، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار۱۰,۳ ARC GIS محور مرکزی معابر تعیین و سپس جهت تعیین ارتفاع متوسط ساختمان‌های مؤثر در تغییرات جزیره حرارتی، شعاع ۱۵ متری سمت چپ و راست محور معابر در نظر گرفته شد(شکل ۲). (دلیل انتخاب شعاع ۱۵ متری، کم بودن عرض معابر در منطقه موردمطالعه می‌باشد).



شکل۲: نحوه انتخاب شعاع مناسب در سمت چپ و راست معابر(دالوین و بوژنت، ۲۰۱۵)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

پس از انتخاب شعاع مناسب (۱۵ متری)، بلوک‌های موردنظر استخراج و تفکیک گردید. با توجه به تعداد طبقات ساختمان (۱ تا ۵ طبقه)، و ارتفاع متوسط هر بلوک یعنی ارتفاع کم (۳ متر)، متوسط(۸ متر) و زیاد (۱۵ متر) میزان همگنی و یا ناهمگنی هر بلوک تعیین شد(شکل۳).



شکل ۳ : نقشه همگن و ناهمگنی در بلوک‌های منطقه موردمطالعه

متوسط ارتفاع بناهای واقع در شعاع ۱۵ متری از رابطه(۲) و عرض متوسط معابر از رابطه (۳) محاسبه شدند.

رابطه(۲)

$$H = \frac{h۱+h۲+h۳+\cdots+hx}{x}$$

رابطه(۳)

$$W = \frac{Dr۱+Dr۲+Dr۳+\cdots+Dry}{y}+\frac{Dl۱+Dl۲+Dl۳+\cdots+Dlz}{z}$$

H: ارتفاع متوسط هر بلوک

h: ارتفاع هر ساختمان در شعاع موردنظر

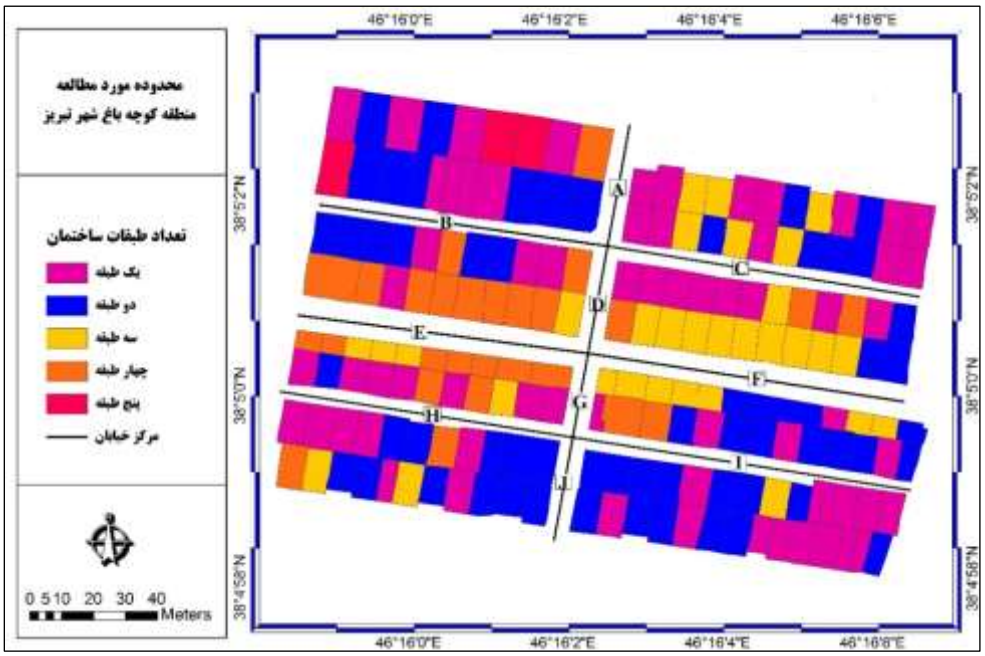
W: عرض متوسط هر خیابان

Dr: فاصله هر بنا تا شعاع موردنظر در بلوک‌های سمت راست

Dl: فاصله هر بنا تا شعاع موردنظر در بلوک‌های سمت چپ

با توجه به معابر، بلوک‌های منطقه موردمطالعه به ۱۰ بلوک مختلف از A تا J تفکیک گردید(شکل۴). پس از انتخاب شعاع ۱۵ متر بلوک ساختمانی در هر محور، ارتفاع ساختمان‌ها نیز به سه دسته‌ی کم (۳متر)، متوسط(۸متر) و زیاد(۱۵متر) طبقه‌بندی گردید. سپس با استفاده از نسبت H/W، شدت جزیره حرارتی در هر بلوک محاسبه گردید. نهایتاً جهت برآورد اثر عرض معابر و ارتفاع ساختمان بر تغییرات شدت جزیره حرارتی شهر تبریز، مدل رگرسیون چندگانه بکار گرفته شد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]



شکل ۴ : تفکیک نهایی بلوک‌های منطقه موردمطالعه

شرح و تفسیر نتایج

پس از محاسبه هندسه منطقه موردمطالعه، نتایج حاصل از خروجی مدل (جدول ۱) نشان داد که بلوک‌های E، G وD ازنظر ارتفاع ساختمان به صورتی ناهمگن توزیع‌شده‌اند، اما توزیع بلوک‌های C، I و J نشان از پیکربندی استاندارد آن‌ها دارد. اگرچه بلوک‌های E، F و Jازنظر عرض معابر دارای تنوع کمتری نسبت به سایر بلوک‌ها دارند، اما ازنظر ارتفاع ساختمان‌ها (۸/۶، ۷ و ۵ متر) دارای الگوهای مختلفی هستند که ارزش حداکثر UHI آن‌ها به ترتیب ۸/۳، ۷/۵ و ۶/۳ درجه می‌باشد. سه بلوک B، H و I علاوه بر اینکه از لحاظ عرض معابر و ارتفاع بناها بسیار شبیه هستند، از نظر نسبت H/W و ارزش شدت جزیره حرارتی با مقادیر ۹/۶، ۹/۸ و ۱۰/۲ درجه به یکدیگر همخوانی دارند.

هم‌چنین مشخص شد که بیش‌ترین اختلاف نسبت H/W، بین دو بلوک A با ضریب ۰/۵۴ و بلوک H با ضریب ۱/۹۸ برقرار است؛ این تفاوت نسبت موجب شده است که اختلاف حداکثر شدت UHI نیز بین این دو بلوک به مقدار ۵/۲ درجه به ثبت برسد.

با توجه به نسبتH/W مندرج در جدول (۱) می‌توان گفت که، هرچه میزان این نسبت بزرگ‌تر شود، جزیره حرارتی شهر نیز با روند صعودی همراه خواهد بود. به‌عبارتی‌دیگر هرچه میزان ارتفاع متوسط ساختمان نسبت به متوسط عرض خیابان زیاد باشد جزیره حرارتی شهر نمود بیش‌تری پیدا می‌کند، زیرا پس داد انرژی به‌واسطه کم بودن عرض خیابان در امتداد قائم کم شده و باعث به تله افتادن حرارت و عدم پس داد آن به محیط خارج از شهر می‌شود.

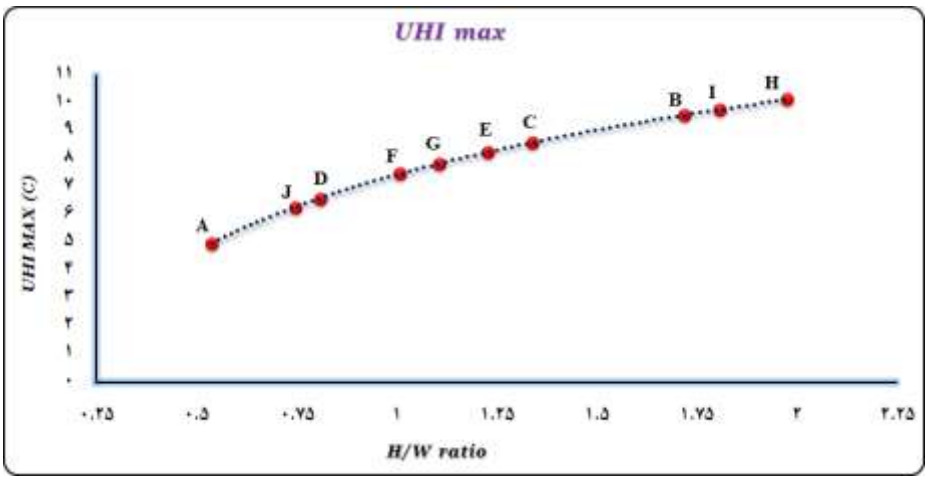
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

جدول ۱ : داده‌های خروجی حاصل از محاسبات مورفومتری

Axis	H med (m)	W med (m)	H/W ratio	UHI max(c)
A	۴/۶	۸/۵	۰/۵۴	۵
B	۵/۵	۳/۲	۱/۷۲	۹/۶
C	۴/۸	۳/۶	۱/۳۴	۸/۶
D	۶/۲	۷/۷	۰/۸۱	۶/۶
E	۸/۶	۷	۱/۲۳	۸/۳
F	۷	۶/۹	۱/۰۱	۷/۵
G	۷/۲	۶/۵	۱/۱۱	۷/۹
H	۵/۵	۲/۸	۱/۹۸	۱۰/۲
I	۵/۱	۲/۸	۱/۸۱	۹/۸
J	۵	۶/۷	۰/۷۵	۶/۳

شکل ۵ ارتباط بین نسبت ارتفاع ساختمان به پهنای معابر و حداکثر جزیره حرارتی در سطح شهر را نشان می‌دهد. با توجه به روند نمودار می‌توان اذعان داشت که هر چه مقدار نسبت H/W افزایش یابد، بر میزان شدت جزیره حرارتی افزوده می‌شود. با توجه به نمودار می‌توان دریافت که بلوک A با ۵ درجه دارای کمترین و بلوک H با ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد بیشترین شدت UHI را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که با توجه عرض معابر و ارتفاع بناها، بلوک A استانداردترین و بلوک H ناهمگن‌ترین و غیراستانداردترین پیکربندی را در این محله دارا می‌باشند.

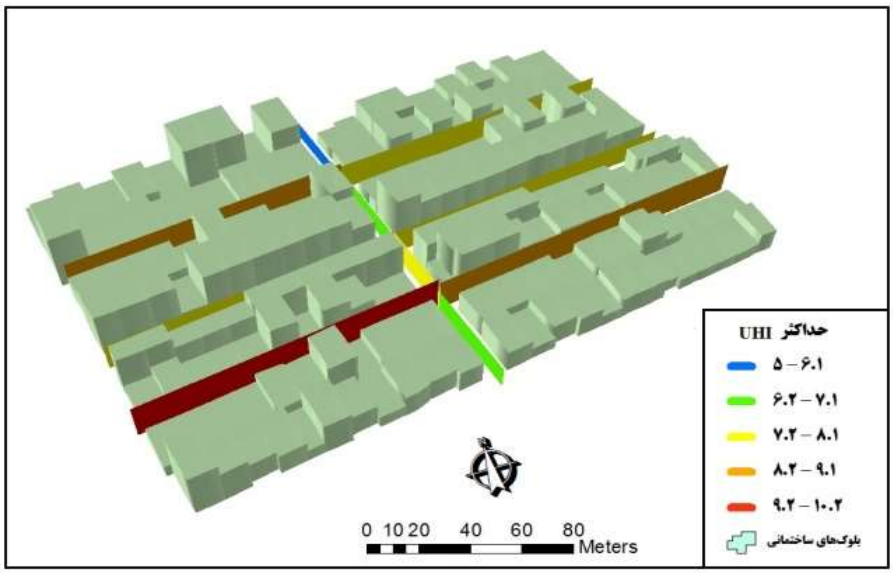
پیکربندی نامناسب باعث می‌شود که خروج انرژی در سطح شهر به‌واسطه عرض کم معابر و ارتفاع زیاد ساختمان‌ها با مشکل روبه‌رو شود. ازاین‌رو برای تسهیل خروج حرارت از سطح شهر بایستی هم‌عرض معابر و هم‌ارتفاع ساختمان مناسبی در نظر گرفت که باعث به دام انداختن انرژی مازاد در سطح معابر شهرها نشود؛ زیرا این مسئله افزایش شدت جزیره حرارتی سطح شهر را در پی خواهد داشت.



شکل۵ ارتباط بین شدت UHIشبیه‌سازی‌شده و نسبت H/W

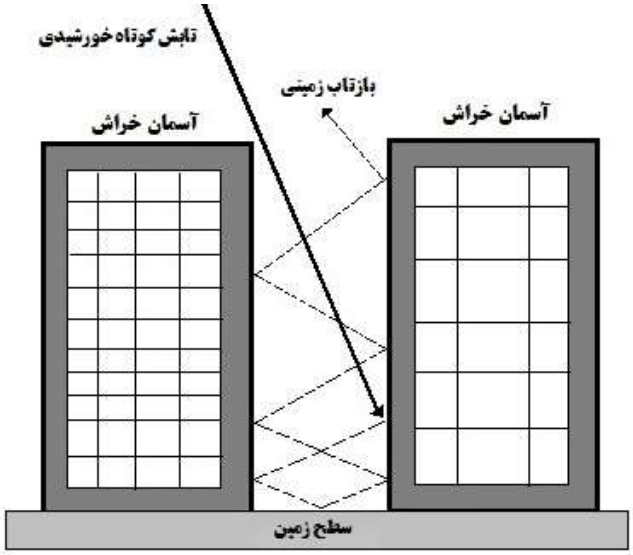
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

پس از محاسبه نسبت H/W، نتایج حداکثر شدت UHI در محله کوچه‌باغ شهر تبریز با استفاده از نرم‌افزار ArcScene به‌صورت مدلی سه‌بعدی شبیه‌سازی و ترسیم گردید(شکل ۶).



شکل ۶: نمایش سه‌بعدی نتایج نهایی حاصل از شبیه‌سازی در ArcScene

درمجموع با توجه به تجزیه‌وتحلیل خروجی حاصل از معادلات انجام‌شده؛ نتایج شبیه‌سازی بر اساس مدل OKE نشان داد که در منطقه شهری موردمطالعه، زمانی که نسبت H/W بین ۰/۵۴تا۰/۸۱ است، حداکثر شدت جزیره گرمایی در محدوده ۵ تا ۶/۶ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند.اما وقتی‌که نسبت H/W در محدوده ۱/۰۱ تا ۱/۹۸ متفاوت است، ارزش حاصل از حداکثر UHI بین ۷/۵ و ۱۰/۲ درجه خواهد بود. لازم به ذکر است که این مدل نشان می‌دهد، در صورت وجود تنوع یا ناهمگنی بزرگ‌تر، شدت جزیره حرارتی در ضرایب پایین‌تر H/W نسبت به ضرایب بالاتر H/W، بیش‌تر خواهد بود. یعنی هرقدر ناهمگنی بین ارتفاع و عرض معابر زیاد باشد، شدت UHI نیز بیش‌تر خواهد شد.بنابراین ساختمان‌های شهری با نما و ابعاد هندسی مختلف و بلندمرتبه با پیچیدگی بازتابش حرارت محسوس، به‌ویژه زمانی که عرض خیابان و کوچه‌ها کم باشد باعث جذب بیشتر انرژی و تولید گرمای بیشتر می‌شوند(شکل۷).



شکل ۷: اثرگذاری ساختمان در جلوگیری از خروج سریع تابش‌های بلند زمینی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

به‌منظور برآورد اثر عرض معابر و ارتفاع بنا بر نوسان جزیره حرارتی شهر تبریز، رگرسیون یک و چندمتغیره مورداستفاده قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ درج گردیده است.

جدول۲: اثر تجمعی عرض معابر و ارتفاع بنا بر نوسان جزیره حرارتی شهر تبریز

متغیر	معادله رگرسیون	ضریب تعیین(درصد) R-Sq
اثر عرض معابر	۱۱،۸ - ۰،۶۸۶ W med	**۹۱/۶**
اثر ارتفاع بنا	۷،۳۸ + ۰،۰۹۹ H med	**۶/۶**
اثر تجمعی	۹،۰۵ + ۰،۵۶۳ H med - ۰،۷۹۷ W med	**۹۸/۲**

با توجه به معادله رگرسیون چند متغیره(جدول۲)، عرض معابر با ضریب تعیین ۹۱/۶ درصد بیش‌ترین تأثیر را بر جزیره حرارتی شهر تبریز داشته و ارتفاع بنا تنها ۶/۶ درصد را به خود اختصاص داده است. درمجموع می‌توان گفت که۹۸/۲ درصد از تغییرات جزیره حرارتی شهر تبریز تحت تأثیر عرض معابر و ارتفاع ساختمان‌ها قرار دارد. بنابراین تراکم ساختمانی و کاهش فضاهای باز شهری باعث کاهش سرعت باد شده و از انتقال آلودگی و حرارت سطح شهر جلوگیری کرده و بر حرارت شهری می‌افزاید. هم‌چنین ارتفاع ساختمان‌ها نیز با توجه به نوع پخش تابش باعث می‌شوند که حداکثر UHI افزایش یابد؛ بدین‌صورت که در طی روز موج‌کوتاه به‌سرعت سطح رسیده ولی در طی شب، گرمای ذخیره‌شده در خیابان‌ها و ساختمان‌ها به آهستگی به هوا منعکس می‌شود، و هر اندازه که ارتفاع ساختمان‌ها بیشتر و عرض معابر کم‌تر باشد، روند کاهش دما نیز کندتر می‌گردد. ضمن آنکه ساختمان‌های بلندمرتبه، علاوه بر آنکه مانعی بر سر راه وزش بادها هستند، گرمای بیش‌تری را در خود ذخیره کرده و روند خنک شدن هوا را با تأخیر مواجه و بر شدت UHI شهری می‌افزایند.

نتیجه‌گیری

نتایج نمایانگر این واقعیت بود که شرایط فیزیکی و هندسی شهر تأثیر بسیار زیادی بر افزایش جزیره حرارتی شهر بر جای می‌گذارد، به‌طوری‌که هرقدر بناها بلندمرتبه‌تر و عرض معابر کمتر باشد مقدار حداکثر شدت جزیره حرارتی بیش‌تر و هرقدر این شرایط عکس باشد مقدار شدت UHI کم‌تر خواهد بود. با کاهش اندازه عرض معابر، الگوی بادهای محلی تغییریافته و به‌ندرت می‌توانند آزادانه در معابر گردش داشته و حرارت را به خارج از محیط هدایت و دمای آنجا را تعدیل نمایند. معابر کم‌عرض، در طول روز، گرما را جذب کرده و تا ساعت‌ها پس از غروب آفتاب آن را در محیط شهری نگه می‌دارد. این معابر کم‌عرض همانند دره‌ای عمیق و باریک منجر به کاهش طول‌موج بلند تابش از محیط عرض باریک خیابان شده و گرما را در سطح معابر نگه می‌دارد، که این عمل موجب بالا رفتن UHI_{max} می‌شوند. همان‌طوری که نتایج نشان داد، از میان سایر بلوک‌ها، بلوک A با ۵ درجه و بلوک H با ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد دارای کمترین و بیشترین مقدار شدت UHIمی‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که با توجه عرض معابر و ارتفاع بناها، بلوک A استانداردترین و بلوک H ناهمگن‌ترین و غیراستانداردترین پیکربندی را در این محله دارا می‌باشند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

نهایتاً نتایج نشان داد، با اینکه ارتفاع ساختمان در افزایش شدت جزیره حرارتی نقش بسزایی دارد، اما بر اساس برآورد حاصل از مدل رگرسیون، اثر عرض معابر با ۹۱/۶ درصد بسیار بیش تراز ارتفاع ساختمان با ۶/۶ درصد در تغییرات شدت جزیره حرارتی(UHI_{max})نقش دارد.

نتایج مطالعات انجام‌شده در سطح جهان ازجمله اوک (۱۹۸۱) و بوژنت و دالوین(۲۰۱۵)نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین مرفولوژی شهر و شدت جزیره حرارتی وجود دارد. همچنین مطالعات محققان ایرانی از جمله صادقی‌نیا و همکاران(۱۳۹۳) و رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران(۱۳۸۵) نیز نتیجه این تحقیق را تأیید می‌نمایند. نتایج اکثر تحقیقات انجام‌شده در ایران، گویای آن بوده‌اند که بین هندسه شهری با شدت جزیره حرارتی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد به‌نحوی‌که هرقدر عرض معابر و ارتفاع بناها ناهمگن‌تر باشند، شدت جزیره حرارتی بیشتر خواهد بود و بالعکس.

منابع

ایزدی, آزیتا و سمیه محمدی.۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر جزیره‌ی گرمایی شهر تبریز، *کنفرانس بین‌المللی انسان، معماری، عمران و شهر*، تبریز، مرکز مطالعات راهبردی معماری و شهرسازی.

الحسینی المدرسی، علی؛ مهدی ساعتی، سیدعقیل ابراهیمی .۱۳۹۴. استخراج جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از تصاویرASTR،*اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، ۱۰-۱.

پورخباز، علیرضا؛ سیدسعیدرضا احمدی‌زاده؛ عاطفه ناصری و ناصر پرویان. ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل جزایر حرارتی در مناطق شهری مشهد، اولین کنفرانس بین المللی معماری، شهرسازی، مهندسی، هنر و محیط زیست، تهران، پژوهشکده هنر و معماری.

رمضانی، بهمن؛ سیده‌مریم دخت‌محمد .۱۳۸۹. شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره‌گرمایی در شهر رشت، *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، **۱(۱)**: ۴۹-۶۴.

رنجبرسعادت‌آبادی، علی؛ عباسعلی اکبری بیدختی، سیدعلیرضا صادقی‌حسینی .۱۳۸۵. آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی درکلان شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین،*مجله محیط‌شناسی*، **۳۲(۳۹)**: ۵۹-۶۸.

رنگزن، کاظم ؛ محمدعلی فیروزی؛ ایوب تقی زاده و رامین مهدی زاده، (۱۳۹۲)، بررسی و تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از R.SوGIS: نمونه موردی: شهر اهواز، *اولین سمینار ملی کاربرد* **GIS***در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری*، تهران، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲.

صادقی‌نیا، علیرضا؛ بهلول علیجانی، پرویز ضیائیان .۱۳۹۱. تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی کلان‌شهر تهران با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱(۴)**: ۱-۱۷.

محرمی، جاوید. ۱۳۹۳. بررسی نقش کاربری اراضی در تولید جزیره گرمایی شهری (مطالعه موردی: شهر تبریز)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی*، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تبریز.

Atkinson B W. ۲۰۰۳. Numerical modelling of urban heat-island intensity. Boundary Layer Meteorology, **۱۰۹**(۳):۲۸۵-۳۱۰.DOI: ۱۰,۱۰۲۳/A:۱۰۲۵۸۲۰۳۲۶۶۷۲.

Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J., &Szegedi, S. ۲۰۰۹. Simulation of the mean urban heat island using ۲D surface parameters: Empirical modelling, verification and extension. *Meteorological Applications*, *۱۶*(۳), ۲۷۵-۲۸۷. **DOI**: ۱۰,۱۰۰۲/met.۱۱۶.

Bokaie M, KheirkhahZarkesh M, DaneshkarArasteh P, Hosseini A. ۲۰۱۶. Assessment of Urban Heat Island Based on the Relationship between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover in Tehran, *Journal sustainable cities and society*, **۲۳**(۱): ۹۴–۱۰۴, DOI.org/doi:۱۰,۱۰۱۶/j.scs.۲۰۱۶,۰۳,۰۰۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

Chen Q., J. Ren., Z. Li., C. N. ۲۰۰۹. Urban Heat Island Effect Research in Chengdu City Based on Modis data. In proceedings of ۳rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE ۲۰۰۹, Beijing, China, PP ۱۱–۱۳.

Chen, H., R. Ooka and S. Kato. ۲۰۰۸. Study on optimum design method for pleasant outdoor thermal environment using genetic algorithms (GA) and coupled simulation of convection, radiation and conduction. *Building and Environment*, **۴۳**(۱): ۱۸-۳۰.**DOI**: http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.buildenv.۲۰۰۶,۱۱,۰۳۹.

CHuangoh, K ,. HingCHen, Ch. ۱۹۹۹. The relationshib between heigh to width ration and the Heat Island intensity at ۲۲:۰۰ h for Singapore, Int. J. *Climatol*. **۱۹(۹)**:۱۰۱۱–۱۰۲۳, **DOI**: ۱۰,۱۰۰۲/(SICI)۱۰۹۷-۰۰۸۸(۱۹۹۹۰۷)۱۹:۹<۱۰۱۱::AID-JOC۴۱۱>۳,۰.CO;۲-U.

Dhalluin, A ;Bozonnet, E. ۲۰۱۵. Urban heat islands and sensitive building design – A study in some French cities' context, *Sustainable Cities and Society*,**۱۹**: ۲۹۲–۲۹۹, http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.scs.۲۰۱۵,۰۶,۰۰۹.

Fahmy M, Mokhtar H, Gira, A. ۲۰۱۲. Adaptative urban form design on a climate change basis; A case study in Nuba, Egypt. ICUC۸ – ۸th International Conference on Urban Climates, ۶th-۱۰th August, ۲۰۱۲, UCD, Dublin Ireland.

Guri,B.Apurba,K.D,(۲۰۱۴),Summertime Urban Heat Island Study For Guwahati City India, *Sustainable Cities And Society*, **۱۱**, ۶۱-۶۶.

Han S, Mun S, Huh J. ۲۰۰۷. Changes of the micro-climate and building cooling load due to the green effect of a restored stream in Seoul, Proceeding: Building Simulation Korea۲۰۰۷.

Jusuf SK, Hien WN. ۲۰۰۹. Development of empirical models for an estate level air temperature prediction in Singapore.Proceedings.Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands.pp:۱۹-۲۳.

Levermore GJ, Cheug HKW .۲۰۱۲. A low-order canyon model to estimate the influence of canyon shape on the maximum urban heat island effect. *Building Services Engineering Research and Technology*, **۳۳**(۴):۳۷۱-۳۸۵,http://journals.sagepub.com/toc/bsea/۳۳/۴.

Marciotto ER, Oliveira AP, Hanna SR . ۲۰۱۰. Modeling study of the aspect ratio influence on urban canopy energy fluxes with a modified wall canyon energy budget scheme, *Building and Environment*, **۴۵**(۱۱):۲۴۹۷-۲۵۰۵, **DOI**: ۱۰,۱۰۱۶/j.buildenv.۲۰۱۰,۰۵,۰۱۲.

Memon RA, Leung DYC, Liu CH. ۲۰۱۰. Effects of building aspect ratio and wind speed on air temperatures in urban-like street canyons. *Building and Environment*, **۴۵**:۱۷۶-۱۸۸, http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.buildenv.۲۰۰۹,۰۵,۰۱۵.

Nakata O C. M, De Souza L. C. L, Rodrigues D.S. ۲۰۱۵. A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometr, Proceedings of CUPUM **۲۰۱۵**, Conference Cambridge, Massachusetts (USA),PP:۱-۱۶,http://hdl.handle.net/۱۸۲۲/۳۸۸۴۵

Neolia,L.A,Erica N.C,M. Alicia Canton,(۲۰۱۴),Classification Of Building Materials Use In The Urban Envelopes According To Thire Capacity For Mitigation Of The Urban Heat Island In Semiarid Zones, *Energy And Buildings* . vol **۶۹**,pp۲۲-۳۲.

Oke T.R, Johnson GT, Steyn DG, Watson ID. ۱۹۹۱. Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night – Part ۲: Diagnosis and causation. *Boundary Layer Meteorology*, **۵۶**(۴):۳۳۹-۳۵۸.**DOI**: ۱۰,۱۰۰۷/BF۰۰۱۱۹۲۱۱.

Oke T.R. ۱۹۸۱. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island:comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*. **۱**(۳):۲۳۷-۲۵۴,**DOI**: ۱۰,۱۰۰۲/joc.۳۳۷۰۰۱۰۳۰۴.

Oke, TR. ۱۹۸۴. Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning. *Energy and Buildings*, **۷**(۱):۱-۱۰, **DOI**: ۱۰,۱۰۱۶/۰۳۷۸-۷۷۸۸(۸۴)۹۰۰۴۰-۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]

Oliveira P, MJN, Gonçalves HJP, Ferrão PMC. ۲۰۰۹. Numerical analysis of the street canyon thermal conductance to improve urban design and climate, *Building and Environment*, **۴۴**(۱):۱۷۷-۱۸۷, **DOI**: ۱۰,۱۰۱۶/j.buildenv.۲۰۰۸,۰۲,۰۰۴ .

Sailor, D.G(۲۰۱۴),Risk Of Summertime Extreme Thermal Conditions In Buildings As a Result Of Climate Change And Exacerbation Of Urban Heat Islands, *Building and Environment*,vol**۷۸**,pp۸۱-۸۸.

Santo MA, Maggiotto G, Stocker J, Carruthers D, Sabatino SD. ۲۰۱۲. Comparison of ADMS-Temperature and Humidity model and ENVIMET and measured temperature values. ICUC**۸** – **۸**thInternational Conference on Urban Climates, ۶th-۱۰th August, ۲۰۱۲, UCD, Dublin Ireland.

Streutker, D. R. (۲۰۰۳). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, **۸۵**, ۲۸۲–۲۸۹.

Svensson M, Eliasson I, Holmer B. ۲۰۰۲. A GIS based empirical model to simulate air temperature variations in the Göteborg urban area during the night, *Climate Research*, **۲۲**(۳): ۲۱۵-۲۲۶, **DOI**: ۱۰,۳۳۵۴ / cr۰۲۲۲۱۵.

Theeuwes, N. E., Steeneveld, G.-J., Ronda, R. J. and Holtslag, A. A. M. ۲۰۱۶. A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe. *Int. J. Climatology*., **۳۷**: ۴۴۳–۴۵۴. **DOI**:۱۰,۱۰۰۲/joc.۴۷۱۷.

Zinzi M, Carnielo E, Marinelli E. ۲۰۱۲. Thermal and solar characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures. ICUC**۸** – **۸**th International Conference on Urban Climates, ۶th-۱۰th August, ۲۰۱۲, UCD, Dublin Ireland.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-24]