مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره پنج، مردادماه ۱۴۰۳ (۱۵۳-۱۴۱)

ارزیابی راهکارهای موثر در کاهش جزیره حرارتی مراکز شهری با تاکید بر سطوح سرد و سطوح سبز

(نمونه موردی: باز طراحی یک بلوک شهری در منطقه راه آهن شهر تهران)[1]

گلنوش پارسی[2]

حسین مدی[3]

مریم آزموده[3]*

azmoodeh@arc.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۴**

چکیده

زمینه و هدف: آسایش حرارتی یکی از الزامات شهرها است. با وجود این امروزه بسیاری از شهرها شاهد کاهش آسایش حرارتی هستند که یکی از دلایل آن افزایش جزایر حرارتی به‌واسطه افزایش محیط مصنوع است. کلانشهر تهران نیز سال‌هاست که با جزیره حرارتی روبه‌رو است. به همین منظور هدف این پژوهش بازطراحی و ارائه الگو برای عناصر مصنوع سیمای کف، جداره و بام در محله راه‌آهن تهران و یافت ترکیبی موثر از عوامل کاهنده برای کاهش جزیره حرارتی است.

روش بررسی: این پژوهش، با روش تجربی و نمونه‌کاوی (محله مسکونی راه آهن تهران) در تاریخ بهمن ۱۳۹۹ هجری شمسی انجام شده است. روش گردآوری داده‌ها، غیرمستقیم و مستقیم و روش تحلیل، شبیه سازی با نرم‌افزار انویمت است. ابتدا شرایط موجود بر اساس پارامترهایی محیطی تحلیل و پس از آن سناریوهای کاهشی مجددا بر اساس همان پارامترها بررسی و مقایسه شده است.

یافته‌ها: به طور کلی مصالح معابر تاثیر بسیاری در افزایش دما دارند و تغییر آن‌ها به مصالح بازتابنده سبب کاهش چشم‌گیر دما می‌شود. همراهی مصالح بازتابنده معابر با بام بازتابنده و سبز نیز موثر است، اگرچه که استفاده از بام سبز به دلیل کاهش بیشتر دما و افزایش رطوبت تبخیری جایگزین بهتری محسوب می‌شود. اولویت استفاده از نمای سبز به ترتیب در جهات جنوبی، غربی، شمالی و شرقی است و استفاده از نمای سبز بدون همراهی سایر راهکارها تاثیر کمتری دارد.

بحث و نتیجه‌گیری : استفاده توامان از مصالح بازتابنده معابر، بام سبز و افزودن نمای سبز می‌تواند الگو مناسبی برای کاهش اثرات جزایر حرارتی در محدوده مورد نظر و یا هر محله مشابه آن باشد.

واژه‌های کلیدی: جزیره حرارتی، راهکارهای کاهشی جزیره حرارتی، محله راه آهن تهران، شبیه سازی انویمت.

۱- مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول تحت عنوان" بازطراحی محله و تدوین الگوی یک ساختمان به منظور کاهش اثرات جزایر حرارتی و مصرف انرژی ساختمان در محدوده راه‌آهن تهران" به راهنمایی نویسندگان دوم و سوم در دانشگاه بین المللی امام خمینی است.

۲- کارشناسی ارشد معماری و انرژی .دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

۳- عضو هیئت علمی گروه معماری دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No. 5, August, 2024

Evaluation of effective strategies to reduce the heat island in urban centers with emphasis on cold surfaces and green surfaces (Case study: Redesign of an urban block in the Raah-Aahan, Tehran)

Golnoush Parsi[1]
Hossein Medi[2]
Maryam Azmoodeh[2*]
azmoodeh@arc.ikiu.ac.ir

Admission Date: September 15, 2022 Date Received: June 26, 2021

Abstract

Background and Objectives: thermal comfort is one of the requirements in the cities. However, lots of cities have thermal problems recently which has been caused due to heat islands. Tehran has also faced urban heat island in some urban centers. The main goal of this research is redesigning and introducing a model for the built environment such as roads, façade and roof materials and finding a synthesis of effective strategies to eliminate heat island in Tehran Raah-Ahan neighborhood.

Material and Methodology: This study has been done in February,2021. The method of this research is experimental based on an urban case study. Data collection has been done by direct and indirect observations and analysis has been done by Envi-met software. First, current situation was analyzed based on some environmental parameters and then each mitigation scenarios, based on the same parameters, has been analyzed.

Findings: roads material have a great effect on increasing the temperature and changing them with reflective materials reduces temperature meaningfully. The combination of reflective and green roof is also effective although green roof is a better alternative due to further lowering the temperature and increasing evaporative humidity. The priority of adding green wall to the facades is south, west, north and east direction. In addition, implementing green wall without other strategies has little effect on reducing temperature.

Discussion and conclusion: Implementing reflective roof, green roof and green wall together is a proper model for mitigating heat island effect in railway station neighborhood or any similar neighborhoods.

Keywords: Heat- island, Heat- island mitigation strategies, Tehran Raah-Ahan neighborhood, Envi-met simulation.

1- Master Student of Architecture and Energy, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- Faculty member, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. *(*Corresponding Author*)

مقدمه

شهر مکانی است که در عین برطرف کردن نیازهای اجتماعی و اقتصادی انسان، باید آسایش انسان را نیز فراهم کند (۱). آسایش حرارتی یکی از زیرمجموعه‌های آسایش محیطی است و به معنای شرایطی است که در آن، دمای محیط پیرامون برای انسان رضایت بخش است (۲). ایجاد چنین آسایشی با شناخت عوامل انسانی و نیز با استفاده از دانش اقلیمی و پیوستگی آن با معماری و طراحی شهری، برای انسان پدید می‌آید. امروزه، با گذشت زمان می‌توان مشاهده کرد که نه تنها بسیاری از شهرها محیط مناسبی از نظر آسایش محیطی و حرارتی نیستند، بلکه سبب تغییرات اقلیمی و افزایش دمای کره زمین نیز شده‌اند (۳). بسیاری از پژوهشگران علت اصلی این افزایش حرارت در شهرها را در وهله اول گرمایش جهانی و در وهله دوم مربوط به جزایر حرارتی شکل گرفته در شهرها می‌دانند. نحوه شهرسازی و معماری، فعالیت روزانه ساکنان، میزان مصرف انرژی (۴)، مصالح، جهت‌گیری همه از عوامل ایجاد جزایر حرارتی هستند (۵). جزایر حرارتی می‌توانند سبب به خطر افتادن سلامت عمومی (۶)، افزایش مصرف انرژی (۷)، و حتی تهدید اکوسیستمها و سایر محیط‌زیستی دیگر شوند (۸). پژوهش حاضر پژوهشی مشکل محور است و بر اساس مسئله جزایر حرارتی در تهران و به طور خاص در محله راه آهن تهران شکل گرفته است. بر اساس داده‌های مرکز آمار در سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر تهران به حدود هشت و نیم میلیون نفر رسیده است و دمای این شهر از ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۵ حدود ۴ درجه افزایش یافته است (۹). طبق نقشه‌های حرارتی، جزایر حرارتی در محله راه آهن تهران بالا است که پیامدهای آن موجب افزایش مصرف انرژی شده است. بنابراین هدف اصلی این پژوهش بازطراحی و ارائه الگو برای عوامل و عناصر محیط مصنوع از جمله کف، جداره و بام در محله راه‌آهن تهران و یافت ترکیبی موثر از عوامل به منظور کاهش جزیره حرارتی و در راستای آن بهبود آسایش حرارتی و مصرف انرژی ساختمان‌ها است.

پیشینه پژوهش

واژه جزیره حرارتی برای اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط گردن مانلین در ادبیات هواشناسی استفاده شد (۱۰) پدیده جزیره حرارتی در واقع مانند یک "جزیره برعکس" در جایی که دمای هوا و سطوح، بالاتر از مناطق اطرافشان هستند دیده می شود. شدت جزایر حرارتی در هر منطقه متفاوت است (۱۱)و وابسته به ویژگی‌های جغرافیایی، آب‌وهوایی، تفاوت‌های فصلی و حتی ساعات مختلف روز است (۱۲). هم‌چنین شدت جزیره حرارتی، علاوه بر عوامل فوق، تحت تاثیر محیط مصنوع، جمعیت ، شکل شهر، تراکم ، کاربری‌ها ، گرمای انسان‌ساز و مصالح به کار رفته در شهر نیز است (۱۳). به طور کلی جزایر حرارتی را می‌توان با ویژگی‌هایی از جمله از ۱- دمای هوای بالاتر نسبت به مناطق اطراف و افزایش در ساعات آخر روز ۲- دمای بالاتر سطوح ۳- تاثیرات شدید در شرایط آسمان صاف ۴- وارونگی ۵-تاثیر متقابل تراکم شهر و جزیره حرارتی شناخت (۱۱). در سال‌های اخیر نیز تحقیقات بسیاری در ارتباط با جزایر حرارتی و راهکارهای کاهشی آن در کشورهای مختلف انجام شده است. در جدول ۱ برخی از پژوهش‌های این حوزه که با پژوهش حاضر بیشتر مشابهت دارند ارائه شده است.

جدول۱- پژوهش‌های پیشین در زمینه جزایر حرارتی(منبع: نگارندگان)

Table1. Previous studies on heat islands

سال	نویسنده	اهداف	نتایج
۲۰۰۷	Synnefa et al. (14)	بررسی تاثیر پوشش سرد بام بر روی بار سرمایشی و گرمایشی در اقلیم‌های مختلف	نتایج نشان می‌دهد که افزایش ضریب بازتاب در بام می تواند ۱۸-۹۳ درصد میزان بار سرمایی را کاهش دهد.
۲۰۰۸	Alexandri and Jones (15)	بررسی تاثیر حرارتی استفاده از پوشش گیاهی بر روی ساختمان بر روی خرداقلیم در محیط مصنوع	استفاده از پوشش گیاهی سبب کاهش دمای و بهبود آسایش حرارتی در داخل و خارج از ساختمان می‌شود .
۲۰۰۹	Akbari et al. (16)	تاثیر افزایش آلبدو بر روی کاهش co2	افزایش آلبدو به میزان ۰/۱ در مناطق شهری سبب کاهش ۴۴ گیگا تنco2 در شهر شود
۲۰۱۰	Wong et al. (17)	برررسی تاثیر حرارتی نمای سبز بر روی عملکرد ساختمان ها و محیط اطراف	فواید بالقوه دیوار سبز در کاهش دمای سطوح ساختمان ها
۲۰۱۱	Santamouris et al. (18)	ارزیابی مصالح سرد درساختارهای ساختمانی و شهری	کاهش جزایر حرارتی و تعدیل دمای محیط در اثر مصالح سرد
۲۰۱۳	Santamouris (19)	پیاده‌راه با مصالح سرد و بررسی مشخصات حرارتی	تاثیر پیاده‌راه با مصالح سرد بر روی کاهش دما
۲۰۱۵	Rossi et al. (20)	زاویه بازتاب فیلم های Retroreflective(RR) برای کاهش جزایر حرارتی	این نوع از مصالح می‌توانند به طور موثری به عنوان پوشش ساختمان ها و پیاده‌راه‌ها استفاده شوند.
۲۰۱۶	Tan et al. (21)	هدف ارائه سیاست طراحی برای مناطق سبز شهری	تاثیر خنک‌کنندگی درختان شهری
۲۰۱۶	Akbari (22)	بررسی تاثیر جزایر حرارتی بر مصرف انرژی، و ارزیابی مصالح برای مقابله با جزایر حرارتی.	ارائه و ارزیابی راهکارهای کاهشی از جمله بام سرد، پیاده راه سرد و پوشش گیاهی شهری
۲۰۱۸	Taleghani and Berardi (23)	تاثیر مصالح متفاوت بر روی آسایش حرارتی در محیط بیرون در میدان اصلی تورنتو است.	تاثیرات مصالح بازتابنده بر افزایش بازتاب و استفاده از مصالح سفید
۲۰۱۹	Fabiani et al. (24)	بررسی تاثیر پوشش‌های ترموکرومیک در جلوگیری از گرمایش بیش از حد بام در تابستان	استفاده از پوشش‌های ترموکرومیک برای افزایش بازتاب امواج کوتاه در تابستان و کاهش.
۲۰۱۹	Susca (25)	بررسی تاثیرات بام سبز بر مصرف انرژی ساختمان تاثیرگذاری بیشتر و تاثیر بام سبز بر جزایر حرارتی	یک دستورالعمل مناسب برای تصمیم‌گیری‌های شهری
۱۳۹۰	خسروی و قبادی(۲۶)	معرفی بام سبز و نقش آن در کاهش	کاهش قابل توجهی در ظرفیت حرارتی بام در اثر

۱۳۹۶	آزموده و حیدری(۲۷)	تاثیر دیوار سبز بر خرداقلیم و جزایر حرارتی در محیط‌های شهری	کاهش دمای اطراف دیوارهای سبز تا ۱ درجه در فصل گرم و افزایش دما در فصول سرد
		جزیره حرارتی	افزودن بام سبز

به طور کلی در منابع مختلف به برخی و یا اکثر دلایل ایجاد جزیره حرارتی اشاره شده‌است. با بررسی پژوهش‌های جدول ۱ و هم‌چنین منابعی از جمله (۳۰،۲۹،۲۸،۱۱) می‌توان دلایل ایجاد جزیره حرارتی را در۱- میزان تابش خالص ۲- ویژگی های مصالح از نظر جنس و مشخصات گرمایی۳- میزان برودت تبخیری۴- میزان گرمای انسان‌ساز۵- فرم و هندسه شهر۶- شرایط آب‌وهوایی و آلودگی هوا خلاصه کرد. بر این اساس شاخص‌های شهری برای کاهش جزایر حرارتی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲- مولفه های موثر بر جزایر حرارتی در محیط مصنوع (منبع: نگارندگان)

Table 2. Indicator and variable of heat islands

مولفه‌های موثر بر جزیره حرارتی	شاخص‌ها	متغییرها	راهکارهای کاهشی به طور عام
مصالح شهری(۳۱،۲۹،۱۸،۱۱)	مشخصات حرارتی	ضریب نفوذ	استفاده از مصالح سرد شهری در سیمای بام، جداره‌ها و کف
		نرخ انعکاس	
		نرخ انتشار	
	نفوذپذیری	میزان تخلخل در مصالح	استفادهاز مصالح نفوذپذیر و متخلخل
	رنگ	رنگ	استفاده از رنگ‌های روشن‌تر
پوشش گیاهی (۳۲،۳۱،۱۵،۱۳،۱۱)	برودت تبخیری	میزان پوشش گیاهی در سطح شهر	استفاده از پوشش‌های گیاهی در سطح شهر و در مقیاس ساختمان(بام و نمای سبز)
		شاخص سطح برگ	
		هندسه شهری	
فرم و هندسه شهری (۳۳)	دره‌های شهری	نحوه طراحی بافت های شهری و نسبت عرض به طول ساختمان	تغییر در نحوه طراحی شهری
	شاخص دید به آسمان		

هم‌چنین با بررسی مطالعات پیشین می‌توان دریافت که غالب پژوهش‌های انجام شده درباره یک راهکار خاص به صورت مجزا برای کاهش جزایر حرارتی بوده است و پژوهش‌های کمی به بررسی ترکیب و چگونگی استفاده و سنتز این عوامل با هم در یک محله به منظور کاهش آثار جزیره حرارتی پرداخته اند. به همین دلیل پژوهش حاضر از حیث ترکیب عوامل و عناصر مصنوع به طور مشخص برای محله راه آهن شهر تهران و متناسب با شرایط محله برای کاهش شدت جزیره حرارتی پژوهشی نو است.

روش بررسی

روش استفاده شده در این پژوهش روش تجربی و نمونه‌کاوی است که در آن بخشی از محله راه‌آهن تهران واقع در منطقه ۱۱ تهران به منظور بررسی سناریوهای کاهشی جزایر حرارتی به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. به همین منظور در گردآوری داده‌ها از روش غیر مستقیم و مستقیم میدانی و در تفسیر، تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل اسنادی- محتوایی و شبیه سازی بهره برده شده است. در روش غیرمستقیم برای گردآوری داده‌ها از ابزار مطالعه، اسناد و مدارک موجود، نقشه‌های فرادست، طرح تفضیلی و هم‌چنین

اسناد و مدارک مرتبط با داده‌های هواشناسی، نقشه‌های حرارتی ماهواره لندست و در روش مستقیم از ابزاری همچون مطالعات و مشاهدات میدانی استفاده شده است. هم‌چنین از نرم‌افزار انویمت نیز به عنوان یکی از ابزار شبیه‌سازی بهره برده شده است. برای دست‌یابی به هدف تعیین شده برای پژوهش، ابتدا وضع موجود محدوده مورد نظر به کمک نرم‌افزار انویمت شبیه‌سازی و براساس پارامترهای محیطی سنجیده و پس از آن سناریوهای کاهشی ارائه شد. سناریوهای ارائه شده در این پژوهش بر پایه راهکارهای کاهشی جزایر حرارتی و هم‌چنین بر اساس محدودیت‌ها و شرایط اقتصادی، محیطی و کالبدی محدوده مورد نظر، انتخاب شده‌اند. سناریوها بر اساس پارامترهای محیطی بررسی و با وضع موجود مقایسه شده‌اند. در انتها با استفاده از یافته‌های به‌دست آمده از سناریوهای کاهشی ، الگو نهایی برای کاهش جزیره حرارتی در محله ارائه و بخشی از محله راه آهن تهران سیاست گذاری و بازطراحی گردید. پس از آن، مدل بازطراحی شده در نرم افزار انویمت مجددا شبیه‌سازی و تحلیل شده تا مطلوبیت و عملکرد الگو نهایی نسبت به وضع موجود سنجیده شود. تاریخ انجام این تحقیق بهمن سال ۱۳۹۹ هجری شمسی بوده و نحوه اعتبارسنجی داده‌های نرم افزار انویمت، به شیوه قیاسی و با استناد به پژوهش‌های پیشین است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

برای پژوهش حاضر بخشی از محله راه‌آهن تهران در منطقه ۱۱شهر تهران انتخاب شده است. این محله یکی از محله‌های مسکونی پرجمعیت و شدت جزایر حرارتی آن نسبتا بالا است. کف معابر در این محله اغلب پوشیده از آسفالت است و اکثر مسیرهای روان آب‌ها در زیر سطح خیابان تعبیه شده‌اند. مصالح نمای ساختمان‌ها در این محله از الگو خاصی تبعیت نمی‌کند اما اکثر مصالحی که به چشم می‌خورد از جنس نما چینی وسیمان پاششی است و در ساختمان های نوساز می‌توان ترکیبی از مصالح سنگ تراورتن و آجر را نیز مشاهده کرد. میزان پوشش گیاهی در این محله به صورت پراکنده و در برخی بخش‌ها به صورت نامتوازن است. از جمله درختان در این منطقه می توان به درخت توت، اقاقیا، زبان گنجشک و درخت مو اشاره کرد.

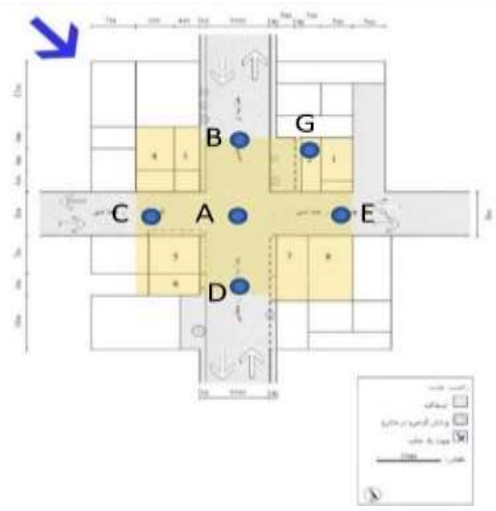
شبیه سازی

شبیه سازی در این پژوهش با استفاده از نرم افزار انویمت انجام گرفته است. این نرم فزار امکان بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف را در مقیاس‌های خرد شهری فراهم می‌کند و به تحلیل شرایط اقلیمی و حرارتی منطقه می‌پردازد (۳۴). در این پژوهش برای تحلیل سناریوهای انتخاب شده از نسخه لایت ۴,۴,۵ انویمت استفاده شده است که از لحاظ ابعاد و تعداد شبکه محدودیت‌هایی دارد. به همین دلیل مدل مورد مطالعه با ابعادی حدود ۳۰*۳۰ متر محدود به یکی از تقاطع‌های محله، تقاطع دو خیابان رجعتی(شمالی-جنوبی) و رحمانی(شرقی-غربی) است که در جنوب محله راه آهن قرار دارد و از ۸ ساختمان در اطراف این تقاطع تشکیل شده است. ساختمان‌های مدل شده، ۲ تا ۵ طبقه با کاربری مسکونی هستند که نمونه‌ای از بافت غالب محله را نمایندگی می‌کنند. هم چنین در این محدوده جنس مصالح کف معابر ماشین رو و پیاده رو ها از جنس آسفالت تیره و جنس مصالح به‌کار رفته در حیاط خانه ها از جنس بتن است.

شکل ۱- موقعیت و حجم سه بعدی از تقاطع انتخاب شده برای تحلیل در انویمت

Figure 1. The 3D image of the chosen area to analyze by Envi-met

به عنوان داده‌های ورودی به نرم‌افزار انویمت از داده‌های آب‌و هوایی به‌دست آمده از سازمان هواشناسی کشور و هم چنین مشخصات مصالح و گیاهان به کمک اطلاعات پژوهش‌های پیشین مانند (۲۲،۱۵) و مقررات ملی ساختمان ایران (مبحث ۱۹) استفاده شده است. در ادامه برای تحلیل، داده‌های انویمت در زمان ۱۵ تیر ساعت ۱۵، که طبق تحقیقات پیشین از جمله نجفی گرجی و همکاران، ۱۳۹۶ (۹) بیشترین میزان از جزایر حرارتی در تهران را داراست، و در دو ارتفاع ۱/۵ متری و ۱۵/۵ متری،که حدود ۰/۵ متر بالاتر از بلندترین ساختمان است، بررسی شد. داده‌های بررسی شده در این تحلیل بر اساس پارامترهای محیطی همچون دمای تابش خالص، دمای هوا و سطوح، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد است که به کمک آن‌ها شرایط کلی ایجاد شده در هر سناریو بررسی شده است. هم‌چنین برای تحلیل بهتر ۵ نقطه (Aتا E) در ارتفاع ۱/۵ متری و یک نقطه(G)، برای بررسی بهتر بام سبز، (تصویر۲) تعیین شد تا بتوان پارامترهای محیطی را در این نقاط نیز بررسی و مقایسه کرد.



تشکل۲- نقاط تعیین شده برای آنالیز و مقایسه سناریوها با وضع موجود

Figure 2. The chosen points for comparing scenarios with current situation

جدول ۳- پیش فرض‌های آب و هوایی

Table 3. Weather assumptions

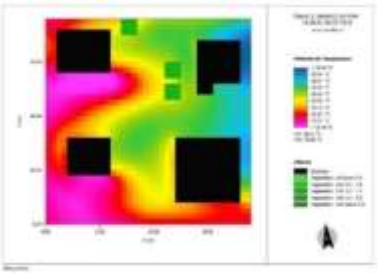
تاریخ	حداکثر دما	حداقل دما	میانگین سرعت باد	حداکثر رطوبت نسبی	حداقل رطوبت نسبی	دمای میانگین خاک
۱۵ تیر ۱۳۹۹	۴۰	۲۸/۱	۳	۳۴	۹	۲۵

برای ساخت مدل جدید راه آهن تهران و تعیین سناریوهای کاهشی مناسب و منطبق بر شرایط محدوده مورد نظر، برخی معیارهایی از جمله شرایط اقتصادی، شرایط محیطی، شرایط کالبدی، سهولت اجرا و نگهداری و سطح مداخلات در نظر گرفته شد. بدین منظور که به عنوان مثال برخی از راهکارهای عام کاهشی در خصوص جزایر حرارتی مانند استفاده از پوشش‌های ترموکرومیک و یا مواد تغییر فازدهنده از نظر شرایط اقتصادی و در دسترس بودن در منطقه مورد نظر، استفاده از پوشش گیاهی در سطح شهری، از نظر کالبدی و از آن‌جایی که محدوده انتخاب شده دارای معابر باریک بوده و در حال حاضر نیز پوشش گیاهی و انواع درختان در معابر عریض‌تر استفاده شده است، استفاده از بام سبز گسترده به دلیل محدودیت‌های سازه‌ای در بام ساختمان‌های موجود، ویا استفاده از مصالح نفوذپذیر و متخلخل را که اغلب در اقلیم و یا محیط‌های مرطوب استفاده می‌شوند و از نظر اقلیمی متناسب با شرایط محدوده مورد پژوهش نیستند، را از بین راهکارهایی که

امکان استفاده در منطقه داشته‌اند، حذف گردیده است. در کنار این محدودیت‌ها توجه به سطح مداخلات، سبب حذف برخی راهکارهای دیگر، مانند بلوک‌بندی مجدد ساختمان‌ها و یا تغییر در عرض و جهت‌گیری خیابان‌ها شده است. در نتیجه براساس راهکارهای عام کاهشی جزایر حرارتی و ملاحظات نامبرده شده، ۳ سناریو برای بررسی در محله راه‌آهن تهران انتخاب شد که معطوف به تغییر در مصالح سطوح شهری و استفاده از پوشش گیاهی در مقیاس ساختمان هستند. سناریوهای کاهشی به شرح زیر است: تغییر مصالح معابر و بام به مصالح بازتابنده ،تغییر مصالح معابر به بازتابنده و بام به بام سبز، تغییر مصالح جداره به نمای سبز.

یافته‌های پژوهش

تحلیل‌های از وضع موجود نشان می‌دهد که محدوده مورد نظر در ساعت ۱۵، روز ۱۵ تیرماه دمایی با حداکثر حدود ۴۰ درجه و حداقل حدود ۳۸/۹ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند که بیشترین میزان این دما در مرکز تقاطع و هم چنین در طول خیابان (شرقی-غربی رجعتی) است. حداقل درجه حرارت در این محدوده در شمال مدل و نزدیک پوشش‌های گیاهی رخ



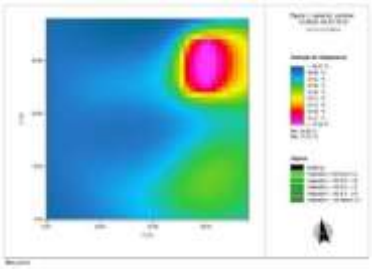
تصویر۳- نمودار دمای محیط سناریو اول در ارتفاع ۱/۵ متری

Figure 3. Temperature of first scenario in 1/5m

یافته‌های سناریو دوم: تغییر مصالح معابر به بازتابنده و بام به بام سبز- در اینجا، سطوح معابر بدون تغییر مانند سناریو اول بوده و فقط مصالح تمام بام‌ها به بام سبز گسترده با ارتفاع گیاهی حدود ۳۰ سانتی‌متر، تغییر کرده است. این سناریو کمک می‌کند تا تاثیر دو بام بازتابنده و بام سبز در محدوده بررسی شود. با توجه به یافته‌های سناریو دوم، حرارت دما به طور کلی نسبت به وضع موجود و سناریو اول در تمام می‌دهد. هم‌چنین، در ارتفاع ۱۵/۵ متری که حدود نیم متر بالاتر از بلندترین ساختمان مدل است، دمای هوای مجاور بام حدود ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد است که گرمترین نقطه در این ارتفاع می‌باشد. دلیل گرم بودن این نقطه نزدیکی به سطح بام و بازتاب حرارت از مصالح بام سنتی است.

یافته‌های سناریو اول: تغییر مصالح معابر و بام به مصالح بازتابنده- در این سناریو، آسفالت تیره وضع موجود با پوشش‌های روشن بازتابنده و پیاده‌راه‌ها با پوشش‌های بتنی روشن جایگزین شده اند. در نتیجه ضریب بازتاب سطح خیابان ها از ۰/۲ به ۰/۸۵ و سطح پیاده‌راه ها از ۰/۲ به ۰/۴ تغییر پیدا خواهد کرد. در بام‌ها نیز پوشش سنتی بام با پوشش‌های ورقه پی‌وی‌سی روشن پوشیده شده که در نتیجه ضریب بازتاب بام از ۰/۰۵ به ۰/۷ تغییر می‌کند.

یافته‌ها نشان می‌دهد که در این حالت دمای محیط در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین حداکثر ۳۹/۶۰ و حداقل ۳۸/۴۴ است که در بازه ۰/۱۹ تا۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به وضع موجود خنک‌تر است. در ارتفاع ۱۵/۵ متر نیز می توان کاهش ۰/۳ درجه‌ای دما را در اکثر نقاط بام و محیط مشاهده کرد.



تصویر۴- نمودار دمای محیط سناریو اول در ارتفاع ۱۵/۵ متری

Figure 4. Temperature of first scenario in 15/5 m

نقاط کاهش دارد و با استفاده از بام سبز مساحت بیشتری از محل تقاطع و خیابان شمالی-جنوبی شاهد کاهش دما است. هم چنین در ارتفاع بالای بام سبز در بلندترین ساختمان دما به ۳۷/۱۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و هوای محدوده به طور کلی حدودا نیم درجه سانتی‌گراد کمتر از وضع موجود و ۰/۴ کمتر از سناریو اول است. به‌علاوه، استفاده از بام سبز سبب افزایش۰/۳ تا ۱/۶ درصدی رطوبت نسبی می‌شود. به طور کلی

در مقایسه بام سبز با بام بازتابنده می‌توان مشاهده کرد که تاثیر بام سبز در کاهش دما و همچنین افزایش رطوبت نسبی نسبت به بام بازتابنده بیشتر است.

یافته‌های سناریو سوم: تغییر مصالح جداره به نمای سبز- در این بخش از نمای سبز مدولار با استفاده از گیاهانی هم چون هوستا در نمای جنوبی و آفتابگیر و پیچک برای جهات با تابش غیر مستقیم و یا بدون تابش آفتاب، مانند نماهای شمالی در نظر گرفته شده است. بر اساس یافته‌های شبیه‌سازی اولیه از نظر کاهش دما بهترین جهت نمای غربی و سپس جنوبی. از لحاظ رطوبت نسبی بهترین عملکرد مربوط به نمای غربی و بعد جنوبی و در خصوص میانگین دمای تابشی بهترین عملکرد در جهات شمال، جنوب و غرب است. بر این اساس در صورت اتخاذ نمای سبز ابتدا جهات جنوب و غرب و سپس جهات شمال و شرق پیشنهاد شد. در ادامه برای بررسی تاثیر نمای سبز ۷۰٪ از یکی از نمای هر ساختمان به نمای سبز تغییر یافت. هم‌چنین برای تحلیل بهتر ۵ نقطه بر روی هر یک از ساختمان‌ها در نظر گرفته شد تا بر اساس آن دمای سطوح مجاور نما قابل بررسی باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که با افزودن نمای سبز تغییر دما نسبت به وضع موجود حدود ۰/۰۱-۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد است. در خصوص رطوبت نسبی نیز افزایش رطوبت در تمام نقاط با بیشترین تمرکز در مرکز تقاطع رخ می‌دهد. هم چنین دمای میانگین تابشی در تمام نقاط کاهش یافته که حداکثر کاهش آن در جنوب خیابان شمالی-جنوبی رخ می‌دهد.

طرح پیشنهادی

با توجه به تمام یافته‌ها می‌توان الگو زیر را مناسب برای این محله دانست: استفاده از مصالح بازتابنده در تمام معابر شمالی-جنوبی و شرقی-غربی، تغییر پوشش بام ها از بام متداول به بام بازتابنده یا بام سبز، اولویت استفاده از بام سبز بجای بام بازتابنده از لحاظ کاهش دما و کاهش تبادل انرژی جداره ساختمان و کمک به کاهش مصرف انرژی حرارتی ساختمان، تغییر حداقل ۷۰ درصد از یکی وجوه نمای ساختمان‌ها به نمای سبز، اولویت استفاده از نمای سبز به ترتیب اولویت در جهات جنوبی، غربی، شمالی و شرقی، اولویت استفاده از نمای سبز در ترکیب با معابر بازتابنده نسبت به نمای سبز به تنهایی، اولویت استفاده از بام سبز به همراه کفسازی بازتابنده و یا بام و کفسازی بازتابنده نسبت به نمای سبز به تنهایی.

تصویر۵- تصویر سه بعدی محدوده انتخاب شده برای باز طراحی

Figure 5. 3D image of selected area for redesigning

بر این اساس در طرح پیشنهادی تغییر مصالح آسفالت خیابان‌ها با پوشش‌های روشن و نیز تغییر مصالح کف پیاده‌راه‌ها به پوشش‌های بتنی موردنظر قرار گرفت. در سیمای بام، سیاست تغییر بام سنتی به بام سبز گسترده اتخاذ گردیده و در کنار آن در سیمای جداره در هر ساختمان ۷۰٪ از یکی از جهات نما بر اساس اولویت تعیین شده به نمای سبز تغییر پیدا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که محدوده مورد نظر بعد از اعمال سیاست‌ها، تغییرات موثری در کاهش جزیره حرارتی کرده است. دمای محدوده در ارتفاع ۱/۵ متری از وضع موجود (حداکثر ۳۹/۹۳ و حداقل ۳۸/۸۸) به حداکثر ۳۹/۵۸ و حداقل ۳۸/۴۰ رسیده است و نقاط غربی و مرکزی تقاطع که در ابتدا دمای بالای ۳۹/۸ داشتند، بعد از تغییرات و بازطراحی به دمای

حداکثر ۳۹/۴ و در مرکز تقاطع به دمای ۳۸/۷۰ رسیده‌اند. این کاهش در نقاط مرکزی تقاطع و خیابان شرقی رحمانی بیشترین میزان خود یعنی حدودا ۱/۰۴ درجه سانتی‌گراد است و نقاط محدودی از سمت غرب خیابان رحمانی میزان کمتری کاهش داشته است. هم چنین در ارتفاع ۱۵/۵ متری نیز می‌توان مشاهده کرد که بعد از اعمال راهکارها دما به میزان ۳۷/۱۶ در حالت حداکثری و ۳۶/۹۱ در حالت حداقلی رسیده است که حدود ۰/۴ درجه سانتی‌گراد کاهش دما را نشان می دهند. در خصوص رطوبت نسبی نیز پس از بازطراحی به میزان حداکثر ۱۳/۷۳ و حداقل ۱۲/۲۳ در ارتفاع ۱/۵ متری با تمرکز بیشتر در نقاط مرکزی و شرقی محدوده و در ارتفاع ۱۵/۵ متری به حداکثر ۱۵/۴۷ و حداقل ۱۵/۱۴ درصد رسیده است.

جدول۴- مقایسه ۵ نقطه تعیین شده از لحاظ دمای هوا در وضع موجود با شرایط پس از بهسازی

Table 4. Temperature Comparison of points after redesigning

	شماره	وضع موجود	پس از طراحی
دمای هوا	A	۳۹/۸۳	۳۸/۹۲
	B	۳۹/۵۴	۳۸/۸۵
	C	۳۹/۸۱	۳۹/۱۰
	D	۳۹/۵۰	۳۸/۸۰
	E	۳۹/۷۴	۳۸/۶۸

نتیجه‌گیری

جزایر حرارتی در نتیجه دخالت انسان، تغییر محیط طبیعی به محیط مصنوع مانند خیابان‌ها و ساختمان‌ها و هم‌چنین افزایش گرمای انسان ساخت در شهرها رخ می‌دهد. کلانشهر تهران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و مانند بسیاری از شهرهای دنیا با پدیده جزایر حرارتی روبه رو است. پژوهش حاضر به طور خاص بر سناریو و ترکیب موثر از راهکارهای کاهشی جزایر حرارتی در محله راه‌آهن، به عنوان یکی از محلاتی که بیشتر با این پدیده درگیر است، تمرکز کرده که این امر تا کنون در پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به پژوهش انجام گرفته، نتایج به‌دست آمده در این پژوهش به شرح زیر است.

تغییر مصالح کف به مصالح بازتابنده و تغییر مصالح بام به بام بازتابنده و هم چنین بام سبز می‌تواند در تغییر و کاهش دما نقش موثری داشته باشد. جایگزینی بام سبز به دلیل ایجاد برودت تبخیری و افزایش رطوبت نسبی و هم چنین کاهش میزان انتقال حرارت از بام، نسبت به بام بازتابنده در محله راه‌آهن تهران موثر تر است. از طرفی در هنگام به‌کارگیری بام سبز از میزان افزایش دمای میانگین تابشی نسبت به زمان اتخاذ بام بازتابنده، کاسته می‌شود و در کل استفاده از بام سبز نسبت به بام بازتابنده در اولویت است. استفاده از نمای سبز در محله راه‌آهن نسبت به سایر راهکارها اثر کمتری در کاهش اثرات جزیره حرارتی دارد. این موضوع نشان می‌دهد که در این محدوده عامل افزایش دما در محله تنها معطوف به نما ساختمان‌ها نبوده و پوشش معابر نقش بسیار مهمی در افزایش دما در این محدوده دارد. به همین دلیل استفاده توامان نمای سبز و کفسازی بازتابنده نقش موثرتری خواهد داشت. در به‌کارگیری نمای سبز با توجه به ویژگی‌های محیطی، جهات جنوبی، غربی و سپس شمالی و شرقی در اولویت هستند. نتایج نشان داد که ترکیب راهکارهای مصالح بازتابنده در کف، بام سبز و نمای سبز و اتخاذ توامان آن ها در محدوده مورد نظر تاثیری هم افزا داشته و تاثیر بیشتری بر بهبود شرایط جزایر حرارتی دارد. به طور کلی الگو ارائه شده برای محله راه‌آهن تهران همان‌طور که در جدول ۴ ارائه شده است، در تمام نقاط محدوده مورد نظر سبب کاهش دمای محیط (۱/۰۶ تا ۰/۷ درجه سانتی‌گراد) و به تبع آن افزایش آسایش حرارتی محیط می‌شود. هم‌چنین این کاهش در دمای محیط سبب کاهش دمای سطوح شده که خود عامل مهمی در کاهش جزایر حرارتی

در منطقه است و در نهایت نیز این کـاهش بـه بهبـود آسـایش حرارتی و در راستای آن بهبود عملکرد انرژی در سـاختمان هـا کمک می‌کند.

References

1. Heidari, Shahin, Monam, Alireza, Evaluation of thermal comfort indices in outdoor space, Jgrd, 2013, Vol. 11, No. 20, pp. 197-216. (In Persian)
2. Ghiabaklou Zahra. Fundamental of building physics 2: Environmental control. 11.Tehran: Amir Kabir; 2015. (In Persian)
3. Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H., 2001. Cool surface and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy, Vol. 70, No. 3, pp. 295-310.
4. Smith, C., Levermore, G.,2008. Designing urban spaces and buildings to improve sustainability and quality of life in warmer world. Energy policy, Vol. 36, pp. 4558-4562.
5. Madi- H., Fazli- M., Role of architecture in causing heat island and increase of energy consumption in Tehran- Proceeding of the first national conference in architecture, restoration, urban planning and natural environment, 2013- Hamedan, Iran. (In Persian)
6. Frumkin, H.,2002. Urban sprawl and public health. Public health reports, Vol. 117, pp. 201-217.
7. Magli, S., Lodi, C., Lombroso, L., 2015. Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption. International journal of Energy Environment Engineering, Vol. 6, pp.91-99.
8. Shamsi pour, Aliakbar, Alavipanah, Sadrodin, Ghoreyshi, Salman, The cool effect of city greenery (case study: Munich), Jes, 2016, Vol. 42, No. 2, pp. 441-453. (In Persian)
9. Najafian Gorji, Mohamadreza, Moghimi, Ebrahim, Mohammadi Hossein, Assessment of the temperature fluctuation, heat island pattern and greenery in hot days in Tehran, Jopg, 2018, No.38, pp. 1-18. (In Persian)
10. Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhosein, A., Ghaffarianhosseini, A., Omrany, H., Wang, Z., Akbari, H.,2017. Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. Cities, Vol 62, pp. 131-145.
11. Gartland, L.2008. Heat Islands Understanding and mitigating heat in urban areas. Cromwell Press.
12. Mojhajerani, A., Bakearic, J., Jeffrey-Bailey, T.,2017. The urban heat island effects, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. Journal of Environmental Management, Vol.197, pp. 522-538.
13. Sten, G., Vogt, J., Tharang, A., Dettmann, S., Roloff, A.,2015. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. Landscape and Urban Planning, Vol. 143, pp. 33-42.
14. Synnefa, A., Santamouris, M., Akbari, H.,2007. Estimating the effect of using cool coating on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. Energy and Building, Vol. 39, pp. 1167-1174.
15. Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green

roofs in diverse climates. Building and Environment, Vol. 43, pp. 480-493.

16. Akbari, H., Menon, S., Rosenfeld, A.,2009. Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO2.Climate Change, Vol. 94, pp. 275-286.
17. Wong, N.H., Yong Kwang Tan, A., Chen, Y., Sekar, K., Yok, T.P., Chan, D., Chiang, K., Chun Wong, N.,2010. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment, Vol. 45, pp. 663-672.
18. Santamouris, M., Synnefa, A., Karlessi, T., 2011. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat island improve thermal comfort conditions. Solar Energy, Vol.85, pp. 3085-3102.
19. Santamouris, M.,2013. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island- A review of the actual developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 26, pp. 224-240.
20. Rossi, F., Casstellani, B., Presciutti, A., Morini, E., Filiponi, M., Nicolini, A., Santamouris, M.,2015. Retroreflective façade for urban heat island mitigation: Experimental investigation and energy evaluation. Applied Energy, Vol. 145, pp.8-20.
21. Tan, Z., Lau, K., Ng, E.,2016. Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high- density urban environment. Energy and Building, Vol.114, pp. 265-274.
22. Akbai, H., Kolokotas, D.,2016. Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research. Energy and Buildings, Vol, 133, pp. 834-842.
23. Takleghani, M., Berardi, U.,2018. The effect of pavement characteristics on pedestrians' thermal comfort in Toronto. Urban Climate, Vol. 24, pp. 449-459.
24. Fabiani, C., Pisello, A., Bou-Zeid, E., Yang, J., Cotana, F., 2019. Adaptive measures for mitigating urban heat isalnds: The potential of thermochromic materials to control roofing energy balance. Applied Energy, Vol. 247, pp. 155-170.
25. Susca, T.,2019. Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate. Building and Environment, Vol. 162.
26. Khosravi, Mahmood, Ghobadi, Asad, Explaining the role of green roof systems in balancing of urban feat island case of study: Karaj, Urban ecology research,2014, Vol. 4, pp. 67-78. (In Persian)
27. Azmoodeh, Maryam, Heidari Shahin, The effect of urban green wall on decreasing microclimate temperature and urban heat island, Jest, 2017, Vol. 19, Special Nom. 5, pp. 597-606. (In Persian)
28. Pourdeihimi, Sahram, Tahsildoost, Mohammad, Ameri Pouria, Effect of vegetation cover on energy consumption optimization due to reduction of urban heat island intensity: Case of Tehran metropolitan area, Quarterly journal of energy policy and planning research, 2019, Vol. 5, No. 3, pp. 97-122. (In Persian)
29. Memon, R.A., Lenug, D., Chunho, L.,2008. A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. Journal of Environmental science, Vol. 20, pp. 120-128.

30. Taha, H.,1997. Urban climate and heat island: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. Energy and buildings, Vol. 25, pp.99-103.
31. Gago, E.J., Roldan, J., Pacheco-Torrses, R., Ordonez, J.,2013. The city and urban heat island: A review of strategies to mitigate adverse effects. Renewable and sustainable energy reviews, Vol. 25, pp. 749-758.
32. Berardi, U., GhaffarianHoseini, AH., GhaffarianHoseini, A.,2014. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. Applied Energy, Vol. 115, pp. 411-428.
33. Perini, k., Magliocco, A.,2014. Effects of vegetation, Uran density, building height, and atmospheric condition on local temperature and thermal comfort. Urban forestry and urban greening, Vol.13, pp. 495-506.