مجله علمی
گفتمان طراحی شهری
دوره دوم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰

Scientific Journal
Urban Design Discourse
Volume II, Number 3, Fall 1400

بررسی شاخص PMV در آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در فصل تابستان
مطالعه موردی: پیاده‌راه رود کنار خرم‌آباد لرستان[۱]

نور محمد منجزی[۱]، علی اسلامی مقدم[۲]*

۱- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، دزفول. ایران
۲- دانش‌آموخته رشته طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، دزفول. ایران(نویسنده مسئول)
Alieslamimoghadam@yahoo.com

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۰/۱۵] تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۱۱/۸]

چکیده

بیان مسئله: امروزه بحث آسایش حرارتی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در کیفیت فضاهای باز شهری در کنار عوامل کالبدی مطرح شده است. اصولاً شهروندان، تمایل به حضور در فضاهایی دارند که در آنجا احساس آسایش حرارتی داشته باشند. به دلیل تأثیر پارامترهای گوناگون در فضاهای باز شهری که بر روی آسایش حرارتی کاربران تأثیرگذارند و کمبود مبانی مدون در این زمینه، خلق چنین فضایی در یک محدوده شهری، با دشواری‌هایی در تشخیص و تأمین نیازهای حرارتی برای طراحان شهر گردیده است.

یافته‌ها: مطالعات نشان داد که در فضاهای باز محیط شهری به دلیل تأثیر عوامل مختلف نمی‌توان به شرایط مطلق آسایش حرارتی در تمام طول روز دست‌یافت؛ بلکه انتظار می‌رود شرایط آسایش حرارتی برای ساعات مشخصی فراهم شود. برای بهبود آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری عناصری همچون، پوشش گیاهی، آب، جهت‌گیری مناسب، نوع مصالح، رنگ، نرخ فعالیت و نرخ پوشش اهمیت می‌یابند. بدیهی است با به‌کارگیری این عوامل و رعایت زمان حضور در فضای باز پیاده‌راه رودکنار، آسایش حرارتی در آن مهیا شود.

روش: پژوهش ازنظر هدف کاربردی- توسعه‌ای است؛ و بر اساس روش تحلیلی است. در این روش جهت بررسی خرد اقلیم مورد نظر از تکنیک شبیه‌سازی با نرم افزا (Envi met) به‌عنوان یکی از کامل‌ترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در حوزه خرداقلیم‌های شهری، استفاده شده است و مقادیر شاخص آسایش حرارتی PMV (پیش‌بینی متوسط آرا) به کمک شبیه‌سازی در نقاط مختلف مسیر پیاده‌راه طراحی شده که شرایط و موقعیت‌های متفاوتی دارند، محاسبه شده و تغییرات دو عامل دما و تابش و تأثیر آن بر آسایش حرارتی رودکنار خرم‌آباد لرستان در فصل تابستان، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: نهایتاً مشخص شد که عواملی نظیر انتخاب جهت مسیر حرکت، ساعت پیاده‌روی، عرض پیاده‌راه، وجود درختان و پوشش گیاهی، سایه و آب، همچنین برخی ویژگی‌های کاربران نظیر نرخ متابولیک و فعالیت، نرخ پوشش در میزان آسایش حرارتی در این فصل از سال تأثیرگذار بوده است.

کلمات کلیدی: طراحی شهری، پیاده‌راه، آسایش حرارتی، خرم‌آباد لرستان، PMV .

۱. این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد طراحی شهری با راهنمایی دکتر نور محمد منجزی در دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور، دزفول، تدوین شده است.

۱ – مقدمه

فضای عمومی و باز شهری مطلوب می‌تواند بستر اثرات مثبت متنوعی بر شهر باشد. از اثرات مثبت که باعث افزایش دیدارهای چهره بـه چهره مردم می‌شود پیاده‌راه‌ها هستند. پیامد این اثر افزایش تعاملات اجتماعی است. رودکنارها گونه‌ای از پیاده‌راه‌ها هسـتند کـه لزومـاً در حاشیه رودها شکل می‌گیرند. به همین دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و همجواری آن‌ها با طبیعت سیال رودخانه، رودکنارهـا را در گـروه پیاده‌راه‌های با کیفیات مخصوص قرار می‌دهد. حضور شهروندان در دو گـروه سـواره و پیـاده و سـرعت حرکـت متفـاوت یکـی دیگـر از ویژگی‌های فضاهای رودکنار است. طبیعت منعطف، نسیم ملایم، امتدادهای نرم، پوشش گیاهی متراکم، چشم‌انداز وسیع و نـور پرفـروغ و رنگ‌های متنوع همگی فضایی پرانرژی را به وجود می‌آورد که با حضور گروه‌های مختلف مردم به حد کمال می‌رسد.

موضوع افزایش کیفیت فضاهای متنوع شهری ازنظر طراحان شهری همواره به‌عنـوان مسـئله‌ای قابـل توجـه مطـرح بـوده اسـت. رودکنارها نیز به‌واسطه تعامل تنگاتنگ محیط انسان‌ساخت و طبیعت بکر محلی مناسب برای الحاق این فضاها به دیگر فضاهای کاربردی شهر و امکان بهره‌وری بیشتر و حضور پیوسته شهروندان در یک فضای با کیفیت محیطی مناسب را دارند.

اگرچه تعیین همه عوامل تأثیرگذار بر رودکنارها کاری قابل توجه است اما به نظر می‌رسد که آسایش حرارتی بسیار مؤثرتر باشـد. بـه همین دلیل رابطه تعادلی بین میزان حضورپذیری مردم و برخورداری از آسایش حرارتی برای ایجاد فضای عمومی و باز شهری می‌توانـد نقش مؤثری داشته باشد. در این پژوهش با بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده راه شهری و شناخت عواملی که بر آسایش حرارتـی در فضای باز تأثیر دارند می‌توان به فضای شهری دست‌یافت که شهروندان تمایل به استفاده از آن را دارند و این ضرورت انجام این پژوهش بوده و هدف از آن نیز بررسی آسایش حرارتی در پیاده‌راه‌های رودکنار به‌منظور یافتن عواملی است که بیشترین تأثیر را بین انسان و محیط در فضاهای باز شهری به وجود می‌آورد و درنهایت باعث افزایش میزان حضورپذیری در این فضاها می‌شود. بررسی‌های میدانی در رودکنار خرم‌آباد نشان می‌دهند که عواملی مانند «دما» و «تـابش» در زمـره عوامـل اقلیمـی در افـزایش کیفیـت فضـایی رودکنـار تأثیرگذارنـد. به‌طوری‌که تغییر در میزان این دو متغیر می‌تواند بر میزان نارضایتی حرارتی افراد از محیط مؤثر باشد سؤال اصلی در این پـژوهش یـافتن عوامل اقلیمی و محیطی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری مانند فضاهای رودکنار است. به همین منظور با در نظر گرفتن عواملی مانند دما و تابش سعی دارد میزان این تأثیرگذاری را تعیین کند.

۲- پیشینه پژوهش:

ازجمله پژوهش‌های انجام شده پیرامون آسایش حرارتی در فضـاهای باز شهری می‌توان به پژوهشـی با عنوان «خرد اقلیم و آسایش حرارتـی در فضاهای باز پیاده‌روها» که توسط پاتوین و احمد عمر [1] با هدف بررسـی فضـاهای مختلف شهری به‌منظور ارزیابی شرایط آسـایش حرارتـی در کبک کانادا بر روی سه فضای باز بوسـتان، منطقه متراکم تجاری و ناحیه بلندمرتبه شـهری انجام شـد، نام برد. در ایـن پـژوهش شـاخص‌هـای مورفولوژی شـهری از قبیل پسـتی و بلندی، تخلخل، تراکم ابنیه، فضای سبز و همچنین متغیرهای اقلیمـی بـه‌منظـور محاسـبه آسـایش حرارتـی اندازه‌گیری و محـاســبه گردید. نتایج پژوهش با مقایسـه اندازه‌گیری در سـه فضـای مذکور نشـان داد که با افزایش تراکم ابنیه، دمای مـؤثر نیـز افزایش و با افزایش تراکم فضای سبز، دمای مؤثر کاهش می‌یابد.

سـتای و همکاران [2] در مقاله‌ای با عنوان " ارزیـابی راحتی حرارتی، محیط بیرونی در خرداقلیم شهری در نواحی گرم و خشک"، به بررسی موردی یک پیاده‌رو در شـــهر مدینه عربســـتان پرداختند. هدف این پژوهش یافتن روش‌های دسـترس‌پـذیر بـرای افـزایش سـطح آسایش حرارتی عابران در فضـــای باز ریزاقلیم‌های شـــهری گرم و خشـــک بـود. ایـن پـژوهش بـرای محاســـبه آســـایش حرارتی از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و برای تحلیل آن از برنامه ریمن استفاده کرده است. میدل و همکـاران [3] تـأثیر سـایه بـر آسایش حرارتی بیرونی را در شهر تمپی ایالت آریزونا بررسی کردند. این مقاله تأثیر سایبان‌ها و درختان را بر آســـایش حرارتی شهروندان در یک مرکز عابر پیاده در طول دوره یک ساله و در چهار فصل ارزیابی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که دامنه راحتی قابل قبـول ۱۹/۱ درجه سانتیگراد بوده است. در ادامه گاســپاری و فابری [4] مطالعه‌ای در مورد اسـتفاده از نقشه خرد اقلیم در فضای باز بـرای طراحـی و بازسـازی شهری با هدف آزمایش مدل‌سازی میکرومتری یک بخش شـــهری در یک نســـخه آزمایشـــی با بهره‌گیری از نرم‌افزار «انوی مت» انجام دادند.

گاتو و همکاران در سال ۲۰۲۰ به تأثیر پوشش گیاهی و فضای سبز در فضاهای باز شهری بر آسایش حرارتی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تعدیل دما و رطوبت گیاهان بر رضایتمندی افراد از شرایط حرارتی مؤثر است و موجب ارتقای آسایش حرارتی افراد در فضاهای باز شهری می‌شود، همچنین گیاهان در جذب آلاینده‌ها و کاهش آلودگی هوا مؤثرند [5] .

اکثر مطالعات موجود در ایران [6,7] معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به‌منظور کاهش مصرف انرژی بوده است. مطالعات معدودی در گذشته [8,9] به آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته‌اند. در ادامه تحقیقات، نوری و همکاران در سال ۲۰۱۸ رویکردهای آستانه آسایش حرارتی در فضای عمومی را مورد بررسی قرار دادند. این بررسی به دو مرحله متوالی تقسیم شده است: ۱- رویکرد کلی موجود به آستانه‌های آسایش حرارتی عابر پیاده در دو طیف کمی و کیفی۲- بررسی تکنیک‌ها و اقدامات مختلف در چهار فریم ارزیابی و نهایتاً خصوصیات شرایط شهری مربوطه در سطح محلی و نتایج ضعف حرارتی ارائه شده است [10] .

در زمینه استفاده از سیستم شبیه‌سازی در محاسبه آسایش حرارتی نیز تحقیقات متعددی انجام گرفته است که می‌توان به تحقیقی که توسط علی تودرت و مایر در سال۲۰۰۷، با استفاده از مدل انوی مت برای شبیه‌سازی آسایش حرارتی در فضای باز شهری بکار برده‌اند و تأثیر جهت‌گیری‌های مختلف را مدنظر قرار دادند، اشاره کرد. بر اساس یافته‌های آن‌ها عابر پیاده در معابر با جهت‌گیری شرقی-غربی بالاترین تنش حرارتی را نسبت به سایر جهت‌گیری‌ها متحمل می‌شود و با افزایش نسبت ارتفاع به عرض معابر، دمای هوا کاهش می‌یابد [11] .

مطالعات کروگر و همکاران در سال ۲۰۱۱ که به‌صورت شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار انوی مت و برداشت میدانی در برزیل صورت گرفت، تأثیر جهت‌گیری معابر نسبت به باد غالب و تأثیراتی که بر سرعت باد و آشفتگی‌های فضایی دارد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج، تأثیرات هندسه معبر را بر آسایش حرارتی عابر پیاده نشان داد [12] . مطالعات انجام شده در خصوص هندسه معابر شهری درمجموع مؤید تأثیر قابل توجه جهت‌گیری، میزان محصوریت، میزان استفاده از پوشش گیاهی و فرم مقطع عرضی راه بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در معابر شهری است.

طالقانی و همکاران در سال ۲۰۱۴ در هلند، معابر شرقی غربی و شمالی جنوبی را در گرم‌ترین روز سال به کمک نرم‌افزار انوی مت مدل‌سازی کرده و دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت باد و رطوبت نسبی را توسط این نرم‌افزار محاسبه کردند. نتیجه مطالعات نشان داد که دمای متوسط تشعشعی مهم‌ترین نقش را در کیفیت آسایش حرارتی دارد [13].

مهدوی نژاد در پژوهشی به بررسی نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری، با استفاده از روش نرم‌افزار انوی مت پرداخته و به تأثیرگذاری قابل توجه ایجاد سایه نسبت به سایر روش‌ها در مقیاس خرد اقلیم شهری در یک معبر نمونه در شهر کاشان اشاره کرده است. در این پژوهش اثبات شده که تأثیر سایه‌اندازی و کاهش میزان تابش آفتاب دریافتی، بیش از سایر ابزارهای کاهش تنش حرارتی در فضا است [14].

جدول ۱. پیشینه در یک نگاه

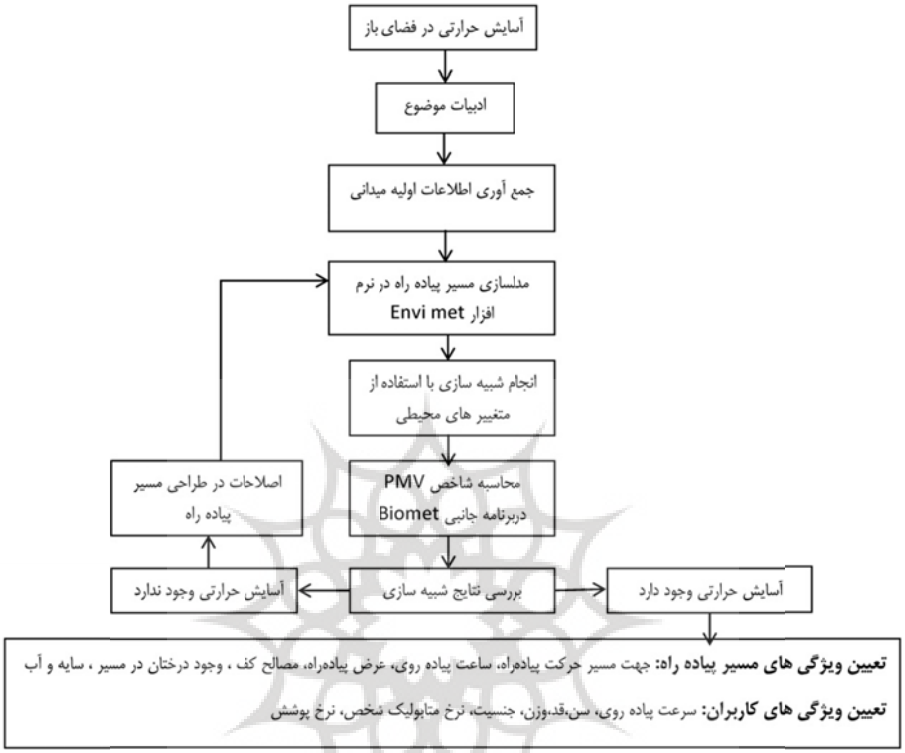
سال	پژوهشگر	منبع	یافته‌های اصلی پژوهش
2007 و2006	علی تودرت و مایر	(Toudert & Mayer, 2007)	عابر پیاده در معابر با جهت‌گیری شرقی- غربی بالاترین تنش حرارتی را نسبت به سایر جهت‌گیری‌ها متحمل می‌شود و با افزایش نسبت ارتفاع به عرض معابر، دمای هوا کاهش می‌یابد.
2007	پاتوین و احمد عمر	(Ahmed-Ouameur&Potvin,2007)	با افزایش تراکم ابنیه، دمای مؤثر نیز افزایش و با افزایش تراکم فضای سبز، دمای مؤثر کاهش می‌یابد.
2011	کروگر و همکاران	Kruger et al., 2011,621-634	مطالعات انجام شده در خصوص هندسه معابر شهری درمجموع مؤید تأثیر قابل توجه جهت‌گیری، میزان محصوریت، میزان استفاده از پوشش گیاهی و فرم مقطع عرضی راه بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در معابر شهری است.
2013	ستای و همکاران	(Setaih et al ،2013)	یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های شهری گرم و خشک
2014	طالقانی و همکاران	Taleghani et al.,2014,10	دمای متوسط تشعشعی مهم‌ترین نقش را در کیفیت آسایش حرارتی دارد.
2016	میدل و همکاران	(Middel et al, 2016)	این مقاله تأثیر سایبان‌ها و درختان را بر آسایش حرارتی شهروندان در یک مرکز عابر پیاده در طول دوره یک ساله و در چهار فصل ارزیابی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که دامنه راحتی قابل قبول ۱۹/۱ درجه سانتیگراد بوده است.

2017	گاســپاری و فابری	(Fabbri and Gaspari،2017)	مطالعه‌ای در مورد اسـتفاده از نقشه خرد اقلیم در فضای باز برای طراحی و بازسـازی شهری با هدف آزمایش مدل‌سازی میکرومتری یک بخش شـــهری در یک نســـخه آزمایشـــی با بهره‌گیری از نرم‌افزار «انوی مت» انجام دادند.
۱۳۷۸	پوردیهمی	(پوردیهمی، شهرام، ۱۳۷۸)	مطالعه‌ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به‌منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۲	قیابکلو	(قیابکلو، زهرا، ۱۳۸۲)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸۶	طاهباز	(طاهباز، منصوره، ۱۳۸۶)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸۸	حیدری	(حیدری،شاهین، ۱۳۸۸)	مطالعه‌ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به‌منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۹	علیرضا منعام و مصطفی بهزادفر	(بهزادفر و منعام، ۱۳۸۹)	یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد همبستگی "ضریب دید به آسمان "با " میانگین دمای تابشی "و دمای کروی، بیش از همبستگی" ضریب دید به آسمان" با سایر متغیرهای اقلیمی است. در این رابطه افزایش "ضریب دید به آسمان" منجر به افزایش "میانگین دمای تابش" به‌صورت مستقیم می‌گردد. بر این اساس، اهمیت توجه به میزان "ضریب دید به آسمان"نقشی تعیین‌کننده در خلق فضاهای مطلوب ازنظر آسایش حرارتی در فصول گرم سال دارد [15] .
۱۳۸۹	امیر مسعود محمودی، سیده ندا قاضی زاده و علیرضا منعام	(محمودی، قاضی‌زاده و منعام، ۱۳۸۹)	با مقایسه "دمای معادل فیزیولوژیکی" و عوامل فیزیکی محیط شامل ضریب دید به آسمان، میزان سایه، فاصله تا ساختمان، معیارهای طراحی مؤثر در تحقق آسایش حرارتی شناسایی و پیشنهادهایی جهت ارتقای معماری فضاهای باز بارویکرد اقلیمی ارائه گردیده است [16] .
۱۳۹۲	شاهین حیدری و علیرضا منعام	(حیدری و منعام، ۱۳۹۲)	یافته‌ها نشان داده‌اند که شاخص PET نسبت به دیگر شاخص‌های حرارتی دارای دقت بالاتری برای پیش‌بینی میانگین آسایش حرارتی در فضای باز است؛ و همچنین در این پژوهش رابطه آسانی برای محاسبه PET برای فضای باز ساکنان تهران تعیین‌شده است[17]
۱۳۹۴	مهدوی نژاد	(مهدوی نژاد، محمدجواد، ۱۳۹۴).	تأثیر سایه‌اندازی و کاهش میزان تابش آفتاب دریافتی، بیش از سایر ابزارهای کاهش تنش حرارتی در فضا است.
۹۹	شمیرانی و همکاران	(مفیدی شمیرانی، سید مجید؛ سیده مریم حسینی و هانیه صنایعیان و غلامرضا جاپلقی، ۱۳۹۹)	با اختصاص درصد کمی فضای شهر به سبزینگی تا حد زیادی می‌توان شرایط خرد اقلیم را بهبود بخشید به‌طوری‌که افزودن هر متر مربع فضای سبز ۳,۷۱ برابر آن به محدوده آسایش اضافه می‌گردد [18] .
۹۹	خوشبخت، یاسر؛ حسین مدی و مریم آزموده	خوشبخت، یاسر؛ حسین مدی و مریم) (آزموده، ۱۳۹۹	با تغییر هندسه بلوک‌های شهری می‌توان به شرایط بهتری از لحاظ آسایش حرارتی دست یافت [19] .
۱۴۰۰-۹۹	لطیفی و ثروتی	(غلامرضا لطیفی ، ثروتی؛ زهرا،۱۴۰۰)	طرح کاشت مشخص،میزان سطح گیاهی و مصالح ساختمان‌ها باعث ایجاد خرد اقلیم مستقل می‌شود و آب و هوای داخل را از محدوده پیرامونی جدا می‌کند [20] .
۱۴۰۰	یادگاری و سجاد زاده	(یادگاری، سجادزاده،۱۴۰۰)	استفاده از درختان برگ‌ریز به‌طور خاص، ضمن آن‌که در تابستان، کاربران را در مقابل آفتاب مستقیم محافظت می‌نماید، موجبات تابش خورشید در زمستان را ایجاد می‌کند [21] .

۳-روش پژوهش:

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل اقلیمی و محیطی در آسایش حرارتی کاربران پیاده راه شهری رود کنار خرم‌آباد با استفاده از سـطوح آب، سایه درختان چنار و سایبان‌های عمودی در مسیر پیاده راه تهیه شده اسـت. پـس از بررسـی پیشـینه مطالعـات آسـایش حرارتـی در فضاهای باز شهری که مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و شامل مطالعه متون، استفاده از مقالات، در حوزه آسایش حرارتی است، شاخص پی ام وی که یک شاخص معتبر در آسایش حرارتی بوده انتخاب شد و سپس با استفاده از روش تحلیلی تأثیر پارامترهای انتخـاب شـده بـر میزان احساس حرارتی افراد مورد بررسی قرار گرفته است. روش تحلیلی در بررسی آسایش حرارتی اجازه می‌دهد تا نسبت به پارامترهـای

محیطی و عوامل انسانی مؤثر بر آسایش حرارتی و اندرکنش این عوامل با احساس حرارتی افراد تصویر واضح‌تری داشت و با تغییر در میزان متغییرها و استفاده از تکنیک شبیه‌سازی از طریق نرم‌افزار اقلیمی انوی مت در نقاطی از مسیر که کاربران در شرایط نامناسب آسایش حرارتی هستند وضعیت مناسبی را ایجاد کرد. روند پژوهش به‌کار گرفته شده در نمودار ۱ مشخص شده است.



نمودار ۱. روند پژوهش انجام شده

٤- مبانی نظری

در این قسمت از پژوهش به بررسی ادبی آسایش حرارتی و انواع آن و معرفی شاخص‌های تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته شده است.

٤-١-آسایش حرارتی

بنا بر تعریف اشری[i]، آسایش حرارتی به‌عنوان شرایط ذهنی، بیان کننده رضایت از محیط حرارتی که با ارزیابی ذهنی تعیین می‌شود، تعریف شده که شامل چهار مؤلفه محیطی دمای هوا، رطوبت نسبی، باد و میانگین دمای تابشی و پارامترهای شخصی مانند میزان فعالیت و لباس استفاده کنندگان است.

٤-٢- شاخص‌های آسایش حرارتی:

وجود تعداد زیاد شاخص‌های حرارتی ممکن است در ابتدا گیج‌کننده باشد، اما درواقع، ویژگی‌های مشترک آن‌ها در دو دسته شاخص‌های تجربی و عقلانی تقسیم هستند.

جدول ۲. معرفی شاخص‌های آسایش حرارتی،[22]

شاخص تجربی	دمای مؤثر (ET^{ii})، دمای برآیند (RT^{iii})، دمای عامل رطوبت (HOP^{iv})، شاخص باد خنک (WCI^{v})
شاخص عقلانی	شاخص استرس گرمایی (HSI^{vi})، درصد نارضایتی پیش‌بینی شده (PPD) ، دمای مؤثر استاندارد (SET^{vii})، پیش‌بینی متوسط

	نظر، دمای پیش‌بینی (PMV)

۳-٤ - شاخص پیش‌بینی متوسط نظر (پی ام وی)

برای محاسبه درجه حرارت آسایش حرارتی یک گروهی از افراد، فانگر شاخص پی ام وی را طراحی کرد. شاخص پی ام وی با معادله آسایش فانگر محاسبه می‌شود[23] و شاخصی است برای پیش‌بینی میانگین آرای حرارتی افراد بر اساس یک مقیاس هفت نقطه‌ای برای احساس حرارتی می‌باشد. شاخص پی ام وی بر مبنای تعادل حرارتی بدن انسان استوار است. تعادل حرارتی زمانی برقرار می‌شود که تولید حرارت در داخل بدن با حرارت تلف‌شده از آن برابر شود. در یک محیط معتدل، سامانه‌ی تنظیم حرارت بدن به‌طور خودکار با تغییر دمای پوست و ترشح عرق، سعی در برقراری تعادل حرارتی دارد.

شاخص پی ام وی را می‌توان از فرمول (۱) محاسبه کرد[24].

فرمول ۱	$PMV = (0.303\times e^{-0.036.M} + 0.028) .\{(M-W) - 3.05\times10^{-3}\times[5733 -6.99 \times(M-W)-P_a]-0.42\times[(M-W) - 58.15] -1.7\times10^{-5}.M\times (5867 - P_a) -0.00140M \times(34 -t_a) -3.96x\times10^{-8} . f_{cl}. [(t_{cl}+273)^4 - (t_r+273)^4] + f_{cl}.h_c. (t_{cl} -t_a)\}.$

که در آن: M نرخ متابولیک بر حسب(W / m2)

W توان مکانیکی مؤثر بر حسب (W / m2)

Icl عایق لباس بر حسب (m2 . K /W)

fcl فاکتور مساحت سطح لباس

ta دمای هوا برحسب (8C)

tr میانگین دمای تابشی برحسب (8C)

tcl دمای سطح لباس بر حسب (8C)

رابطه‌ی پیشنهاد شده برای محاسبه‌ی PMV را در شرایط زیر می‌توان به کار گرفت:

Mبین met ۸/. تا met ۴

Icl بین clo ۰ تا clo ۲

ta بین C° ۱۰ تا C° ۳۰

tr بین C° ۱۰ تا C° ۴۰

در شرایطی که نرخ متابولیک متغیر است، لازم است از میانگین‌گیری زمانی در بازه‌ی زمانی یک ساعته استفاده شود.

٤-٤- متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص پی ام وی:

چهار متغیر محیطی دمای هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت و سرعت وزش باد، به‌صورت مستقیم بر شاخص پی ام وی و آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارند علاوه بر این موارد برخی پارامترهای ثانویه نیز بر این شاخص تأثیر می‌گذارد که عبارتند از: نرخ فعالیت و نرخ پوشش، این عوامل تأثیر قابل‌توجهی بر آسایش حرارتی انسان دارند.

۱-٤-٤ - میزان فعالیت

میزان حرارت تولید شده به‌وسیله بدن انسان با واحد وات بر متر مربع پوست انسان (w/m^2) سنجیده می‌شود. میزان حرارت تولید شده بستگی به سطح پوست و فعالیت هر شخص دارد. به ازای یک متر مربع سطح پوست بدن انسان که خوابیده باشد، در حدود ۴۱ وات انرژی تولید می‌شود، یعنی $0/41\ w/m^2$. اندازه سطح پوست یک انسان را می‌توان از فرمول زیر محاسبه نمود [24].

فرمول ۲	$Adu = 0/202\times W^{\,0.425} \times h^{\,0.725(m^2)}$

در رابطه مزبور:

A_{du} = سطح پوست بدن بر حسب متر مربع.

W= وزن بدن بر حسب کیلوگرم.

H= اندازه قد بر حسب متر.

به‌عنوان مثال، سطح پوست بدن یک انسان به وزن ۷۵ کیلوگرم و قد ۱۸۰ سانتی‌متر به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$A_{du} = 0/202 * 75^{0/425} 8\ 1/8^{0/725} = 1/94\ m2$

بنابراین شخص مزبور در حالت خواب، معادل 41*1/94 = 79/54 w انرژی تولید می‌کند.

جدول ۳. شدت متابولیزم بدن انسان را در حالات گوناگون **[25]**.

فعالیت	شدت متابولیزم (w/m2)	میزان حرارت تولید شده (w)
خوابیدن	۴۱	۷۹/۵۴
نشستن	۵۸	۱۱۲/۵۲
ایستادن	۷۰	۱۳۵/۸
قدم زدن با سرعت 4/8 km/h	۱۵۱	۲۹۲/۹۴
کار منزل	۱۱۶–۱۹۸	۲۲۵–۳۸۴/۱۲
تایپ کردن	۷۰–۸۱	۱۳۵/۸–۱۵۷/۱۴
ژیمناستیک	۱۷۵–۲۳۳	۳۳۹/۵–۴۵۲
کار سنگین	۲۰۴–۲۶۲	۲۹۵/۷۶–۵۰۸/۲۸

جدول شماره ۳ شدت متابولیزم میزان حرارت تولید شده و کارایی مکانیکی به‌وسیله فعالیت‌های مختلف برای انسانی با قد ۱۸۰ سانتی‌متر و وزن ۷۵ کیلوگرم را نشان می‌دهد[25]. میزان فعالیت بدن با واحد دیگری به نام met نیز سنجیده می‌شود. شدت متابولیزم هنگام نشستن ($58\ w/m^2$) به‌عنوان واحد پایه met یعنی 1 met تعیین شده است.

بنابراین هر فعالیت با شدت متابولیزم x در واحد w/m^2 برابر است با ۵۸/۲ در واحد met یعنی:

ا واحد متابولیک $1\ met = 58.2\ W/m_2 =$

جدول ۴. نرخ متابولیک**[25]**.

فعالیت	نرخ متابولیک	
	w/m^2	met
دراز کشیدن	۴۶	۰/۸
نشسته، در حال استراحت	۵۸	۱
کار نشسته(کارهای اداری، آموزشی و آزمایشگاهی	۷۰	۱/۲
ایستاده، فعالیت سبک (خرید، کارهای آزمایشگاهی و صنعتی سبک)	۹۳	۱/۶
ایستاده، فعالیت متوسط،(فروشندگی، خانه‌داری، کار با ماشین‌آلات صنعتی)	۱۱۶	۲
پیاده‌روی در سطوح تخت و بدون شیب		
۲ km/h	۱۱۰	۱/۹
۳ km/h	۱۴۰	۲/۴
۴ km/h	۱۶۵	۲/۸
۵ km/h	۲۰۰	۳/۴

۲-٤-٤ - نرخ پوشش:

نوع پوشش و لباس یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی به شمار می‌آید. ضریب نارسانایی یا مقاومت لباس I_{cl} بوده و با واحد Clo سنجیده می‌شود و عبارت است از مقدار لباسی که شخص در یک محیط با دمای 21°C و جریان هوایی معادل 0/1m/s پوشیده و احساس آسایش بنماید. جدول زیر ارزش نارسانایی پوشاک مختلف را نشان می‌دهد. در تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف، لباس عامل مؤثری به شمار می‌رود. چراکه لباس مثل لفافی نارسانا قسمتی از بدن را می‌پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می‌کاهد [27].

جدول شماره ۵. عایق حرارتی لباس‌های مختلف **[25]**

پوشش روزمره	Icl	
	M2.K/W	Clo
لباس‌زیر، تی‌شرت، جوراب نازک و صندل	۰/۰۵	۰/۳
لباس‌زیر، بلوز آستین‌کوتاه، شلوار نازک، جوراب نازک و کفش	۰/۰۸	۰/۵
لباس‌زیر، پیراهن، شلوار، کت، جوراب و کفش	۰/۱۵۵	۱
زیرپوش آستین‌کوتاه، زیر شلوار کوتاه، پیراهن، جلیقه یقه ۷، شلوار، کت، پالتو، جوراب و کفش	۰/۲۳	۱/۵
زیرپوش آستین‌کوتاه، زیر شلوار، پیراهن، شلوار، کت، پالتوگرم، جوراب، دستکش، کلاه و کفش	۰/۳۱	۲

ارزش نارسانایی برخی از پوشش‌ها در جدول زیر مشخص گردیده که در محاسبات نرم‌افزار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۶ ارزش نارسانایی پوشاک مختلف**[26]**

نوع پوشش	ارزش نارسانایی به کلوclo
بدون لباس	۰
لباس‌زیر	۰/۱
پوشش‌های استوایی	۰/۳
لباس تابستانی سبک مردان	۰/۵
لباس کار سبک مردان	۰/۷
لباس پوشش سنگین مردان	۱/۵
پوشش داخل خانه خانم‌ها	۰/۷-۰/۹
پوشش خیلی سنگین پشمی مردان	۲-۲/۵

این مدل ارتباط بین خصوصیات افراد (سطح فعالیت و عایق حرارتی لباس) و محیط حرارتی آن‌ها (درجه حرارت هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت نسبی هوا، فشار بخارآب در دمای محیط) و احساس حرارتی (نظر حرارتی) را تعیین می‌کند. اصطلاح پیش-بینی متوسط نظر، نظر میانگینی است که انتظار می‌رود از میانگین نظر احساس حرارتی از گروه بزرگی از افراد در محیط خاص آمده باشد.

جدول ۷. رابطه **PMV** و شرایط دمایی**[27]**

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت حرارتی	PMV
تنش سرمایی شدید	سرد	-۳/۵
تنش سرمایی متوسط	خنک	-۲/۵
تنش سرمایی اندک	کمی خنک	-۱/۵
بدون تنش سرما	راحت	-۰/۵
تنش گرمای اندک	کمی گرم	۰/۵
تنش گرمای متوسط	گرم	۱/۵
تنش گرمای شدید	خیلی گرم	۲/۵
تنش گرمای بسیار شدید	داغ	۳/۵

با محاسبه عدد مورد نظر پی ام وی از طریق فرمول ۱ می‌توان دریافت که محیط مورد مطالعه در کدام‌یک از طبقه‌بندی‌های بالا قرار می‌گیرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، قدر مطلق اعداد مزبور نسبت به صفر قرینه بوده و اعدا مثبت نشان‌دهنده جهت گرم اعداد منفی، سوی سرد این معیار سنجش آسایش را مشخص می‌کند. در این معیار اعدادی که کمی بالاتر از (+۱) و یا اندکی پایین‌تر از (-۱) باشد، موجبات بروز نارضایتی را فراهم می‌نماید؛ بنابراین محدوده آسایش در محدوده زیر ۱+ > پی ام وی > ۱- خواهد بود. پی ام وی می‌تواند برای شرایط مختلف نرخ متابولیک، دمای هوا، دمای میانگین تابش، سرعت هوا و رطوبت هوا محاسبه شود. اگرچه شاخص پی ام وی برای شرایط پایدار تعریف شده است، اما در صورت تغییرات اندک یک یا چند تا از متغیرها

با تقریب خوبی می‌توان شاخص پی ام وی را برای میانگین زمانی متغیرهای مذکور در یک بازه زمانی یک ساعته به کار گرفت.

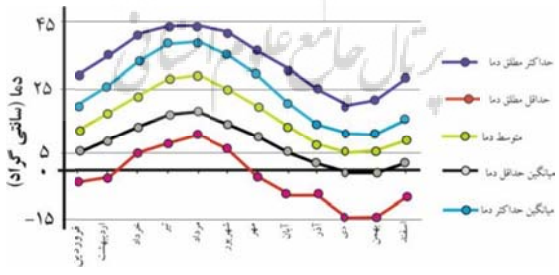
کاربردها شاخص پی ام وی برای بررسی و ارزیابی محیط‌های حرارتی معین و مشخص ازنظر ایجاد شرایط قابل قبول مورد استفاده قرار می‌گیرد. با قرار دادن 0= پی ام وی معادله‌ای به دست می‌آید که پیش‌بینی کننده‌ی مجموعه‌ای از شرایط محیطی است که درنهایت به ایجاد شرایط حرارتی خنثی در فرد منجر خواهد شد. شاخص پی ام وی که منظور از آن پیش‌بینی و نسبت دادن اعدادی برای بیان میانگین احساس گرما در اکثر افراد ساکن در محیط مورد نظر است.

٥-٤- خرد اقلیم‌های شهری:

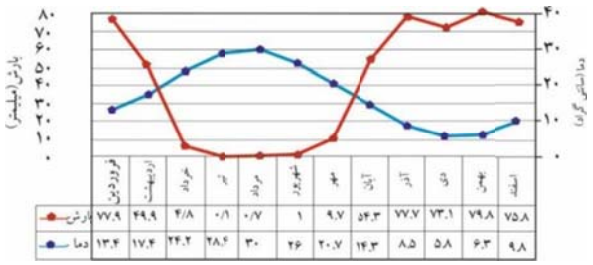
گر چه شرایط اقلیمی هر شهر در بعد کلان آن متأثر از منطقه جغرافیایی و آب و هوای غالب آن می‌باشد اما در درون شهرها نیز با توجه به وضعیت مورفولوژیک شهری و عناصر طبیعی و مصنوعی، نظیر عبور رودخانه از شهر و یا وضعیت توپوگرافی و پوشش‌های گیاهی باعث شکل‌گیری خرد اقلیم‌های متفاوت در نقاط مختلف شهر می‌گردد. گرچه خرد اقلیم دربرگیرنده ناحیه کوچکی هستند، اما ویژگی‌های آن به شرایط محیط وابسته است و می‌تواند بهبود یابد. مطالعات نشان می‌دهد که درجه حرارت و رطوبت سطح زمین تحت تأثیر پوشش گیاهی، خاک و شکل زمین قرار دارند. شیوه‌های غیرفعال مؤثر برای بهبود خرد اقلیم، افزایش پوشش گیاهی، کاشت درختان و ایجاد شبکه‌های اکولوژیکی است [28]. مانند این راهکار در شهرهای کهن مورد استفاده بوده- بخصوص شهرهای مرکزی ایران- و برعکس در شهرهای معاصر اتفاق نمی‌افتد، شهرها در داخل دمایی کمتر از خارج داشتند و دلیل آن نوعی از شهرسازی بوده که با کنترل کردن عناصر اقلیمی، شرایط مناسبی در مقیاس خرد اقلیم ایجاد می‌کردند (مفیدی شمیرانی، سید مجید؛ سیده مریم حسینی و هانیه صنایعیان و غلامرضا جاپلقی،١٣٩٩). در تشکیل خرد اقلیم‌ها پارامترهای مختلفی مانند الگوی هندسه فضایی، پوشش گیاهی، عناصر طبیعی و نوع مصالح در فضاهای باز می‌تواند باعث تغییر خرد اقلیم در این فضاها شود[29].

٥- معرفی محدوده پژوهش:

شهر خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی ۱۵ ´۲۱ °۴۸ طول شرقی و ۱۵ ´۲۹ °۳۳ عرض شمالی، در جنوب غربی کشور ایران واقع شده است. موقعیت جغرافیائی شهر به‌گونه‌ای است که توده‌های هوای برآمده از جنوب غرب و غرب وارد آن می‌شود و اثرات ویژه اقلیمی از خود بر جای گذارند. با بررسی‌های داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی شهر خرم‌آباد، مشخص شد که آب و هوای شهر خرم‌آباد خصوصیات اقلیمی سرد و کوهستانی ایران را داراست. زمستان‌ها و سرد تا حدودی مرطوب و تابستان‌ها نیمه‌خشک تا خشک است و زمستان‌های اکثراً طولانی و از۳ تا ۵ ماه به درازا می‌کشد. بهار و پاییز فصول کوتاهی هستند و گرمای تابستان در تیر و مرداد ظاهر می‌شود. به‌طورکلی اقلیم کوهستانی سرد همراه با بادهای خشک و ماه‌های خشک و بی‌باران در تابستان و زمستان‌های سرد از مشخصات کلی و آب هوایی شهر خرم‌آباد است.

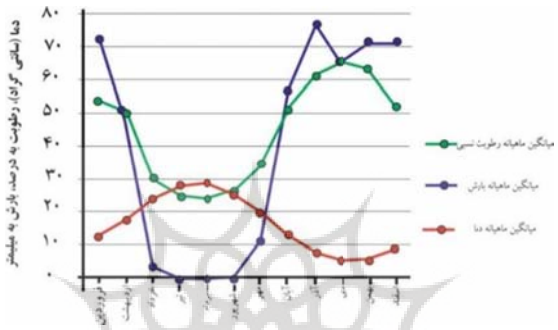


شکل ۱. نمودار کلیموگرام شهر خرم آباد (ماخذ: نگارنده دوم،٩٩)



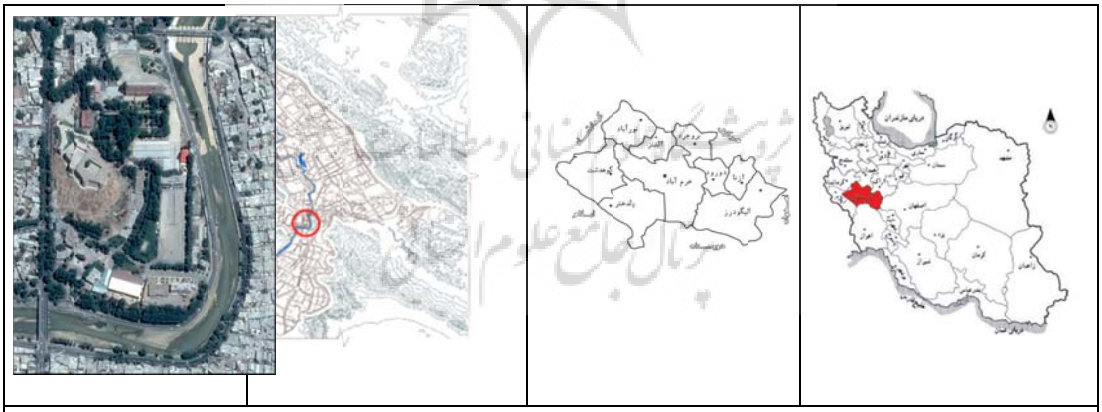
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
بارش	۷۷.۹	۴۹.۹	۴.۸	۰.۱	۰.۷	۱	۹.۷	۵۴.۳	۷۷.۷	۷۳.۱	۷۹.۸	۷۵.۸
دما	۱۳.۴	۱۷.۴	۲۴.۲	۲۸.۶	۳۰	۲۶	۲۰.۷	۱۴.۳	۸.۵	۵.۸	۶.۳	۹.۸

شکل۲. نمودار ماهیانه دماو بارش شهر خرم آباد (ماخذ: نگارنده دوم،۹۹)



شکل۳. نمودار ماهیانه رطوبت نسبی، بارش و دمای شهر خرم آباد (ماخذ: نگارنده دوم،۹۹)

محدوده طراحی در بخش قدیمی شهر خرم‌آباد و در حریم قلعه تاریخی فلک الافلاک واقع شده است. البته آزادسازی این حریم به‌طور کامل انجام نشده و در حال حاضر قسمت جنوبی محدوده دارای کاربری نظامی است. مسیر پیاده‌راه تحت مطالعه از قسمت شمالی سایت وارد می‌شود و پس از چرخش به سمت شرق به موازات رودخانه خرم‌آباد (گلال) به سمت جنوب ادامه می‌یابد.



شکل۴. نقشه‌های سلسله مراتبی محدوده تحت مطالعه در کشور، استان، شهر و سایت طراحی‌شده در حریم قلعه فلک الافلاک، (مأخذ: نگارنده دوم،۹۹)

٦- معرفی نرم‌افزار انوی مت

بررسی اثرهای خرد اقلیم شهری توسط نرم‌افزار تحلیلی انوی مت قابل مدل‌سازی است. این نرم‌افزار شرایط اقلیمی بافت شهری را در فرآیندی فیزیکی بین اتمسفر، زمین، ساختمان‌ها و گیاهان، در جهت نیل به آسایش حرارتی تحلیل و محاسبه می‌کند. داده‌های ورودی مشخصات فیزیکی سایت مورد نظر و اطلاعات جغرافیایی و هواشناسی را دربر می‌گیرد. داده‌های مورد نیاز

مشخصات فیزیکی محدوده مطالعاتی، شامل جنس و میزان بازتابش مصالح، موقعیت، ابعاد و نوع درختان موجود و همچنین حجم سه‌بعدی آن و دادهای جغرافیایی و هواشناسی شامل طول و عرض جغرافیایی سرعت و جهت باد در ارتفاع ۱۰ متری و میزان پوشش ابرناکی در زمان شبیه‌سازی است. محاسبه آسایش حرارتی علاوه بر دمای متوسط تابشی و شاخص‌های دیگر نظیر سرعت باد، رطوبت و دمای هوا نیازمند مشخصات فردی همچون سن، جنسیت، نوع پوشاک و نرخ فعالیت شخص نیز است. در نرم‌افزار انوی مت با کمک محاسبات Biomet[viii] می‌توان شاخص‌های آسایش حرارتی PMV،PPD، PET[ix]، UTCI[x] محاسبه نمود.

۶-۱- شبیه‌سازی در نرم‌افزار انوی مت

پس از ساخت مدلی از مسیر پیاده راه در نرم‌افزار انوی مت که شامل پوشش درختان چنار، فضای سبز، مسیر جوی آب، آب‌نماها و ساختمان‌های موجود در حریم تحت مطالعه است، برای اعمال شبیه‌سازی در تاریخ مشخص شده بایستی اطلاعات هواشناسی نظیر میانگین دمای روزانه، حداکثر و حداقل دما، میزان رطوبت نسبی، حداقل و حداکثر رطوبت، سرعت و جهت وزش باد را پس از برداشت میدانی یا استعلام از سازمان هواشناسی در نرم‌افزار قرار داد و عمل شبیه‌سازی را برای هر ساعت از شبانه‌روز که نیاز است انجام داد، در این پژوهش از ساعت‌های در نظر گرفته شده در محدوده بین ساعت‌های ۶ الی ۲۱ است. با توجه به نقاط تعیین شده در موقعیت مسیر، برای تعیین میزان آسایش حرارتی، با استفاده از شاخص پی ام وی، میزان پوشش و سایه درختان چنار، عرض پیاده‌راه مشخص شده‌اند. سپس میزان شاخص به‌دست‌آمده با کمیت‌های حاصل از محدوده آسایش حرارتی مقایسه می‌شود. به‌این‌ترتیب مشخص می‌شود که در کدام قسمت مسیر پیاده راه از لحاظ آسایش حرارتی وضعیت بهتری دارد و سپس شرایط آن نقطه برای سایر نقاط نیز فراهم می‌شود.

۶-۲- روش انجام شبیه‌سازی

در شروع بررسی، با توجه به طول یک کیلومتری مسیر پیاده‌راه، تعداد بیست‌ویک نقطه بر روی آن در نظر گرفته شده است. هر یک از این نقاط دارای شرایط ویژه‌ای از لحاظ موقعیت قرارگیری، عرض پیاده‌راه، میزان پوشش سایه درختان، جهت مسیر حرکت، نزدیکی به منابع آب و جنس کف‌سازی و رنگ مصالح کف هستند. به کمک مدل طراحی شده از محدوده مطالعاتی حریم قلعه فلک‌الافلاک که مسیر پیاده‌راه نیز جزئی از آن است، در نرم‌افزار انوی مت شبیه‌سازی به همراه اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک خرّم‌آباد در بازه زمانی ۶ صبح الی ۲۱ شب انجام شد. میزان دما، تابش، رطوبت و شاخص پی ام وی در این نقاط برای روز 1 مرداد ماه ۱۳۹۸ هش، به‌عنوان گرم‌ترین روزهای سال، محاسبه می‌شود؛ سپس با توجه به داده‌های تصاویر و نمودارهای حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه شرایط حرارتی همه نقاط روی مسیر پیاده‌راه با دیگر نقاط محدوده مطالعاتی، انتظار می‌رود مقادیر مطلوب الگوی بهینه در طراحی پیاده‌راه جهت دستیابی به آسایش حرارتی به دست آید.

جدول ۸ . اطلاعات هواشناسی در ۱۳۹۸/۰۵/۰۱-۲۰۱۹/۰۷/۲۲

میانگین دمای خاک	میانگین سرعت باد	رطوبت نسبی میانگین	رطوبت نسبی حداقل	رطوبت نسبی حداکثر	دمای میانگین	دمای حداقل	دمای حداکثر
۲۲	۱/۷۵	۱۷/۸۷	۱۰	۲۶	۳۶/۱	۲۹/۲	۴۴/۲

(مأخذ: ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد،۹۹)

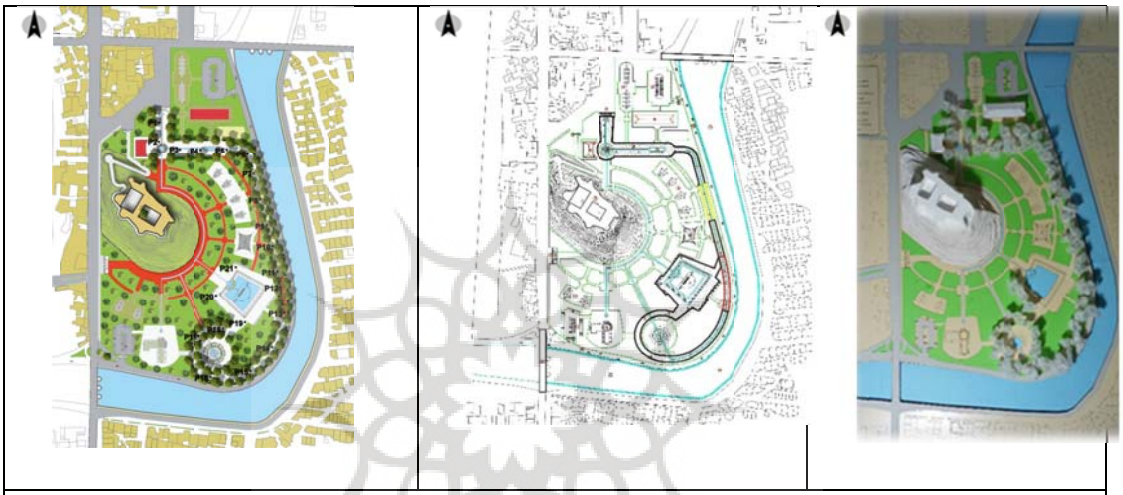
جدول ۹. مؤلفه‌های شخصی در ۱۳۹۸/۰۵/۰۱-۲۰۱۹/۰۷/۲۲

جنس	سن	وزن kg	قد M	سرعت پیاده‌روی M/S	ضریب میزان پوشش CLO	نرخ متابولیک W
مرد	۳۵	۷۵	۱/۷۵	۰/۹	۰/۵	۱۴۲/۶۲
زن	۳۵	۶۳	۱/۶۵	۰/۵	۰/۹	۱۱۶/۴۹

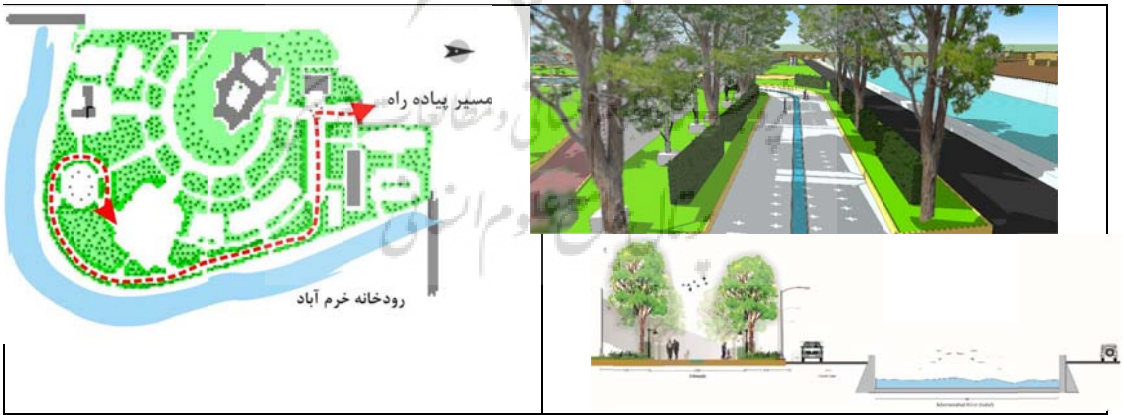
(مأخذ: نگارنده دوم)

مقادیر کمی مؤلفه‌های شخصی و نرخ پوشش مخصوص شهروندان برای محاسبه شاخص PMV در جدول شمارهٔ ۹ ذکر شده است.

نرخ پوشش برای مردان در این ماه عدد ۰/۵ (لباس سبک تابستانی) و برای خانم‌ها عدد ۰/۹ (چادر، مانتو،روسری) که با توجه به ویژگی‌های فرهنگی و اجتماعی منطقه در نظر گرفته شده است. همچنین وابسته به نوع فعالیت، یعنی پیاده‌روی در فضای باز و نرخ فعالیت، با توجه به تفاوت متابولیسمی بدن افراد با گروه‌های سنی مختلف، در این پژوهش گروه سنی جوان با سن ۳۵ سال و برای پیاده‌روی با سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه برای آقایان و ۰/۵ متر بر ثانیه برای خانم‌ها در نرم‌افزار مبنای محاسبه قرار گرفته است.



شکل ۶. سایت طراحی شده و نقاط شماره‌گذاری شده جهت بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده‌راه
(مأخذ: نگارنده دوم،۹۹)



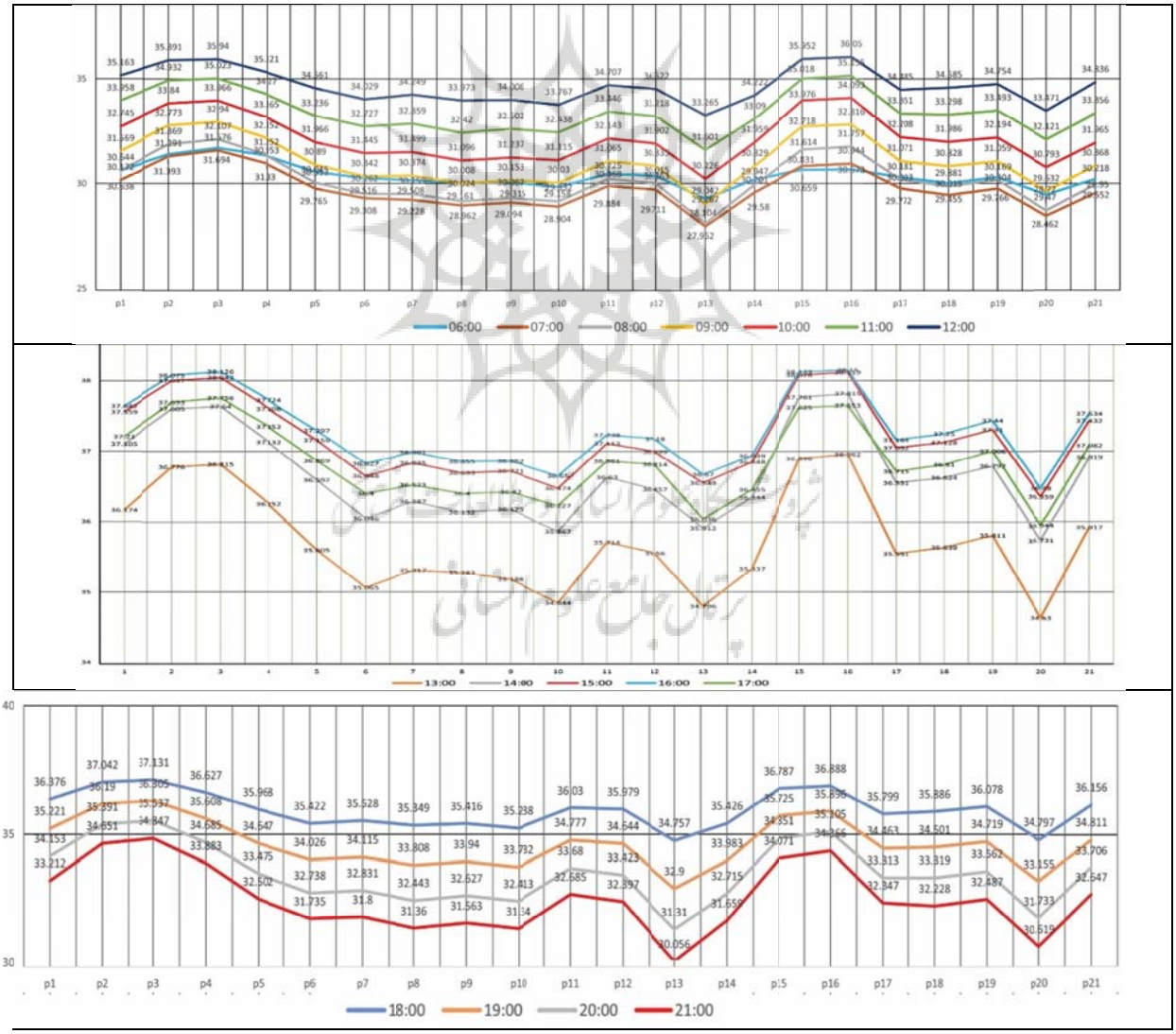
شکل ۷– فضای سبز و درختان سایت طراحی شده در محیط انوی مت و برشی از مسیر پیاده راه و هم‌جواری‌های سایت
(مأخذ: نگارنده دوم،۹۹)

برای تعیین تأثیر مؤلفه‌های جنس مصالح و رنگ کف، میزان پوشش درختان و نزدیکی به منابع آب، تغییر جهت و پهنای مسیر پیاده‌راه، نقاط مطابق جدول زیر در نظر گرفته شده است:

جدول ۱۰. اطلاعات مصالح کف و جهت مسیر پیاده راه در۲۱ نقطه تعیین شده (مأخذ: نگارنده دوم،۹۹)

نقاط	مصالح کف	رنگ مصالح	عرض پیاده‌راه	جهت‌گیری پیاده‌راه
P1-P2	بتن	رنگ روشن	۲۰ متر	شمالی – جنوبی
P3-P4	بتن	رنگ روشن	۲۵ متر	شرقی– غربی
P5-P6	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی– غربی
P6-P7	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P8-P9	آجر	زرد	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P10-P11	خاک	قهوه‌ای روشن	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P12-P13	آجر	قرمز	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P14-P15-P16	بتن	رنگ روشن	۱۰متر	شرقی– غربی
P16-P17	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P17-P18	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی – غربی
P19-P20	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P20-P21	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی – غربی

۷. بررسی اطلاعات دمایی حاصل از شبیه‌سازی حرارتی در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸:



شکل ۸ . میزان دما در نقاط بیست‌ویک گانه تعیین شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ۶ الی ۲۱ در ۱مرداد ماه۱۳۹۸
(مأخذ: نگارنده دوم)

جدول ۱۱. بیشترین و کمترین درجه حرارت در نقاط مشخص شده در مسیر پیاده‌راه در ۱ امرداد ۹۸
(مأخذ: نگارنده دوم)

ساعات شبیه‌سازی شده در ۱ امرداد۹۸	۱۸-۱۹-۲۰-۲۱	۱۳-۱۴-۱۵-۱۶-۱۷	۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲
نقاط دارای بیشترین درجه حرارت بترتیب	P3-P2-P16-P15	P16-P3-P15-P2	P16 -P15- P3-P2
نقاط دارای کمترین درجه حرارت بترتیب	P13-P20	P20 -P13-P10	P13-P20

۱-۷- جمع‌بندی از اطلاعات دمایی حاصل از شبیه‌سازی حرارتی در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸:

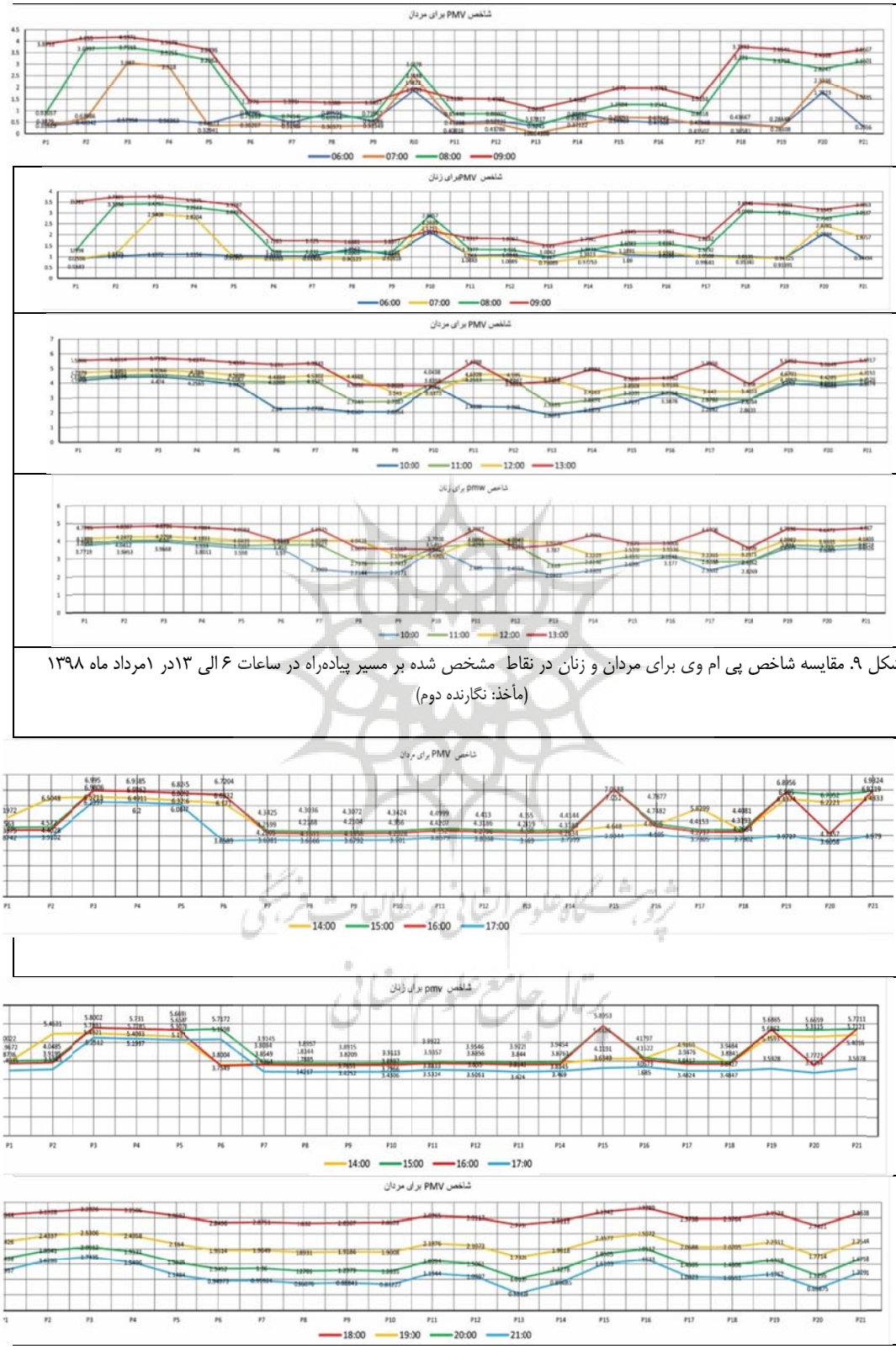
جدول شماره ۱۱که از بررسی نمودارهای دما در ساعات شبیه‌سازی شده به‌دست‌آمده است نشان می‌دهد که از ساعات ۶ الی ۱۲ کمترین دما متعلق به نقطه P13 به میزان ۲۷/۹۶، سپس در نقطه P20 به میزان ۲۸/۴۶ است که در ساعت ۷ اتفاق افتاده است. بیشترین دما در این محدوده زمانی، در ساعت ۱۲ در نقطه P16 به میزان ۳۶/۰۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده است و سپس نقاط P16،P15، P3، P2 بترتیب دارای دمای ۳۵,۹۵،۳۶,۰۵،۳۵,۹۴،۳۵,۱۶ هستند. این نقاط در راستای شرقی غربی مسیر پیاده‌راه واقع شده‌اند و در محل نقاط P3، P2 عرض پیاده‌راه به میزان ۱۵ متر عریض‌تر از سایر نقاط پیاده راه است و پوشش درختان چنار نمی‌تواند کل سطح پیاده‌راه را در سایه قرار دهد.

در محدوده زمانی ۱۳-۱۷ کمترین دما در ساعت ۱۳ در نقطه P20 به میزان ۳۴/۶۳ درجه سانتیگراد است که این نقطه داری کف‌سازی بارنگ روشن و از جنس بتن است و در کنار آب‌نمای بزرگ رقص موزیکال واقع است و همچنین در این ساعت نیز در سایه درختان چنار سمت غرب خود، قرار دارد. نقطه بعدی P13 به میزان ۳۴/۷۹ و سپس P10 به میزان ۳۴/۸۶ درجه سانتیگراد است. این دماها برای نقاط اخیر به دلیل راستای شمالی-جنوبی مسیر و سایه‌اندازی درختان سمت غرب پیاده‌راه ایجاد می‌شود؛ هرچند جنس مصالح نقطه P10 زمین خاکی بوده و نقطه P13 نیز از آجر کف قرمزرنگ استفاده شده است. بیشترین دما در ساعت ۱۶ در نقطه P16 به میزان ۳۸/۱۵ و سپس P3 به مقدار ۳۸/۱۲۶، نقطه P15 به مقدار ۳۸/۱۲، P2 به مقدار ۳۸/۰۷ درجه سانتیگراد به‌دست‌آمده است. افزایش دما در این نقاط نسبت به نقاط P6 الی P۱۴ به دلیل شرقی غربی بودن مسیر در این نقاط است که باعث افزایش میزان تابش و درنتیجه، سبب بالا رفتن درجه حرارت در این نقاط می‌شود. در محدوده زمانی ۱۸ الی ۲۱ کمترین دما در ساعت ۲۱، در نقطه P13 به میزان ۳۰/۰۶ و سپس نقطه P20 به مقدار ۳۰/۶۱ درجه سانتیگراد اتفاق افتاده است.

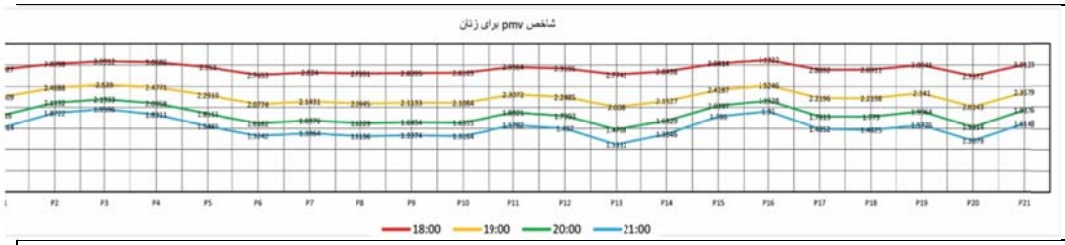
بیشترین دما در این محدوده زمانی در ساعت ۱۸، در نقطه P3 به مقدار ۳۷/۱۳ و سپس در نقطه P2 به مقدار ۳۷/۰۴، P16 به مقدار ۳۶/۸۸ و نقطه P15 به مقدار ۳۶/۷۸ اندازه‌گیری شده است.

۲-۷- میزان شاخص پی ام وی مردان و زنان در نقاط مشخص شده روی مسیر پیاده‌راه در تاریخ ۱ مردادماه ۹۸:

شاخص پی ام وی یکی از شاخص‌های مهم در آسایش حرارتی است. این شاخص مانند شاخص پی وی دی به‌وسیله نرم‌افزار انوی مت قابل محاسبه است. در این فرایند با دادن اطلاعات هواشناسی و مؤلفه‌های شخصی نرم‌افزار این شاخص محاسبه می‌شود؛ سپس، با توجه به اعداد به‌دست‌آمده درجه احساس حرارتی شخص در محدوده مطالعاتی تعیین می‌شود. مقادیر شاخص آسایش حرارتی، از ساعت ۶ الی ۲۱، در ۲۱ نقطه تعیین شده از مسیر پیاده‌راه، قید شده است:



شکل ۹. مقایسه شاخص پی ام وی برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ۶ الی ۱۳در ۱مرداد ماه ۱۳۹۸ (مأخذ: نگارنده دوم)



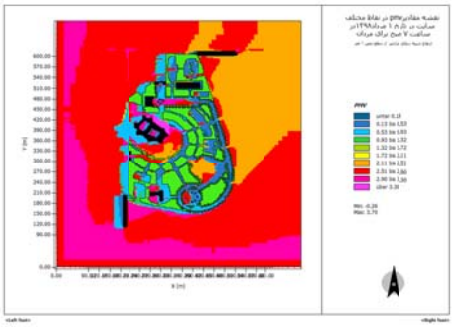
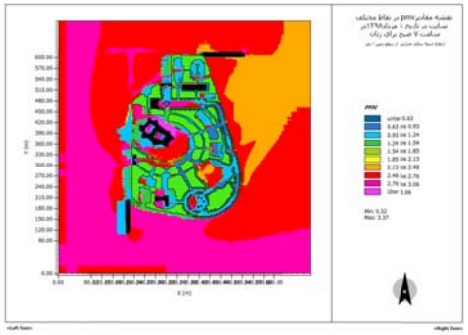
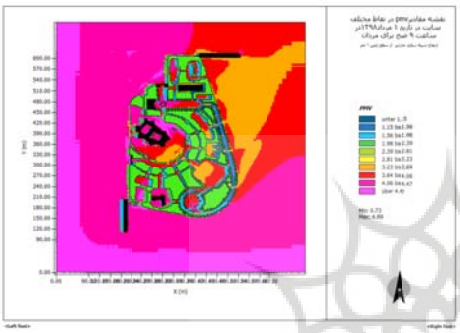
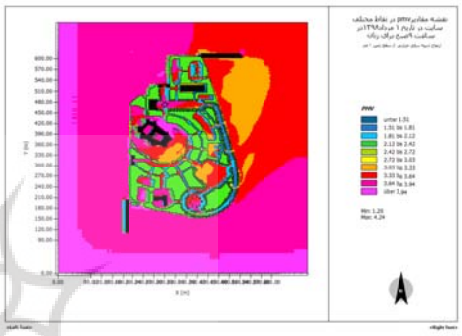
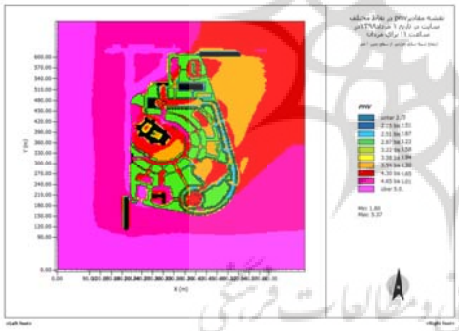
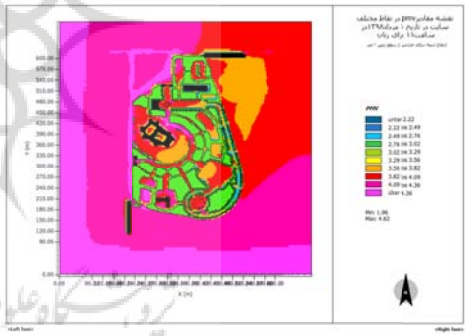
شکل ۱۰. مقایسه شاخص پی ام وی برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه از ساعات ۱۴ الی ۲۱ در ۱ مرداد ماه۱۳۹۸ (مأخذ: نگارنده دوم)

۳-۷- جمع‌بندی از مقایسه میزان شاخص پی ام وی مردان و زنان در نقاط روی مسیر پیاده‌راه در تاریخ ۱مرداد۱۳۹۸:

در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸، از ساعت ۶ الی ۷ مسیر پیاده‌راه در محدوده آسایش حرارتی بود؛ و سپس اعداد این شاخص که معرف میزان احساس دمایی است از عدد ۱ بیشتر شد. در ساعت ۹ در نقاط P1، P2، P3، P19 مقدار شاخص پی ام وی بترتیب: ۳,۸۷،۴,۱۵،۴,۱۹،۳,۷ رسید. این نشان از احساس گرما در این نقاط بوده است و در نقاط P17، P13 نیز دارای مقادیری بترتیب ۱,۰۶،۱,۵ بوده که نشانه احساس خنکی و سرما است. در بررسی شکل‌های ۹ و ۱۰ در این زمان تفاوت نسبی شاخص پی ام وی در نقاطی مشاهده می‌شود که در راستای شمالی- جنوبی مسیر پیاده‌راه هستند و اعداد این شاخص در این نقاط نسبت به نقاط دیگر به‌ویژه مسیرهای در راستای شرقی- غربی کمتر است به‌طوری‌که در مسیر شمالی –جنوبی کمترین عدد دیده شده در ساعت ۹ صبح برای شاخص پی ام وی عدد ۱,۰۶ در نقطه P۱۳ که نشان از احساس خنکی بیشتر در این نقطه که بر مسیر شمالی جنوبی واقع شده است دارد و بیشترین میزان شاخص در نقطه P 3 به میزان ۴,۱۹ می‌باشد که نشان از احساس گرمای بیشتر در این نقطه که بر مسیر شرقی غربی واقع شده است دارد.

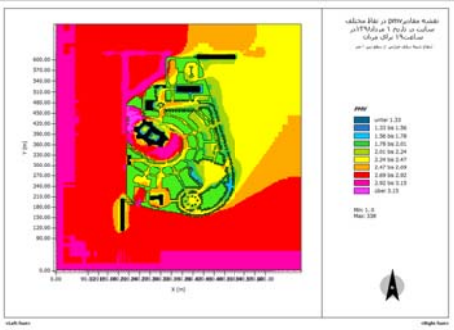
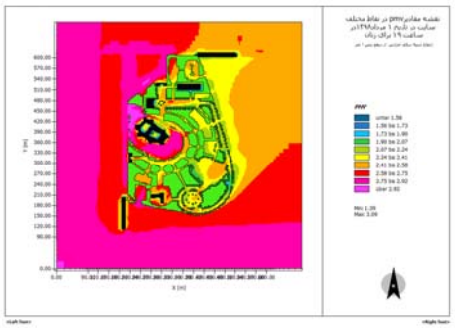
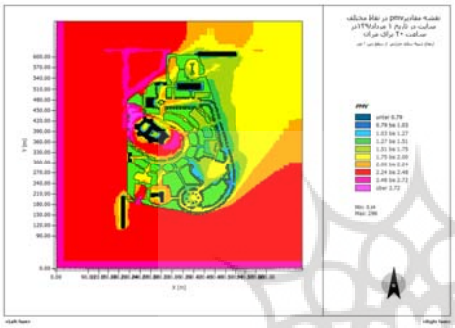
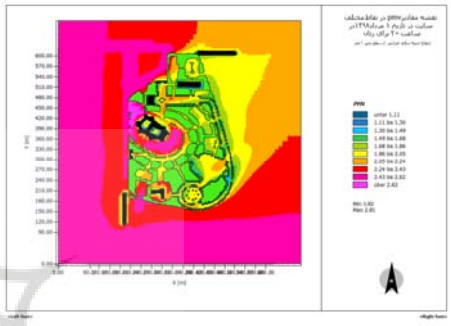
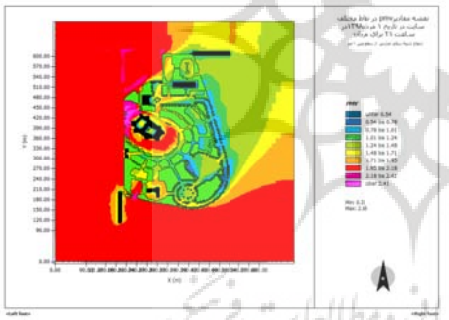
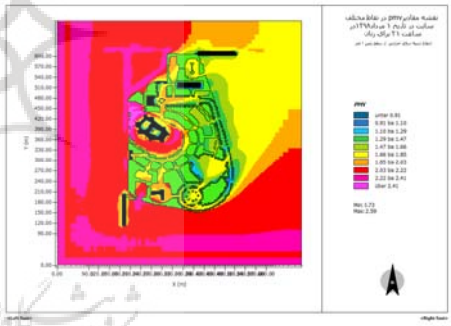
٤-۷- مقایسه شاخص پی ام وی در سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸:

اکنون میزان شاخص پی ام وی در سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن را به کمک برنامه بایومت که یک نرم‌افزار جانبی انوی مت است را محاسبه کرده تا تأثیر طراحی را در آسایش حرارتی مسیر پیاده راه و سایت قلعه فلک الافلاک به‌صورت نقشه‌های گرافیکی رنگی بر این شاخص مشاهده کنیم. البته میزان این شاخص برای مردان و زنان به‌صورت جداگانه به دست می‌آید.

ساعت	مردان	زنان
۷		
9		
۱۱		

شکل ۱۱. شبیه‌سازی شاخص پی ام وی به‌وسیله نرم‌افزار جانبی بایومت از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات۷، ۹، ۱۱در تاریخ ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸

(مأخذ: نگارنده دوم)

ساعت	مردان	زنان
۱۹		
۲۰		
۲۱		

شکل ۵ . شبیه‌سازی شاخص پی ام وی به‌وسیله نرم‌افزار جانبی بایومت از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات،۱۹،۲۰،۲۱در تاریخ ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸
(مأخذ: نگارنده دوم)

۵-۷- جمع‌بندی از مقایسه شاخص پی ام وی در سایت قلعه فلک‌الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در تاریخ مردادماه ۹۸:

با توجه به اشکال گرافیکی شماره ۱۱، ۱۲ و جدول شماره ۷ مشخص می‌شود که از ساعت ۷ صبح الی ۹ در کلیه نقاط مسیر پیاده‌راه به‌جز نقاط P2، P3، P4، آسایش حرارتی وجود دارد؛ اما از ساعت ۹ به بعد با گرم شدن هوا نقاط P19، P20، P21، P15، P16، به نقاط سه‌گانه قبلی در خارج از محدوده آسایش نیز افزوده می‌شود. همه نقاط پیاده راه در این روز در ساعت ۱۱ الی ۱۹ به دلیل شدت گرما همچنان در خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار دارند. در ساعت ۱۹ فقط نقاط P13 و P20 دارای آسایش حرارتی هستند و در ساعت ۲۰ نقطه P10 نیز به دو نقطه قبلی اضافه می‌شود. در ساعت ۲۱ در کلیه نقاط به‌جز P15 ، P16، P2،

P3، آسایش حرارتی حکمرما است. از مشاهده اشکال ۱۱ و ۱۲دیده می‌شود که مسیر پیاده راه طراحی شده نسبت بـه کـل سـایت قلعه فلک الافلاک از لحاظ میزان شاخص پی ام وی از وضعیت بهتری برخوردار است.

۸- بحث و نتیجه‌گیری:

به دلیل کلان بودن وسعت شهر خرم‌آباد، پذیرش تأثیر سازگاری و ناسازگاری بعضی از ویژگی‌های کلی جغرافیایی آن مثـل «واقـع شدن بین دو رشته‌کوه در شرق و غرب»، اجتناب‌ناپذیر است؛ اما ویژگی‌های دیگر مثل «پهنای بهینه بستر رودخانه»، «پهنای بهینه ساحل رودخانه»، «فضای سبز- درختان کهنسال چنار»، «استفاده از جریان آب در پیـاده راه»، قابـل تغییرنـد؛ بنـابراین مـی‌تواننـد قوانین طراحی را به خود مشغول کنند.

بررسی‌های انجام شده در جغرافیای محلی رودکنار خرم‌آباد، نشان می‌دهد که بیشتر امتداد مسیر حرکـت پیـاده راه در راسـتای شمال-جنوب جهت‌گیری شده است؛ با این استثناء که در شمال محدوده مطالعاتی تغییر جهت در راستای شرق-غرب (نقاط P1 تا P5) و در جنوب آن (نقاط P14 تا P19) تغییر تدریجی مسیر در تبعیت از دایره و نقاط P20 و P21 که برای ادامـه مسـیر در نظـر گرفته شده است، وجود دارد؛ بنابراین انتظار می‌رود که شرایط جغرافیای محلی رودکنار برای نقاط بیست‌ویک گانه (P1 تا P21) در چهار گروه کلی متفاوت باشد.

از طرفی در یک رویکرد تحلیلی، مشخصات جدول ماهونی برای شهر خرم‌آباد در یک صورت کلی نشان‌دهنده‌ی وجود شرایط آسایش حرارتی مطلوب در سه فصل اردیبهشت، مهر و آبان از سال است؛ بنابراین انتظار مـی‌رود کـه در نـه مـاه باقیمانـده یعنـی فروردین، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، آذر، دی، بهمن و اسفند آسایش حرارتی نامطلوب وجود داشته باشد. به‌این‌ترتیب می‌توان گفت که نزدیک به ۴۵ درصد از مواقع سال سرما حاکم است و برای گرم کردن فضای داخل ساختمان باید از گرمایش مکانیکی استفاده کرد؛ و همچنین در ۳۰ درصد از مواقع سال هوا گرم است و باید از تهویه و سرمایش مکانیکی استفاده نمود. مجمـوع ارقـام مواقـع گرم و سرد سال نشان می‌دهد که شرایط آسایش تنها در ۲۵ درصد از مواقع سال برای شهر خرم‌آباد برقرار است.

بررسی‌های انجام شده بر روی شاخص حرارتی پی ام وی در روز اول مرداد ماه در منطقه‌ی مطالعاتی، نشان می‌دهد که با یک استثناء از ناسازگاری، در ساعت ۷ صبح در نقاط P3، P4 و P5 در امتداد مسیر در راستای شرقی- غربی، در بـاقی هفـده نقطـه‌ی باقیمانده، از منظر دمای هوا و تابش خورشید، آسایش حرارتی مطلوب وجود دارد. با حفظ همین شرایط، کمترین میزان شاخص پی ام وی برای مردان۰/006 و برای زنان ۰/73 است که می‌توان آن را به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و نرخ پوشش متفاوت آن‌هـا دانست.

در ادامه بررسی‌ها نشان می‌دهند، ساعت ۹ در نقطهٔ P13 کمترین احساس گرمـا و نقـاط P15، P16، P3، P4، P5 بـه دلیـل راستای شرقی- غربی مسیر، بیشترین احساس گرما وجود دارد. همچنین نقاط فاقد پوشش درخت، مانند P20،P21، P19، احساس گرما به بیشتر است. کمترین میزان شاخص PMV برای مردان در این ساعت در نقطه P13 بـرای مـردان۱/۱۵ و بـرای زنـان در همین نقطه ۱/۵۱ درصد است. در ساعت ۱۱ با افزایش میزان تابش و بالا رفتن دما در کلیه نقاط بیشترین احساس گرما مشـاهده می‌شود. به همین ترتیب تا ساعت ۱۹ در بیشتر نقاط و محدوده مطالعاتی این وضعیت وجود دارد. از ساعت ۱۹ احسـاس گرمـا بـا غروب خورشید کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که کمترین میزان آن در این ساعت در نقطه P13 برای مردان ۱/۵۶ و برای زنان در همین نقطه ۱/۹۰ دیده می‌شود. نقاط P20 و P13 دارای کمترین میزان شاخص PMV و نقاط P15، P16، P3، P4، P5 دارای بیشترین مقدار این شاخص می‌باشد. در ساعت ۲۱ نقاط P16، P15، P3، به ترتیب با مقادیر3/22، 3/19، 3/28، بیشـترین میـزان احسـاس گرما را نشان می‌دهند. میزان شاخص پی ام وی در این نقاط در کمترین حالت برای مردان ۰/۵۳ و برای زنان ۱/۱۱ می‌باشد.

بررسی تطبیقی درمجموع نشان می‌دهد که در میانه فصل تابستان شرایط آسایش حرارتی در فضای باز به دلیـل گرمـای هـوا (۴۴/۲ درجه سانتی‌گراد) در طول روز (از ساعت ۹ الی ۱۹) وجود ندارد و فقط در ساعات ابتدایی روز تا سـاعت ۹ و بعـد از ظهـر از ساعت ۱۹ به بعد با رعایت نرخ پوشش و فعالیت مناسب و استفاده از دالان‌های سبز، آسایش حرارتی امکان‌پـذیر اسـت. همچنـین مشخص می‌شود که مردان از لحاظ فیزیولوژیکی و به دلیل نرخ پوشش کمتر در این شرایط از وضـعیت بهتـری نسـبت بـه زنـان برخوردارند.

بررسی صورت گرفته با کمک نرم‌افزار انوی مت مشخص نمود که در روز ۱ مرداد ۹۸ در ساعات محدودی از روز آسایش حرارتی وجود دارد به‌طوری‌که از ساعت ۱۰ الی ۱۹ به دلیل بالا بودن دمای هوا در فضای بیرونی آسایش حرارتی وجود ندارد و شاخص پی ام وی در بیشترین مقدار می‌باشد تا زمان غروب خورشید که در این روز در ساعت ۱۸:۲۶ دقیقه است ادامه می‌یابد و از ساعت ۱۹ الی ۲۱ که شبیه‌سازی حرارتی انجام گرفته است، به دلیل عدم وجود تابش خورشید دما کاهش یافته و شاخص پی ام وی نیز کاهش می‌یابد و آسایش حرارتی برقرار می‌شود.

در یک جمع‌بندی با بررسی شاخص پی ام وی پیاده راه رودکنار خرم‌آباد در محدوده مورد مطالعه، آسایش حرارتی در موارد زیر برقرار بوده است:

۱- در ساعات اولیه صبح تا ساعت ۹ و از ساعت ۱۹ به بعد

۲- دوقسمتی از پیاده‌راه که جهت شمالی – جنوبی دارد.

۳- دوقسمتی از پیاده‌راه که در دو سمت آن درختان چنار وجود داشته و عرض پیاده راه از ۱۰ متر تجاوز نکند.

۴- دوقسمتی از پیاده‌راه که نزدیک منابع آب و فضای سبز بوده است.

۵- دوقسمتی از پیاده‌راه که در دو سمت آن بوته‌های متراکم شمشاد به ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر وجود دارد به دلیل سایه‌اندازی بیشتر و ایجاد خنکی در مسیر پیاده راه

۶- دوقسمتی از پیاده‌راه که مابین سطح زمین و شروع برگ درختان چنار سایبان عمودی جهت ایجاد سایه بر مسیر پیاده راه قرار داده شود به دلیل عدم وجود پوشش در این ارتفاع از درختان مسیر پیاده راه در معرض نور مستقیم خورشید می‌باشد لذا جهت جلوگیری از تابش مستقیم نور وجود سایبان‌های عمودی که جلوی نور را بگیرد ضروری است.

بااین‌حال تحقیقات بیشتری لازم است تا اثرات سایر عوامل و تأثیرات خرد اقلیمی آن‌ها بر آسایش شهروندان در فضاهای باز شهری مشخص گردد. ضمن اینکه پژوهش حاضر به سنجش آسایش حرارتی به کمک شاخص PMV در فصل تابستان پرداخته و برای نمونه تنها یک گروه سنی در دو جنسیت را در نظر گرفته است لذا برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر لازم است فصول دیگر سال و سایر شاخص‌ها و گروه‌های سنی نیز مورد بررسی قرار گیرند.

۸-پی‌نوشت:

i- نرم‌افزار شبیه‌سازی حرارتی

ii -predicted mean vote (PMV)

iii - American socicty of Heating Refrigerating and Air- conditioning Engineers. U.S

iv Effective Temperature

v- Resulting Temperature

vi - Humidity operating temperature

vii - Wind Chill Index

viii - Heat stress index

ix -Standard effective temperature

x –نرم‌افزار جانبی انوی مت برای محاسبات شاخص‌های آسایش حرارتی

xi- Physiologically Equivalent Temperature

xii –Universal Thermal Climate Index

۹- منابع:

1- Ahmed-Ouameur, F & Potvin, A (2007), Microclimates and Thermal Comfort in Outdoor Pedestrian Spaces: A Dynamic Approach Assessing Thermal Transients and Adaptability of the Users, The American Solar Energy Society (ASES), SOLAR, Cleaveland, Ohio. American Solar Energy Society, American Institute of Architects.

2- Setaih Kh, Hamza N, Townshend T (2013). Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas, 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.

3- Middel A, Selover N, Hagen B and Chhetri N 2016 Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona Int. J. Biometeorol. 1849,60–61.

4- K Fabbri, J Gaspari,.(2017). A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration, Energy Procedia 111, 500-509.

5- Gatto, E., Buccolieri, R., Aarrevaara, E., Ippolito, F., Emmanuel, R., Perronace, L., Santiago, J.L (۲۰۲۰),.Impact of Urban Vegetation on Outdoor Thermal Comfort: Comparison between a Mediterranean City (Lecce, Italy) and a Northern European City (Lahti, Finland), Forests 2020, 11, 228.

۶- پور دیهمی، شهرام . (۱۳۷۸). ساخت‌وساز همساز با اقلیم، صفه، دوره ۹، شماره۲۸ .

۷- حیدری، شاهین، ۱۳۸۸، در جستجوی هویت شهری ایلام، تهران: مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.

۸- قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۲)،الگوی حرکت سایه و طراحی سایت، نشریه هنرهای زیبا.ش ۱۵ .۵۸-۶۸.

۹- طاهباز، منصوره. (۱۳۸۶)،طراحی سایه در فضای باز، نشریه هنرهای زیبا.ش ۳۱ .۲۷-۳۸.

10-Nouri, A.S; Costa, J.P; Santamouris, M & Matzarakis, A 2018), Approaches to Outdoor Thermal Comfort Thresholds through Public Space Design: A Review, Atmosphere, 9 108, pp.1-48.

11-Ali-Toudert, Fazia & Mayer, Helmut (2007),("Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons"),Solar Energy, 81, 742-754.

12- Krüger, E. L., Minella, F. O., & Rasia, F. (2011). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. Building and Environment, 46(3), 621-634. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.09.006

13-Taleghani, Mohammad; Kleerekoper, Laura; Tenpierik, van den & Dobbelsteen Andy (2014)("Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands"), Building and Environment, 1-14.

۱۴- مهدی نژاد، محمدجواد،۱۳۹۴،مقاله نقش و تأثیر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (بررسی موردی: طراحی پیاده راه طقماچی ها در کاشان)، فصلنامه دانشگاه هنر،ش ۱۸، نامه معماری و شهرسازی، ص ۵۹.

۱۵- بهزادفر، مصطفی و منعام، علیرضا، تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری، بررسی بوستان‌های منتخب شهر تهران، آرمانشهر، ۱۳۸۹، ۳۴-۲۳.

۱۶- محمودی، امیرمسعود، سیده ندا، قاضی زاده و منعام ,علیرضا، تأثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی(نمونه مورد مطالعه :فاز سه مجتمع مسکونی اکباتان) ، نشریه هنرهای زیبا، ۱۳۸۹، ۷۰-۵۹

۱۷- حیدری، شاهین و منعام، علیرضا، ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۳۹۲، ۱۹۷-۲۱۶

۱۸- مفیدی شمیرانی، سید مجید، حسینی، سیده مریم، صنایعیان، هانیه، جاپلقی، غلامرضا. (۱۳۹۹). بررسی اثر حرارتی گیاهان در فضاهای شهری با مدل PMV (نمونهٔ موردی محلهٔ ازگل تهران). فصلنامه مطالعات شهری، ۹(۳۴)، ۱۱۹-۱۳۰.

http://dx.doi.org/10.34785/J011.2021.363

۱۹- خوشبخت، یاسر و مدی، حسین و آزموده، مریم،۱۳۹۹،بررسی هندسه بلوک های شهری در میزان آسایش حرارتی فضای باز در دوره گرم سال (مطالعه موردی: شهر همدان)، فصلنامه علمی –تخصصی مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری، ۳(۱)،۲۷-۳۹

۲۰- ثروتی، زهرا و لطیفی، غلامرضا،۱۴۰۰،ارزیابی تأثیر معیارهای اقلیمی طراحی مدل جغرافیایی میدان شهری بر اساس کیفیت و جهت‌یابی باد غالب به‌منظور دستیابی به آسایش حرارتی – مطالعه موردی: میدان نبوت شرق تهران، فصلنامه علمی –پژوهشی اطلاعات جغرافیایی،دوره ۳۰،ش ۱۱۷.

۲۱- یادگاری، پگاه و سجادزاده، حسن،۱۴۰۰، نقش الگوی فضایی و پوشش گیاهی فضاهای باز محلی بر میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد، فصلنامه علمی –پژوهشی مطالعات شهری۱۰(۴۰)،۱۵-۲۶

۲۲- مجیدی، فاطمه السادات، حیدری، شاهین. (۱۳۹۸). تحلیل نشانه‌های سازگاری در آسایش حرارتی فضاهای باز (نمونه مورد مطالعه: محلات مسکونی منتخب شهر اصفهان. نشریه هنرهای زیبا. ش ۲۴(۱)،۲۸-۱۷.

doi: 10.22059/jfaup.2019.276802.672227

23-Fanger PO (1970). Thermal comfort, Copenhagen, Danish Technical Press.

۲۴- معرفت، مهدی، و امیر امیدوار.۱۳۹۲. آسایش حرارتی: محاسبات و ملاحظات طراحی.تهران: یزدا.

۲۵- کمیسیون فنی تدوین استاندارد (مهدی معرفت، امیر امیدوار، شاهین حیدری، امین ذوالفقاری، سید علیرضا ذوالفقاری، آزاده شارسان، ریما فیاض، فرهنگ طهماسبی، مهرناز لنکرانی، سارا مهرگان).۱۳۹۰. تعیین شاخص‌های آسایش حرارتی PMV و PPD و معیارهای آسایش حرارتی موضعی. تهران: سازمان ملی استاندارد ایران.

۲۶- بهاری نژاد، مهدی و محمد یعقوبی، ۱۳۸۵، تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

27-Matzarakis. A, Mayer H and Iziomon M G. (1999). Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. Int. Biometorology. 43: 43: 78-84.

28- Hou, Tuoyu, Lu, Ming, Fu, Jingwan. (2017),Microclimate perception features of commercial street in severe cold cities. 9th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings. Chania, Crete, Greece. 528–535.

29-Bourbia, F., & Boucheriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). Renewable Energy, 35(2), 343-347.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Investigation of PMV index in thermal comfort of urban open spaces in summer Case study: River sidewalk near Khorramabad, Lorestan[2]

Noor Mohammad Monjezi[1], Ali Eslami Moghadam[2*]

1. Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundishapur University of Technology, Dezful
2. Graduated from Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundishapur University of Technology, Dezful .(Responsible author*)

Received: [2022/1/5] Accepted: [2022/1/28]

Abstract

Problem statement: Today, the issue of thermal comfort has been raised as one of the important factors in the quality of urban open spaces along with physical factors. Basically, citizens tend to be in spaces where they feel thermally comfortable. Due to the effect of various parameters in urban open spaces that affect the thermal comfort of users and the lack of codified principles in this regard, the creation of such a space in an urban area has become difficult to identify and meet the thermal needs of city designers.

Results: Studies showed that in the open spaces of the urban environment, due to the influence of various factors, absolute thermal comfort conditions can not be achieved throughout the day; Rather, thermal comfort conditions are expected to be provided for certain hours. To improve thermal comfort in urban open spaces, elements such as vegetation, water, proper orientation, type of materials, color, activity rate and coverage rate are important. It is obvious that by using these factors and observing the time of presence in the open space of Rudkenar sidewalk, thermal comfort will be provided in it.

Method: The research is applied-developmental in terms of purpose; And is based on analytical method. In this method, in order to study the microclimate, the software simulation technique (Envi met) has been used as one of the most complete simulation software in the field of urban microclimate, and the values of PMV thermal comfort index (average vote prediction) using simulation in different parts of the route The designed sidewalk that has different conditions and situations has been calculated and the changes of two factors of temperature and radiation and its effect on the thermal comfort of Khorramabad river in Lorestan in summer have been studied.

Conclusion: Finally, it was found that factors such as choice of direction, walking time, sidewalk width, the presence of trees and vegetation, shade and water, as well as some user characteristics such as metabolic rate and activity, coverage rate in terms of thermal comfort in this season of the year Has been impressive.

Keywords: urban design, sidewalk, thermal comfort, Khorramabad, Lorestan, PMV.

2 This article has been compiled from the master's thesis of urban design with the guidance of Dr. Noor Mohammad M0njezi at Jundishapur University of Technology, Dezful.