نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال چهاردهم | شماره پنجاه و سوم | بهار ۱۴۰۲
وصول: ۱۴۰۰/۰۶/۱۹ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۹
صص ۱۱۶-۹۷

شاخص PMV در آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در فصل بهار، نمونه موردی: پیاده راه رود کنار خرم آباد

نورمحمد منجزی[۱]، علی اسلامی مقدم[*۲]
۱- استاد گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران
۲- کارشناس ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران

چکیده

امروزه بحث آسایش حرارتی به عنوان یکی از عوامل مهم در کیفیت فضاهای شهری در کنار عوامل کالبدی مطرح گردیده است به گونه ای که توجه نکردن به آن، باعث استفاده نشدن و محجور ماندن این فضاها می‌شود بطوریکه فضایی که تمام عوامل کالبدی جهت استفاده شهروندان را در خود دارد بدلیل در نظر نگرفتن آسایش حرارتی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد در واقع می‌توان گفت رعایت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری نیز برای استفاده شهروندان مهم بوده و بایستی به آن توجه شود. از طرفی بدلیل تاثیر عوامل و پارامترهای گوناگون در فضاهای باز شهری که بر روی آسایش حرارتی کاربران تاثیرگذار است و کمبود مبانی مدون در این زمینه موجب دشواری تشخیص و تامین نیازهای اقلیمی در یک محدوده شهری برای طراحان گردیده است. پژوهش حاضر با در نظر گرفتن بحث آسایش حرارتی در فضای پیاده راه شهری، به بررسی عوامل اقلیمی و محیطی در محدوده مورد نظرکه در این پژوهش شهر خرم‌آباد و در حریم قلعه فلک الافلاک واقع گردیده است پرداخته و از طریق کاربرد تکنیک شبیه‌سازی انرژی بوسیله نرم افزار انوی مت که یک نرم افزار کاربردی در طراحی فضاهای باز شهری با توجه به شرایط اقلیمی می باشد، با روش تحلیلی به بررسی شاخص آسایش حرارتی PMV (پیش‌بینی متوسط آرا) که یکی از شاخص‌های مهم در سنجش آسایش حرارتی است در فصل بهار می‌پردازد و در پایان نتایج بدست آمده در شبیه سازی صورت گرفته که همه نقاط مختلف مسیر پیاده راه را شامل می شود نشان داد که عواملی نظیر انتخاب جهت مسیر حرکت پیاده‌راه، عرض پیاده‌راه، وجود درختان، سایه و آب،و ساعت پیاده روی در میزان آسایش حرارتی مسیر پیاده راه تاثیرگذار بوده است.

کلید واژه‌ها: پیاده‌راه، آسایش حرارتی، خرم‌آباد، بهار ، PMV.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۶۶۷۲۰۱۴ Email: Alieslamimoghadam@yahoo.com

مقدمه

موضوع افزایش کیفیت فضاهای متنوع شهری از نظر طراحان شهری همواره به عنوان مسئله‌ای قابل توجه مطرح بوده است. رودکنارها نیز به واسطه 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 این بخش از شهر به شمار می‌روند.

فضای عمومی و باز شهری مطلوب می‌تواند بستر رویدادهای متنوع در شهر باشد. پیامد دیدارهای حضوری و چهره‌به‌چهره مردم در پیاده‌راه‌ها افزایش تعاملات اجتماعی را به دنبال دارد. بر این اساس فضاهای شهری عرصه تعامل متقابل انسان‌ها است که داستان زندگی جمعی در آن گشوده می‌شود. فضایی که همه مردم می‌توانند در آن حضور یابند و به فعالیت بپردازند (لنگ،۱۹۸۷).

رودکنارها گونه‌ای از پیاده‌راه‌ها هستند که لزوماً در حاشیه رودها شکل می‌گیرند و به همین دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و همجواری آنها با طبیعت سیال رودخانه، رودکنارها را در گروه پیاده‌راه‌های با کیفیات مخصوص قرار می‌دهد. حضور شهروندان در دو گروه سواره و پیاده و سرعت حرکت متفاوت، یکی دیگر از ویژگی‌های فضاهای رودکنار است. طبیعت منعطف، نسیم ملایم، امتدادهای نرم، پوشش گیاهی متراکم، چشم‌انداز وسیع و نور پر فروغ و رنگهای متنوع همگی فضایی پر انرژی را بوجود می‌آورد که با حضور گروه‌های مختلف مردم به حد کمال می‌رسد. گرچه تعیین همه عوامل تأثیرگذار بر رودکنارها کاری قابل توجه است اما به نظر می‌رسد که «آسایش اقلیمی و محیطی» بسیار مؤثرتر باشد. آسایش حرارتی شرایطی است که در آن آسایش محیط حرارتی برای انسان فراهم شود (هنسن[۱]،۱۹۹۰).

کرمونا از آسایش به عنوان نیازی پایه‌ای در فضای عمومی یاد کرده، خاطر نشان می‌سازد بدون وجود آسایش، در یافتن اینکه چگونه نیازهای دیگر فضا قابل تامین شدن هستند، مشکل است (کارمونا[۲]،۲۰۰۷). به همین دلیل رابطه تعادلی بین میزان حضورپذیری مردم و برخورداری از آسایش اقلیمی و محیطی برای ایجاد فضای عمومی و باز شهری می‌تواند نقش مؤثری داشته باشد؛ زیرا فضای عمومی که نتواند شرایط آسایش را فراهم آورد کمتر استفاده شده و حتی از آن اجتناب می‌شود(لنزهولزر[۳]،۲۰۱۲).

فضاهای باز شهری بخش وسیعی از شهر هستند که غالباً با عملکردهای بسیار کاربردی مانند خرید و فروش، دسترسی به فضاهای سرپوشیده و نیمه‌باز و تردد سواره استفاده می‌شوند. بهره‌برداری از این فضاها به عنوان محلی برای تفریح، تفنن و تمدد اعصاب رویکردی است که در کنار کاربری‌های دیگر از جاذبه‌های قابل ذکر آنهاست.

۱-۱. تعریف مسئله و پیشینه پژوهش

بررسی آسایش اقلیمی و محیطی در پیاده‌راه‌های رودکنار به منظور یافتن عواملی است که بیشترین تأثیر را بین انسان و محیط در فضاهای باز شهری بوجود می‌آورد و در نهایت باعث افزایش میزان حضورپذیری شهروندان در این فضاها می‌شود، آمال جستجو است. این پژوهش به دنبال یافتن چیستی عوامل اقلیمی و محیطی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری مانند پیاده‌راه است. به همین منظور با در نظر گرفتن عواملی مانند دما و تابش آفتاب در ساحل غربی رودکنار گلال سعی دارد به سه سوال ۱) ترکیب اقلیم-محیط چقدر بر سازماندهی رودکنار به عنوان بخشی از شهر موثر است؟ ۲) جاذبه‌های محیط رودکنار کدامند؟ و ۳) حد آسایش حرارتی برای ایجاد محیطی مطلوب پیاده‌روی کدام است؟

مطالعات متعددی در خصوص ارتباط فرم شهری و مقوله آسایش حرارتی و تأثیر فرم جداره انجام شده است که در این میان تعدادی از پژوهشها به ویژه بر دره های شهری وجهت گیری روی خرداقلیم معابر متمرکز بوده اند(طالقانی و همکاران،۲۰۱٤،۲-۳). از جمله پژوهشهای انجام شده پیرامون آسایش حرارتی در فضـــاهای باز شهری می‌توان به پژوهشـــی با عنوان «خرد اقلیم و آسایش حرارتی در فضاهای باز پیاده‌روها» که توسط پاتوین و احمد عمر (احمد عمرو پاتوین[٤]،۲۰۰۷) با هدف بررسـی فضـاهای مختلف شهری به منظور ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در کبک کانادا بر روی سه فضای باز بوستان، منطقه متراکم تجاری و ناحیه بلندمرتبه شهری انجام شـد، اشاره کرد. در این پژوهش شاخص‌های

---

2. Henson
3. Carmona
4. Lenzholzer
۱. Ahmed-Ouameur & Potvin

ریخت‌شناسی شهری از قبیل پستی و بلندی، تخلخل، تراکم ابنیه، فضای سبز از یک سو و متغیرهای اقلیمی از سویی دیگر، برای کشف میزان آسایش حرارتی اندازه‌گیری و محاسبه گردید. نتایج پژوهش، با مقایسه اندازه‌گیری در سه فضای مذکور، نشان داد که با افزایش تراکم ابنیه، دمای موثر نیز افزایش و با افزایش تراکم فضای سبز، دمای موثر کاهش می‌یابد.

ماتزاراکیس (طراح مدل ریمن) در پژوهشهای مختلف خود در زمینه آسایش حرارتی در فضای باز شهری از مدل ریمن را در بررسی آسایش دمایی انسان استفاده نموده است (ماتزراکیس و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین توی و همکاران به مطالعه و تعیین آسایش بیوکلیماتیک در شهر ازروم در سه منطقه شهری، روستایی، شهری جنگلی ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند که مناطق شهری جنگلی سازگاری بیشتری با شاخص آسایش حرارتی مورد استفاده دارد.

ستای و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی راحتی حرارتی، محیط بیرونی در خُرداقلیم شهری در نواحی گرم و خشک"، به بررسی موردی یک پیاده‌رو در شهر مدینه عربستان پرداختند. هدف این پژوهش یافتن روش‌های دسترسی‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز خرداقلیم‌های شهری گرم و خشک بود. این پژوهش برای محاسبه آسایش حرارتی از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و برای تحلیل آن از برنامه ریمن استفاده کرده است. محقق به این نتیجه می‌رسد که چهار مؤلفه طراحی ۱- سطوح شهری، ۲- ریخت‌شناسی و هندسه، ۳- زیرساخت سبز، و ٤- زیرساخت آبی بر زیست‌هواشناسی شهری تأثیر می‌گذارند. (ستای و همکاران، ۲۰۱۳)

میدل و همکاران تاثیر سایه بر آسایش حرارتی فضاهای عمومی در شهر تمپی ایالت آریزونا در آمریکا را بررسی کردند. این مقاله تاثیر سایه‌بانها 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 (میدل و همکاران، ۲۰۱٦). گاسپاری و فابری نیز مطالعه‌ای در مورد استفاده از نقشه خُرد اقلیم در فضای باز برای طراحی و بازسازی شهری با هدف آزمایش مدل‌سازی در مقیاس خُرد یک بخش شهری در یک نسخه آزمایشی با بهره‌گیری از نرم‌افزار «انوی‌مت» انجام دادند که نشان می‌دهد تعداد محدودی از اقدامات بر روی سطوح و معرفی درصد مشخصی از پوشش گیاهی می‌تواند بر شرایط محل تأثیر بگذارد و آسایش حرارتی فضای باز را بهبود بخشد و به کاهش دمای هوا کمک کند(فابری و گاسپاری، ۲۰۱۷).

اکثر مطالعات موجود در ایران (پوردیهمی، ۱۳۷۸؛ و حیدری، ۱۳۸۸) به طور غالب معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی بوده است. پوردیهیمی در سال ۱۳۷۸ در کار پژوهش‌هایی با عنوان "ساخت‌وساز هم‌ساز با اقلیم" توجه به جهت‌گیری پوسته‌ی ساختمان را بسیار مهم دانسته، به طوری که باید در زمستان حداکثر تابش را جذب کند. مطالعات معدودی نیز به آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته‌اند. آنها روش‌هایی را برای تعیین محدوده آسایش حرارتی شامل: استفاده از دمای موثر، تعیین دمای آسایش بر اساس متوسط دمای محیطی، تعیین دمای آسایش برروی جدول سایکرومتریک، تعیین دمای آسایش براساس تخمین متوسط (PMV) هستند (قیابکوه، ۱۳۸۲). طاهباز نیز در گزارش تحقیقی خود، شرایط اقلیمی یک محل، روش تعیین مواقع نیاز به سایه، روش طراحی سایبان برای فضاهای باز، و نحوه ارزیابی عملکرد سایبان در طول یک سال با استفاده از روش نقاب سایه الگی معرفی کرده است (۱۳۸٦).

در دهه‌های گذشته مدل‌های متعددی جهت برآورد تعادل انرژی بدن انسان در محیط‌های مختلف به منظور ارزیابی آسایش حرارتی تعریف شده است. این مدل در بر گیرنده مولفه‌های هواشناسی و بازتاب محیط اطراف هستند (فانگر، ۱۹۷۲). اکثر مدل‌ها علاوه بر مولفه‌های هواشناسی شامل دمای متوسط تابشی نیز هستند که در تابستان و در محیط‌های شهری، نقش مهمی در تعادل گرمایی بدن انسان دارد. این دما اثر انرژی تابشی از محیط روی مبادله تابشی میان یک شخص و محیط احاطه کننده را نشان می‌دهد (حیدری نژاد، دلفانی، زنگنه و حیدری‌نژاد، ۱۳۸۸).

طالقانی و همکاران معابر شرقی غربی و شمالی جنوبی را در هلند و در گرمترین روز سال به کمک نرم افزار انوی مت مدلسازی نموده و دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت باد و رطوبت نسبی را توسط این نرم افزار محاسبه کردند. نتیجه مطالعات نشان داد که دمای متوسط تشعشعی مهمترین نقش را در کیفیت آسایش حرارتی ایفا می‌کند(طالقانی و

همکاران. ۲۰۱٤،۱۰).

کلهرودی با استفاده از نرم افزار انوی مت به این نتیجه رسیده است که تأثیرگذاری ایجاد سایه نسبت به سایر روشها در مقیاس خرد اقلیم در کاهش دمای محیط مهم است (کلهرودی، ۱۳۹٤).

جدول ۱- پیشینه در یک نگاه

سال	پژوهشگر	منبع	یافته‌های اصلی پژوهش
۲۰۰٦	ماتزاراکیس	Matzarakis *et al.*, 2006	استفاده از مدل ریمن در زمینه آسایش حرارتی در فضای باز شهری
۲۰۰۷	پاتوین و احمد عمر	(Ahmed-Ouam eur 2007)and Potvin	با افزایش تراکم ابنیه، دمای موثر نیز افزایش و با افزایش تراکم فضای سبز، دمای موثر کاهش می‌یابد.
۲۰۰۷	توی و همکاران	Toy et al،2007	مناطق شهری جنگلی سازگاری بیشتری با شاخص آسایش حرارتی مورد استفاده دارد
۲۰۱۳	ستای و همکاران	(Setaih et al ،2013)	یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های شهری گرم و خشک
۲۰۱٤	طالقانی و همکاران	Taleghani et al ، 2016	دمای متوسط تشعشعی مهمترین نقش را در کیفیت آسایش حرارتی ایفا میکند.
۲۰۱٦	میدل و همکاران	(Middel et al، 2016)	این مقاله تاثیر 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.
۲۰۱۷	گاسپاری و فابری	(Fabbri and ،2017) Gaspari	مطالعه‌ای در مورد استفاده از نقشه خرداقلیم در فضای باز برای طراحی و بازسازی شهری با هدف آزمایش مدل‌سازی میکرومتری یک بخش شهری در یک نسخه آزمایشی با بهره‌گیری از نرم افزار «انوی مت» انجام دادند.
۱۳۷۸	پوردیهمی	(پوردیهمی، شهرام،۱۳۷۸)	مطالعه ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۸	حیدری	(حیدری،شاهین،۱۳۸۸)	مطالعه‌ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۲	قیابکوه	(قیابکوه، زهرا، ۱۳۸۲)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸٦	طاهباز	(طاهباز، منصوره، ۱۳۸٦)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸۸	حیدری نژاد و دلفانی	(حیدری نژاد و دلفانی، ۱۳۸۸، ۳۳)	دمای متوسط تابشی در تابستان و در محیط‌های شهری، نقش مهمی در تعادل گرمایی بدن انسان دارد.
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 از نظر آسایش حرارتی در فصول گرم سال دارد.
۱۳۸۹	امیر مسعود محمودی، سیده ندا قاضی زاده و علیرضا منعام	(محمودی, قاضی زاده, 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 برویکرد اقلیمی ارائه گردیده است.
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.
۱۳۹٤	نرگس احمد پور کلهرودی	احمدپور کلهرودی، نرگس, پورجعفر، محمدرضا، مهدوی نژاد، محمدجواد، یوسفیان، سمیرا، ۱۳۹٦	تأثیرگذاری ایجاد سایه نسبت به سایر روشها در مقیاس خرد اقلیم در کاهش دمای محیط

روش تحقیق:

پژوهش به دلیل این که سعی در توسعه فضاهای شهری دارد از نظر هدف کاربردی است؛ و چون قصد دارد تا فضاهای مهجور مانده شهر را به فضاهای فعال آن اضافه کند توسعه‌ای است؛ همچنین از این نظر که به شرح جزئیات شرایط فضای باز شهری خاص توجه می‌کند سعی در کنترل آنها دارد، توصیفی- علی است. داده‌های پژوهش در زمینه دما و تابش آفتاب و آسایش حرارتی در زمره عوامل کمی هستند که توسط نرم‌افزار متناسب با شرایط رودکنار گلال مدل‌سازی می‌شوند. در پژوهش حاضر پس از بررسی پیشینه مطالعات آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری، که مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای شامل متون، جدول‌های ثبت شده تغییرات اقلیمی محلی (جدول سایکرومتریک)، و مقالات، در حوزه آسایش حرارتی است؛ شاخص PMV که یک شاخص معتبر در آسایش حرارتی است انتخاب شده است. سپس با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی از طریق نرم‌افزار اقلیمی «انوی‌مت» بدلیل کاربرد گسترده آن در تحلیل دمایی فضا های باز شهری با توجه به کالبد شهری، نسبت به سایر نرم افزارهای مشابه استفاده شده است و با شاخه جانبی آن یعنی «بایومت»، تاثیر عوامل انتخاب شده بر میزان احساس حرارتی افراد بررسی می‌شود. جهت نیل به نتایج مطلوب‌تر بیست و یک مکان در طول مسیر که به نظر می‌رسد کاربران در شرایط ویژه‌ی آسایش حرارتی هستند، انتخاب شده است. در این صورت انتظار می‌رود با تغییر در میزان متغیرهای موجود وضعیت مطلوب کاربران در طول مسیر تعیین شده بدست آید.

بحث و یافته‌ها

شاخص‌های آسایش حرارتی

وجود تعداد زیاد شاخص‌های حرارتی ممکن است در ابتدا گیج کننده باشد، اما در واقع، ویژگی‌های مشترک آنها در دو دسته شاخص‌های تجربی و عقلانی قابل تقسیم هستند.

جدول ۱: معرفی شاخص‌های آسایش حرارتی (مأخذ: مجیدی و حیدری ،۱۳۹۸.)

شاخص تجربی	دمای مؤثر، دمای برآیند، دمای عامل رطوبت، شاخص باد خنک
شاخص عقلانی	شاخص استرس گرمایی، درصد نارضایتی پیش بینی شده، دمای مؤثر استاندارد، پیش‌بینی متوسط نظر، دمای پیش بینی

شاخص پیش‌بینی متوسط نظر (PMV)

برای محاسبه درجه حرارت آسایش حرارتی یک گروهی از افراد، فانگر شاخصPMV را طراحی کرد. شاخص PMV با معادله آسایش فانگر محاسبه می‌شود و شاخصی است برای پیش بینی میانگین آرای حرارتی افراد بر اساس یک مقیاس هفت نقطه‌ای برای احساس حرارتی می‌باشد (فانگر، ۱۹۷۲). شاخصPMV بر مبنای تعادل حرارتی بدن انسان استوار است. تعادل حرارتی زمانی برقرار می‌شود که تولید حرارت در داخل بدن با حرارت تلف شده از آن برابر شود. در یک محیط معتدل، سامانه تنظیم حرارت بدن به طور خودکار با تغییر دمای پوست و ترشح عرق، سعی در برقراری تعادل حرارتی دارد. 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 بخار آب در دمای محیط و احساس حرارتی) را تعیین می‌کند(فرونی و تافه،۱۹۹۷).

شاخصPMV به وسیله برنامه نرم افزار جانبی انوی مت به بنام بایو مت با توجه به پارامترهایی نظیر نرخ فعالیت و نرخ پوشش و شرایط بدنی شخص مورد مطالعه نظیر قد، وزن، جنس و سن محاسبه می‌شود.

همچنین می‌توان به کمک یک فرمول که این پارامتر ها در آن لحاظ شده است براحتی محاسبه نمود.

نرخ فعالیت

میزان حرارت تولید شده به وسیله بدن انسان با واحد وات بر متر مربع پوست انسان (w/m) سنجیده می شود.

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 ٤١ وات انرژی تولید می‌شود، یعنی w/m ۰/٤١. اندازه سطح پوست یک انسان را می‌توان از فرمول محاسبه نمود.

جدول ۲. شدت متابولیزم بدن انسان را در حالات گوناگون(مأخذ: سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٤)

فعالیت	شدت متابولیزم (w/m^2)	میزان حرارت تولید شده (w)
خوابیدن	٤۱	۷۹/۵٤
نشستن	۵۸	۱۱۲/۵۲
ایستادن	۷۰	۱۳۵/۸
قدم زدن با سرعت km/h۸/٤	۱۵۱	۲۹۲/۹٤
کار منزل	۱۹۸–۱۱٦	۳۸٤–۲۲۵/۱۲
تایپ کردن	۸۱–۷۰	۱۳۵/۱۵۷–۸/۱٤
ژیمناستیک	۲۳۳–۱۷۵	۳۳۹/٤۵۲–۵
کار سنگین	۲٦۲–۲۰٤	۲۹۵/۵۰۸–۷٦/۲۸

در جدول شماره ۲ شدت متابولیزم میزان حرارت تولید شده و کارایی مکانیکی به وسیله فعالیت‌های مختلف برای انسانی با قد ۱۸۰ سانتی متر و وزن ۷۵ کیلوگرم را نشان می‌دهد (Ashrae,۱۹۸۵). میزان فعالیت بدن با واحد دیگری به نام met نیز سنجیده می‌شود. شدت متابولیزم هنگام نشستن (w/m^2 ۵۸) به عنوان واحد پایه met یعنی ۱met تعیین شده است. بنابراین هر فعالیت با شدت متابولیزم x در واحد w/m^2 برابر است با در واحد met یعنی : ا واحد متابولیک ۱met= ۵۸/۲و w/m^2=۱.

جدول ۳: نرخ متابولیک(مأخذ: سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸٤)

فعالیت	نرخ متابولیک	
	w/m۲	met
دراز کشیدن	٤٦	۰/۸
نشسته، در حال استراحت	۵۸	۱
کارنشسته(کارهای اداری، آموزشی و آزمایشگاهی	۷۰	۱/۲
ایستاده، فعالیت سبک(خرید، کارهای آزمایشگاهی و صنعتی سبک)	۹۳	۱/٦
ایستاده، فعالیت متوسط،(فروشندگی، خانه داری، کار با ماشین آلات صنعتی)	۱۱٦	۲
پیاده روی در سطوح تخت و بدون شیب		
۲ km/h	۱۱۰	۱/۹
۳ km/h	۱٤۰	۲/٤
٤ km/h	۱٦۵	۲/۸
۵ km/h	۲۰۰	۳/٤

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 ۲۱ °C و جریان هوایی معادل ۰/۱ m/s پوشیده و احساس آسایش نماید. جدول زیر ارزش نارسایی پوشاک مختلف را نشان می‌دهد. در تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف، لباس عامل موثری به شمار می‌رود. چرا که لباس مثل لفافی نارسانا قسمتی از بدن را می پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می‌کاهد (ذوالفقاری، ۱۳۸٦).

ارزش نارسانایی برخی از پوشش ها در جدول زیر مشخص گردیده که در محاسبات نرم افزار انوی مت مورد استفاده قرار میگیرد.

جدول ٤: عایق حرارتی لباس های مختلف(مأخذ: سازمان ملی استاندارد ایران، ١٣٨٤.)

پوشش روزمره	Icl	
	m^2.K/W	Clo
لباس زیر، تی شرت، جوراب نازک و صندل	۰/۰۵	۰/۳
لباس زیر، بلوز استین کوتاه، شلوار نازک، جوراب نازک و کفش	۰/۰۸	۰/۵
لباس زیر، پیراهن، شلوار، کت، جوراب وکفش	۰/۱۵۵	۱
زیر پوش آستین کوتاه، زیر شلوار کوتاه، پیراهن، جلیقه یقه ۷، شلوار، کت، پالتو، جوراب	۰/۲۳	۱/۵
زیر پوش آستین کوتاه، زیر شلوار، پیراهن، شلوار، کت، پالتو گرم، جوراب، دستکش، کلاه و کفش	۰/۳۱	۲

جدو ل ۵: ارزش نارسانایی پوشاک مختلف(مأخذ : سازمان ملی استاندارد ایران، ١٣٨٤.)

نوع پوشش	ارزش نارسانایی به کلوclo
بدون لباس	۰
لباس زیر	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 خانم ها	۰/۰–۷/۹
پوشش خیلی سنگین پشمی مردان	۲–۲/۵

۱واحد عایق لباس$1\ clo = 0\ .\ 155\ m^2\ .\ °C\ /\ W$

جدو ل ٦: رابطه *PMV* و شرایط دمایی. مأخذ : (ماتزارکیس و همکاران، ۱۹۹۹)

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 PMV می‌توان دریافت که محیط مورد مطالعه در کدامیک از طبقه‌بندی‌های بالا قرار می‌گیرد. همان طور که

مشاهده می‌شود، قدر مطلق اعداد مزبور نسبت به صفر قرینه بوده و اعدا مثبت نشان دهنده 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 پایین تر از (۱-) باشد، موجبات بروز نارضایتی را فراهم می‌نماید. بنابریان محدوده آسایش در محدوده زیر ۱+ > PMV> ۱- خواهد بود.PMV می‌تواند برای شرایط مختلف نرخ متابولیک، دمای هوا، دمای میانگین تابش، سرعت هوا و رطوبت هوا محاسبه شود. اگرچه شاخص PMV برای شرایط پایدار تعریف شده است، اما در صورت تغییرات اندک یک یا چند تا از متغیرها با تقریب خوبی می‌توان شاخص PMV را برای میانگین زمانی متغیرهای مذکور در یک بازه زمانی یک ساعته به کار گرفت. کاربردها شاخص PMV برای بررسی و ارزیابی محیط‌های حرارتی معین و مشخص از نظر ایجاد شرایط قابل قبول مورد استفاده قرار می‌گیرد. با قراردادن PMV=0 معادل‌های به دست می‌آید که پیش بینی کننده مجموعه‌ای از شرایط محیطی است که در نهایت به ایجاد شرایط حرارتی خنثی در فرد منجر خواهد شد. شاخص PMV، که منظور از آن پیش بینی و نسبت دادن اعدادی برای بیان میانگین احساس گرما در اکثر افراد ساکن در محیط مورد نظر است.

معرفی محدوده مطالعاتی

شهر خرم آباد با ختصات جغرافیایی ״۱۵ ׳۲۱ °۴۸ طول شرقی و ״۱۵ ׳۲۹ °۳۳ عرض شمالی، در جنوب غربی کشور ایران واقع شده است. موقعیت جغرافیائی شهر به گونه‌ای است که توده‌های هوای برآمده از جنوب غرب و غرب وارد آن می‌شود و اثرات ویژه اقلیمی از خود بر جای گذارند. با بررسی داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی شهر خرم‌آباد، مشخص شد که آب و هوای شهر خرم آباد خصوصیات اقلیمی سرد و کوهستانی ایران را داراست.

زمستان‌ها و سرد تا حدودی مرطوب و تابستان‌ها نیمه خشک تا خشک است و زمستان‌های اکثرا طولانی و از ۳ تا ۵ ماه به درازا می‌کشد. بهار و پاییز فصول کوتاهی هستند و گرمای تابستان در تیر و مرداد ظاهر می‌شود. به طورکلی اقلیم کوهستانی سرد همراه با بادهای خشک و ماه‌های خشک و بی‌باران در تابستان و زمستان‌های سرد از مشخصات کلی و آب هوایی شهر خرم آباد است. محدوده طراحی در بخش قدیمی شهر خرم‌آباد و در حریم قلعه تاریخی فلک الافلاک واقع شده است. البته آزاد سازی این حریم بطور 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 (شکل ۱).

معرفی نرم افزار انوی مت

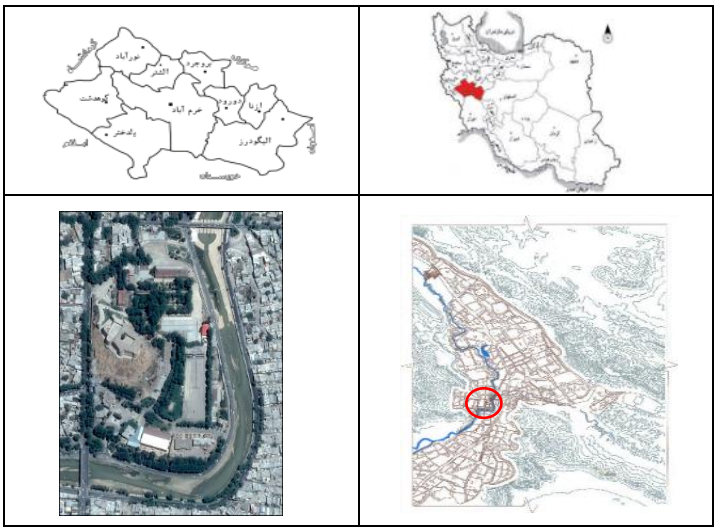
بررسی اثرهای خرد اقلیم شهری توسط نرم‌افزار تحلیلی انوی مت قابل مدل‌سازی است. این نرم‌افزار شرایط اقلیمی بافت شهری را در فرآیندی فیزیکی بین اتمسفر، زمین، ساختمان‌ها و گیاهان، در جهت نیل به آسایش حرارتی تحلیل و محاسبه می‌کند. داده‌های ورودی مشخصات فیزیکی سایت مورد نظر و اطلاعات جغرافیایی و هواشناسی را در برمی‌گیرد. داده‌های مورد نیاز مشخصات فیزیکی محدوده مطالعاتی، شامل جنس و میزان بازتابش مصالح، موقعیت، ابعاد و نوع درختان موجود و همچنین حجم سه بعدی 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 نرم افزار انوی مت با کمک محاسبات بایومت می‌توان شاخص‌های آسایش حرارتی PMV، PPD، PET، UTCI محاسبه نمود.

شبیه‌سازی در نرم افزار انوی مت

پس از ساخت مدلی از مسیر پیاده راه در نرم افزار 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 قرارداد و عمل شبیه‌سازی را برای هر ساعت از شبانه روز که نیاز است انجام داد، در این پژوهش از ساعت‌های در نظر گرفته شده در محدوده بین ساعت‌های ٦ الی ٢١ است. با توجه به نقاط تعیین شده در موقعیت مسیر، برای تعیین میزان آسایش حرارتی، با استفاده از شاخص PMV، میزان پوشش و سایه درختان چنار، عرض پیاده‌راه مشخص شده‌اند. سپس میزان شاخص بدست آمده با کمیت‌های حاصل از محدوده آسایش حرارتی مقایسه می‌شود. به این ترتیب 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.



شکل ۱- نقشه‌های سلسله مراتبی محدوده تحت مطالعه در کشور، استان، شهر و سایت طراحی شده در حریم قلعه فلک الافلاک.
(ماخذ: نگارندگان،۹۹).

روش انجام شبیه‌سازی

در شروع بررسی، با توجه به طول یک کیلومتری مسیر پیاده‌راه، تعداد بیست و یک 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 ٦ صبح الی ٢١ شب انجام شد. میزان دما، تابش، رطوبت و شاخص PMV در این نقاط برای روز ٢٥ اردیبهشت ماه ١٣٩٩ هـ ش، به عنوان یک روز بهاری، 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 بدست آید.

نرخ پوشش برای مردان در این ماه عدد ۰/۸ (لباس زیر کت وشلوار) 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 پیاده روی با سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه برای آقایان و ۰/۵ متر بر ثانیه برای خانم‌ها در نرم افزار مبنای محاسبه قرار گرفته است.

جدول ۷. اطلاعات هواشناسی درتاریخ ۱۳۹۹/۰۲/۲۵- ۲۰۲۰/۰۵/۱٤ (ماخذ: ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد،۹۹)

میانگین دمای خاک(درجه سیلیسیوس)	میانگین سرعت باد(متر بر ثانیه)	رطوبت نسبی میانگین *RH%*	رطوبت نسبی حداقل *RH%*	رطوبت نسبی حداکثر *RH%*	دمای میانگین (درجه سیلیسیوس)	دمای حداقل(درجه سیلیسیوس)	دمای حداکثر(درجه سیلیسیوس)
٤	۲/۲۵	١٤	١٤	٦٤	۲۰/۸	۸/۵	۳۲/۱

جدول ۸. مؤلفه های شخصی در تاریخ ۱۳۹۹/۰۲/۲۵- ۲۰۲۰/۰۵/۱٤ (ماخذ:نگارندگان ،۹۹)

جنس	*سن*	*وزن* kg	*قد* M	*سرعت پیاده روی* M/S	*ضریب میزان پوشش* CLO	*نرخ متابولیک* W
مرد	۳۵	۷۵	۱/۷۵	۰/۹	۰/۵	١٤۲/٦۲
زن	۳۵	٦۳	۱/٦۵	۰/۵	۰/۹	۱۱٦/٤۹

مقادیر کمی مولفه‌های شخصی و نرخ پوشش مخصوص شهروندان برای محاسبه شاخص PMV در جدول ۸ ذکر شده است. برای تعیین تاثیر 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 ۹. اطلاعات مصالح و جهت مسیر ۲۱ نقطه تعیین شده بر روی پیاده‌راه (ماخذ:نگارندگان،۹۹).

نقاط	مصالح کف	رنگ مصالح	عرض پیاده‌راه	جهت گیری پیاده‌راه
P۱-P۲	بتن	رنگ روشن	۲۰ متر	شمالی – جنوبی
P۳-P٤	بتن	رنگ روشن	۲۵ متر	شرقی- غربی
P۵-P٦	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی- غربی
P٦-P۷	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P۸-P۹	آجر	زرد	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P۱۰-P۱۱	خاک	قهوه‌ای روشن	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P۱۲-P۱۳	آجر	قرمز	۱۰متر	شمالی – جنوبی
P۱٤-P۱۵-P۱٦	بتن	رنگ روشن	متر۱۰	شرقی- غربی
P۱٦-P۱۷	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P۱۷-P۱۸	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی – غربی
P۱۹-P۲۰	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شمالی – جنوبی
P۲۰-P۲۱	بتن	رنگ روشن	۱۰ متر	شرقی – غربی

شکل ۳. سایت طراحی شده و نقاط شماره گذاری شده جهت بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده‌راه(ماخذ: نگارندگان،۹۹)

شکل ۲. سایت طراحی شده و فضای سبز و درختان در محیط Envi met جهت بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده‌راه (ماخذ: نگارندگان، ۹۹)

بررسی اطلاعات دمایی ۲۱ نقطه از مسیر پیاده راه طراحی شده حاصل از شبیه‌سازی حرارتی با نرم افزار انوی مت در ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

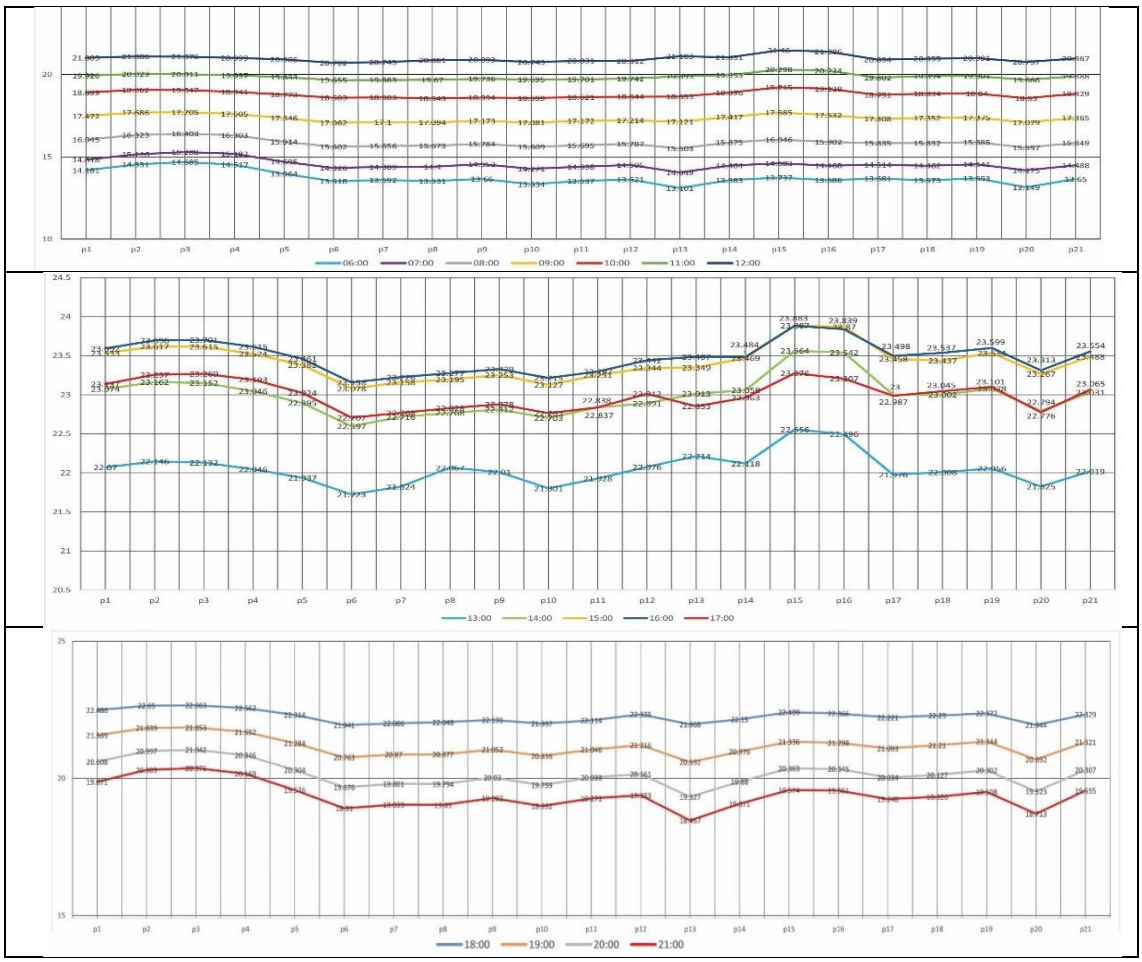
جمع بندی از اطلاعات دمایی حاصل از شبیه‌سازی حرارتی در ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

نمودار شماره ۱ که از بررسی نمودارهای دما در ساعات شبیه‌سازی شده بدست آمده است نشان می دهد که در ساعات ٦ الی ۱۲ و همچنین ساعات ۱۸الی ۲۱ در نقاط P۳،

P۲، P٤، P۱۵، P۱٦ بدلیل قرارگیری نقاط واقع در مسیرهای شرقی- غربی پیاده‌راه، بیشترین درجه حرارت وجود دارد. در ساعات ۱۳ الی ۱۷ در نقاط P۱۵ و P۱٦ نیز بیشترین دما اتفاق می‌افتد. اما کمترین دما در ساعات ٦ الی ۱۲ در نقاطی اندازه‌گیری شده است که یا جنس کف‌سازی آن نقطه از خاک بود، مثل نقطه P۱۰ ، و یا در محلی واقع شده‌اند که منبع آبی وسیعی وجود داشته، نظیر نقطه P۲۰ و یا مانند نقطه P٦ جایی بود که تراکم درختان و بوته‌های اطراف مسیر پیاده‌راه زیاد بوده است.

در محدوده زمانی ۱۳-۱۷ کمترین دما در ساعت ۱۳ در نقطه P٦ به میزان ۲۱/۲۲ درجه سیلیسیوس است که این نقطه داری کف‌سازی بارنگ روشن و از جنس بتن است و محور حرکتی شمالی- جنوبی بوده است. بیشترین دما در این محدوده زمانی نیز در ساعت ۱٦ در نقاط P۱۵ و P۱٦ به میزان ۲۳/۸۸، بوده است. این دماها برای نقاط اخیر به دلیل راستای شرقی- غربی مسیر پیاده‌راه ایجاد می‌شود؛ هر چند جنس مصالح در این نقاط نیز با رنگ روشن و از جنس بتن است.

در محدوده زمانی ۲۱-۱۸ کمترین دما در ساعت ۲۱ در نقطه P۱۳ به میزان ۱۸.۲۱ درجه سیلیسیوس است که بعلت تراکم زیاد درختان چنار بوده و کف پیاده راه نیز از آجر قرمز بوده است و بیشترین دما نیز مربوط به ساعت ۱۸ در نقطه P۳ به میزان ۲۲/٦٦، بوده است لازم به ذکر است که این نقطه در راستای شرقی- غربی مسیر پیاده راه بوده و در نتیجه در این ساعت از روز در این قسمت از مسیر پیاده راه سایه اندازی روی مسیر پیاده راه وجود نداشته است.



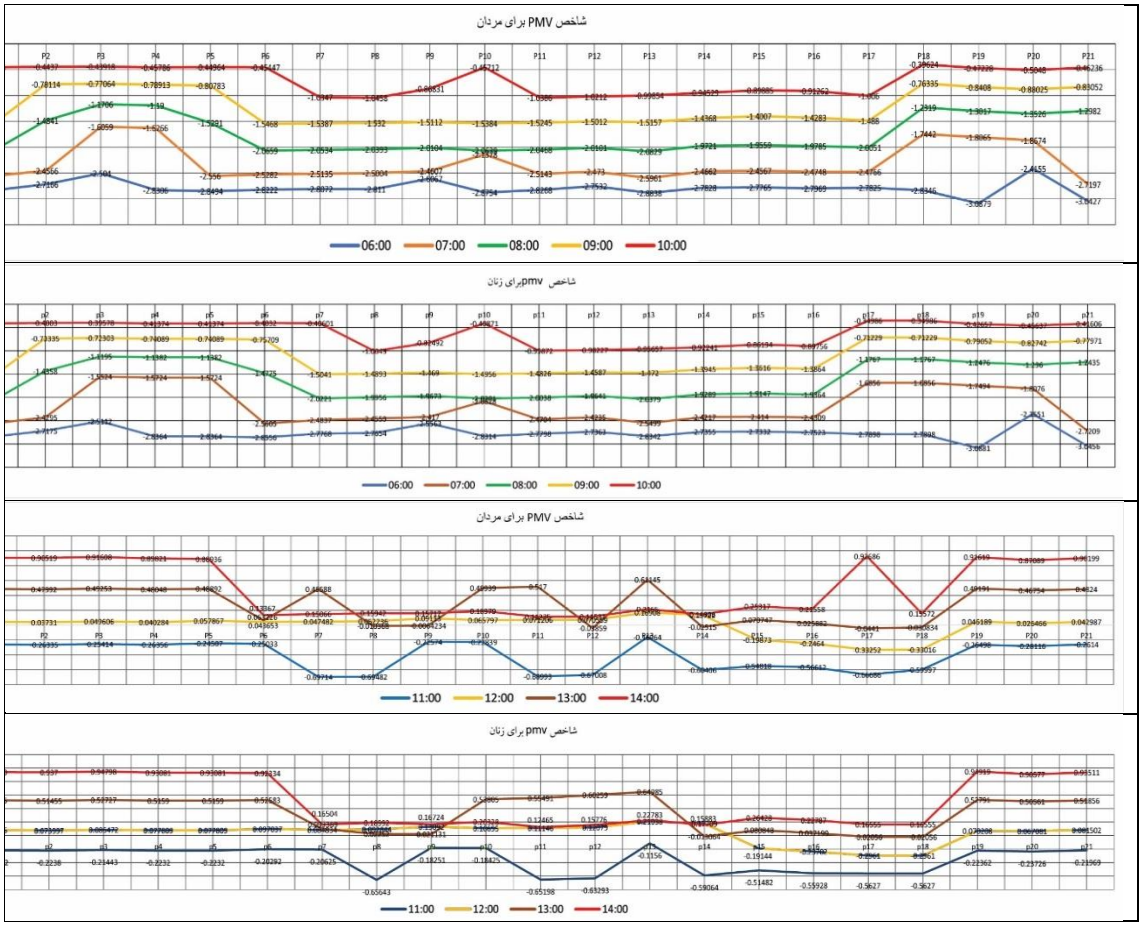
نمودار ۱. میزان دما در نقاط بیست و یک گانه تعیین شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ٦ الی ۲۱ در ۲۵اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ (ماخذ: نگارندگان، ۹۹)

جدول شماره ۱۰- بیشترین و کمترین درجه حرارت در نقاط مشخص شده در مسیر پیاده‌راه در ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ (ماخذ: نگارندگان، ۹۹)

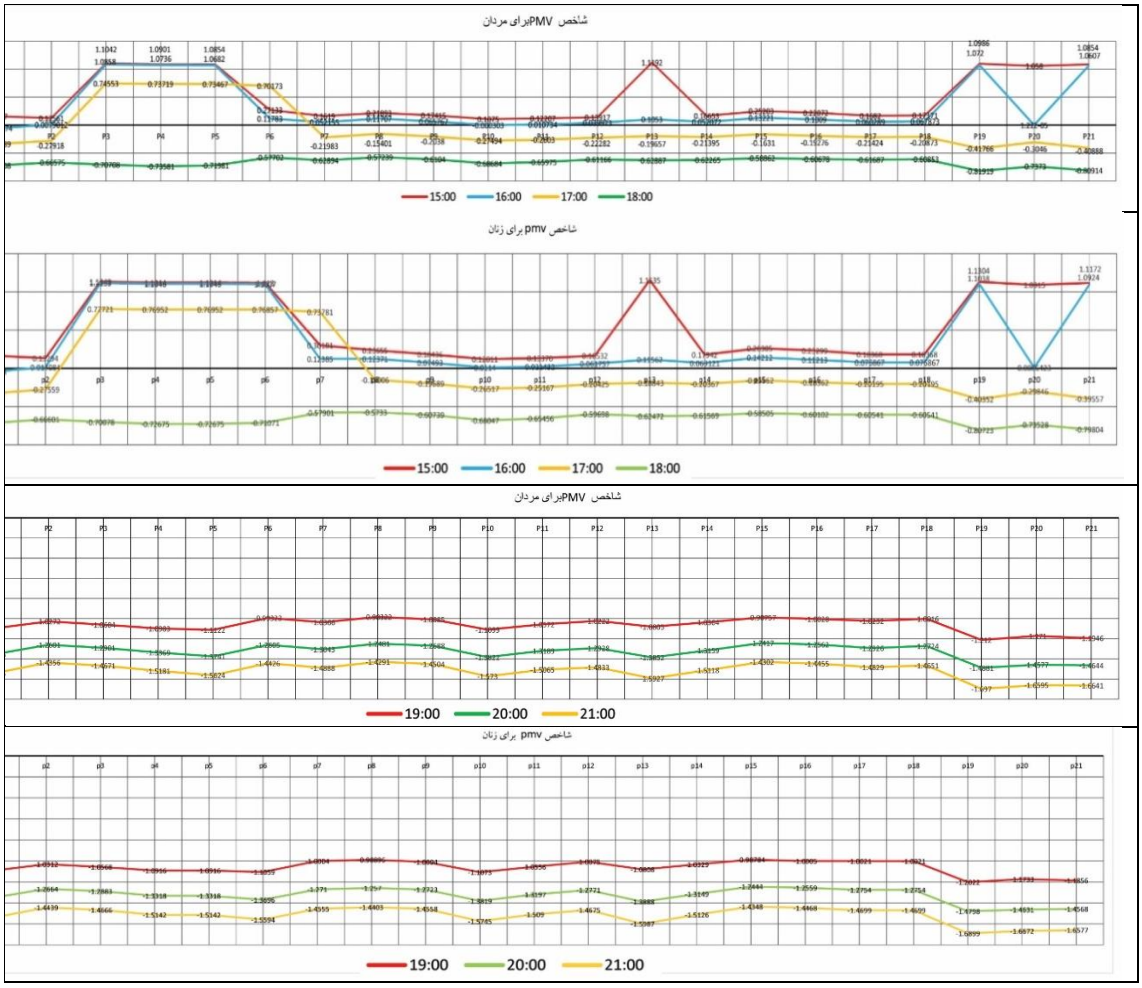
ساعات شبیه‌سازی شده در ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۹	۲۱-۲۰-۱۹-۱۸	۱۷-۱۶-۱۵-۱۴-۱۳	۱۲-۱۱-۱۰-۹-۸-۷-۶
نقاط دارای بیشترین درجه حرارت بترتیب	P۴-P۲-P۳	P۱۶-P۱۵	P۱۶-P۱۵-P۴-P۲-P۳
نقاط دارای کمترین درجه حرارت بترتیب	P۲۰-P۶-P۱۳	P۲۰-P۱۰-P۶	P۱۰-P۲۰-P۱۳-P۶

میزان شاخص PMV مردان و زنان در نقاط مشخص شده روی مسیر پیاده‌راه در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه سال ۹۹ که بوسیله نرم افزار انوی مت محاسبه شده است

شاخص PMV یکی از شاخص‌های مهم در آسایش حرارتی است. این شاخص مانند شاخص PPD بوسیله نرم افزار انوی مت قابل محاسبه است. در این فرایند با دادن اطلاعات هواشناسی و مؤلفه‌های شخصی نرم‌افزار میزان این شاخص را محاسبه می‌کند؛ سپس، با توجه به اعداد بدست آمده درجه احساس حرارتی شخص در محدوده مطالعاتی تعیین می‌شود. مقادیر این شاخص آسایش حرارتی، از ساعت ٦ الی ۲۱، در ۲۱ نقطه تعیین شده از مسیر پیاده‌راه، محاسبه شده که در نمودارهای زیر قابل مشاهده است.



نمودار ۲. مقایسه شاخص PMV برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ٦ الی ١٤در ۲۵اردیبهشت ماه ۱۳۹۹،(ماخذ: نگارندگان ،۹۹)



نمودار ۳.مقایسه شاخص PMV برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه از ساعات ۱۵ الی ۲۱ در ۲۵اردیبهشت ۱۳۹۹ (ماخذ:نگارندگان ،۹۹)

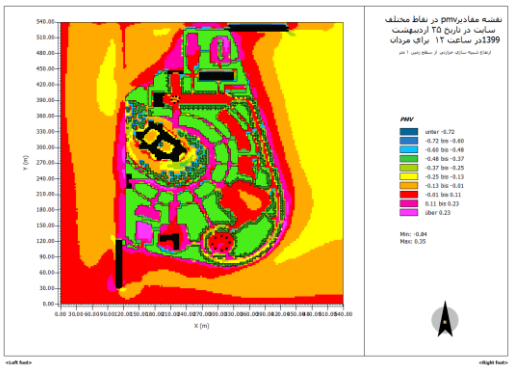
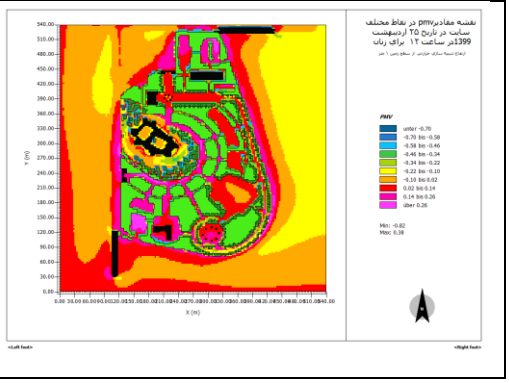
جمع‌بندی از مقایسه میزان شاخص PMV مردان و زنان در نقاط روی مسیر پیاده‌راه در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۹۹ که بوسیله نرم افزار انوی مت محاسبه شده است.

از مقایسه شاخص PMV زنان و مردان مشخص می‌شود که، میزان شاخص PMV در محدوده آسایش حرارتی یعنی محدوده مقادیر ۱+ و ۱– قرار دارد. در این محدوده اعداد مثبت نشانه احساس گرما و اعداد منفی نشانه احساس خنکی و سرما هستند. بنابراین هر چه اعداد بدست آمده به عدد صفر نزدیکتر شود؛ شرایط مطلق آسایش حرارتی بیشتر برقرار می‌شود.

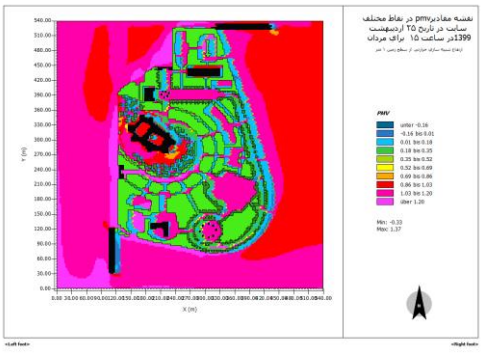
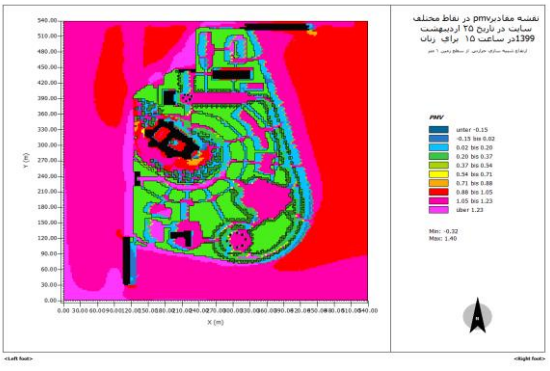
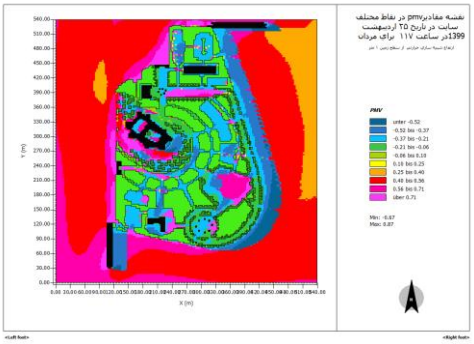
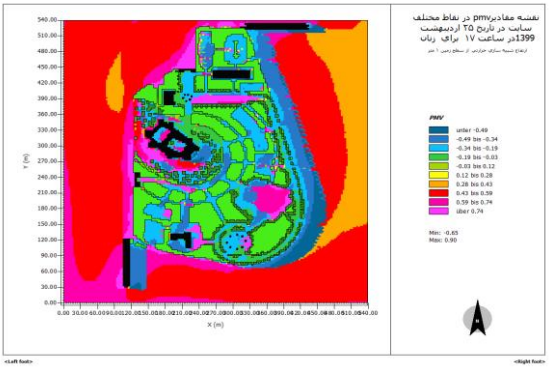
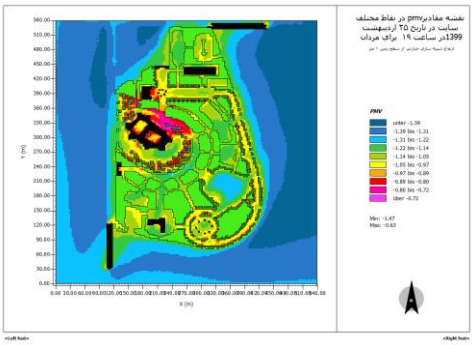
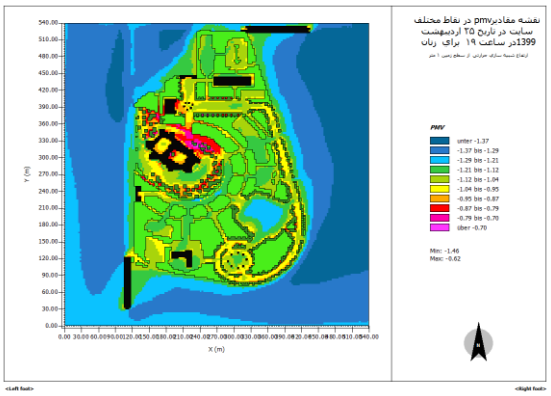
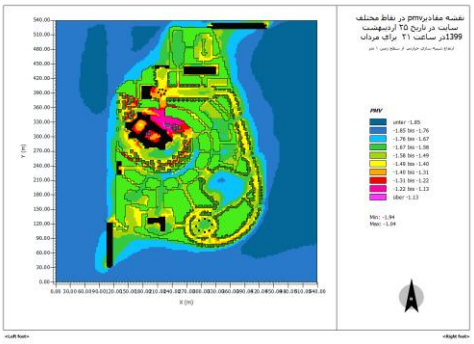
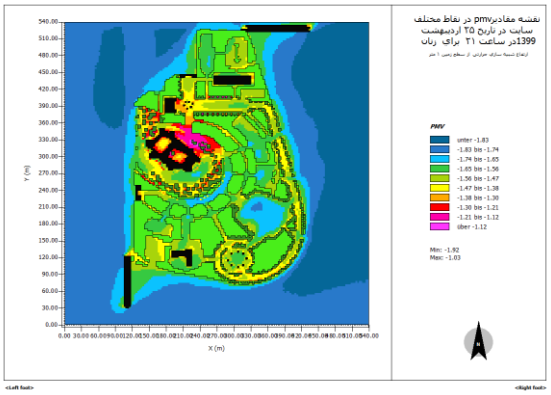
از ساعت ۹ صبح مسیر پیاده‌راه در نقاط P۲، P۳، P٤، P٥، ۱۸، P ۱۹، P۲۰، P ۲۱ در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد؛ اما از ساعت ۱۰ الی ١٤ کلیه نقاط مسیر پیاده‌راه در محدوده آسایش حرارتی قرار می‌گیرند. از ساعت ١٤ الی ۱۸ نیز در اکثر نقاط به استثنای نقاط P۱۳، P۱۹، P۲۰، P۲۱، P٥، P ٤ ،P۳، در ساعت ۱٥، و نقاط P۲۱ ، P۱۹، P۳، P٥، P٤ در ساعت ١٦ محدوده آسایش حرارتی قرار دارند. از ساعت ۱۹ الی ۲۱ مقادیر بدست آمده برای شاخص PMV بدلیل سرما، خارج از محدوده آسایش حرارتی هستند. در نهایت می‌توان این نتیجه را گرفت که میزان احساس دمای مطلوب برای مردم از ساعت ۱۰ تا ساعت ۱۹ در فصل بهار است و از زمانی که آفتاب شروع به غروب کردن می‌کند میزان مقادیر مربوط به این شاخص آسایش حرارتی، احساس سرد شدن هوا را نشان می‌دهد.

مقایسه شاخص PMV در سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۹۹که بوسیله نرم افزار انوی مت محاسبه شده است.

اکنون میزان شاخص PMV در سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن را به کمک برنامه Biomet که یک نرم‌افزار جانبی Envi met است، را محاسبه کرده تا تاثیر طراحی را در آسایش حرارتی مسیر پیاده راه و سایت قلعه فلک الافلاک بصورت نقشه‌های گرافیکی رنگی مشاهد کنیم. البته میزان این شاخص برای مردان و زنان بصورت جداگانه بدست می آید.

ساعت	مردان	زنان
۷		
۹		
۱۲		

شکل ٤. شبیه‌سازی شاخص PMV بوسیله نرم افزار جانبی Biomet از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات۷ ، ۹، ۱۲ در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹(ماخذ: نگارندگان، ۹۹)

ساعت	مردان	زنان
۱۵		
۱۷		
۱۹		
۲۱		

شکل ۵. شبیه‌سازی شاخص PMV بوسیله نرم افزار جانبی Biomet از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱ در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۹(ماخذ: نگارندگان، ۹۹)

نتیجه‌گیری

به دلیل کلان بودن وسعت شهر خرم‌آباد، پذیرش تأثیر سازگاری و ناسازگاری بعضی از ویژگی‌های کلی جغرافیایی آن مثل «واقع شدن بین دو رشته کوه در شرق و غرب»، اجتناب ناپذیر است. اما ویژگی‌های دیگر مثل «پهنای بهینه بستر رودخانه»، «پهنای بهینه ساحل رودخانه»، «فضای سبز- درختان کهنسال چنار»، «استفاده از جریان آب در پیاده راه»، قابل تغییرند؛ بنابراین می‌توانند قوانین طراحی را به خود مشغول کنند.

بررسی‌های انجام شده در جغرافیای محلی رودکنار خرم‌آباد، شکل ٦، نشان می‌دهد که بیشتر امتداد مسیر حرکت در ساحل شرقی آن با یک انحراف ۱۵ درجهٔ غربی در راستای شمال- جنوب جهت‌گیری شده است؛ با این استثناء که در شمال محدوده مطالعاتی تغییر جهت در راستای شرق- غرب (نقاط p۱ تا p۵) و در جنوب آن (نقاط p ١٤ تا p۱۹) تغییر تدریجی مسیر در تبعیت از دایره، و نقاط p ۲۰ و p ۲۱ که برای ادامه مسیر در نظر گرفته شده است، وجود دارد. بنابراین انتظار می‌رود که شرایط جغرافیای محلی رودکنار برای نقاط بیست و یک گانه (p ۱ تا p۲۱) در چهار گروه کلی متفاوت باشد.

در راستای شرقی-غربی (P3 تا P5) در صبح و عصر سایه‌اندازی درختان بر روی مسیر پیاده‌راه حداقل است؛ نور خورشید به صورت مستقیم دریافت می‌شود، آسایش حرارتی نسبی وجود دارد. در میانه روز تابش مستقیم نور خورشید به همراه سایه درختان آسایش حرارتی افزایش می‌یابد. در هر دو حالت نیاز به اقداماتی مانند کنترل فاصله درختان از یکدیگر و ارتفاع آنها و همچنین وجود آب جاری با عمق کم، سایه‌بان، صندلی و تن‌پوش اضافه در ساعاتی از روز ضروری است.

در راستای شمالی- جنوبی (نقاط P1، P2، و P6 تا P12)، مسیر پیاده‌راه در معرض پوشش درختان و سایه آنها قرار دارد . در این مسیر تفاوت بین صبح و عصر بسیار چشمگیر است به طوری که بین ساعات ۷ تا ١٤ به دلیل تختی مسیر پیاده‌راه تابش مستقیم خورشید به صورت فراگیر، تمامی طول مسیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در بعدازظهر بین ساعات ١٦ تا ۱۹ سایه‌اندازی درختان به حداکثر افزایش می‌یابد و نیاز به تن‌پوش به دلیل احساس سرما ضرورت می‌یابد. در این مسیر توجه به فاصله درختان و نوع درختان مهم است. همچنین وجود سایه‌بان ناپیوسته و جریان آب با عمق کم و پهنای قابل‌توجه و نیز صندلی، آبخوری و وسایل نرمش ضروری است.

مسیر منحنی (نقاط P14 تا P19) تغییر تدریجی امتداد در مسیری خمیده امکان تنوع در فاصله‌ای نه‌چندان طولانی و وسیع، تغییر شرایط آسایش را در یک محدوده کوتاه و متنوع فراهم می‌کند. در این بخش از پیاده‌راه همچنان به تابش مستقیم نور خورشید، سایه درختان، جریان آب جاری، سایه‌بان ناپیوسته، صندلی و آبخوری نیاز مبرم وجود دارد.

در راستای شرقی-غربی، بعد از مسیر دایروی (P20 و P21)، مشابه مسیر شرقی-غربی نقاط (P3 تا P5) است با این تفاوت که در محیط بسته‌تری قرار گرفته به طوری که میزان تابش خورشید کمتر از مسیر مشابه در ضلع شمالی است. به دلیل پایان یافتن مسیر پیاده‌راه اقداماتی مانند مجموعه حوض و فواره همراه با موزیک متناسب، سایه‌بان، صندلی، آبخوری از نیازهای ضروری این مسیر است.

به طور کلی در شاخص PMV پیاده‌راه رودکنار خرم‌آباد در محدوده مطالعاتی، تابش خورشید بیشترین سهم را در طراحی محیط دارد و در ساعات اولیه صبح بدلیل احساس سرما در کلیه نقاط، شاخص PMV اعداد منفی را به خود اختصاص داده که نشان از احساس سرما می‌باشد اما با طلوع خورشید و گرمتر شدن هوا این مقدار فزونی می‌یابد و در ساعت ۱۲ به حدود عدد صفر که نشان از احساس آسایش حرارتیست می‌رسد. در بعدازظهر نیز در ساعت ۱۵ مقدار این شاخص در برخی نقاط که جهت گیری شرقی غربی دارند نظیر نقاط P3، P4،P5، P6 اندکی بیشتر از یک می‌گردد که نشان از احساس گرما در افراد است اما مسیر شمالی جنوبی که از پوشش مناسب درختان چنار و سایه‌اندازی آن بهره می‌برند افراد در این نقاط آسایش حرارتی بیشتری دارند و بر عکس در نقاطی که صبح در آنجا میزان آسایش حرارتی بیشتر بود اکنون با افزایش دما در ساعات بعد از ظهر میزان آسایش حرارتی در آن نقاط کمتر بوده و افراد در محیط‌های سایه‌دار و مسیرهای شمالی جنوبی آسایش حرارتی دارند نظیر نقاط (P۱۳، P۱۲، p۱۱، p۱۰، p ۹، p۸، p۷) که در راستای شمالی

جنوبی قرار دارند و این بخش از نتایج نشان می‌دهد مناطق دارای فضای سبز و پوشش درختان متراکم تر در مقایسه با سایر نقاط در محدودهٔ آسایش دمایی مطلوبتری در ساعات گرم روز قرار می‌گیرند که با نتایج پژوهش‌های (استرلینگ و ماتزارکیس، ۲۰۰۳)، (فامی و همکاران، ۲۰۱۰) و(یلماز و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت دارد. اما در ساعت ۱۷ شرایط میزان این شاخص مشابه ساعت ۱۲ می‌شود؛ از این ساعت به بعد با کاهش میزان تابش مقدار این شاخص رو به کاهش می‌نهد بطوری که در ساعت ۱۹ به عددی در حدود منفی ۱ می‌رسد. در ساعت ۲۱ نیز با سردتر شدن هوا، میزان شاخص PMV به عددی در حدود منفی ۱.۵ می‌رسد که نشان از احساس سرما و عدم احساس آسایش حرارتی می‌باشد.

در یک جمع‌بندی با بررسی شاخص PMV پیاده راه رود کنار خرم‌آباد در محدوده مورد مطالعه، آسایش حرارتی در موارد زیر برقرار بوده است.

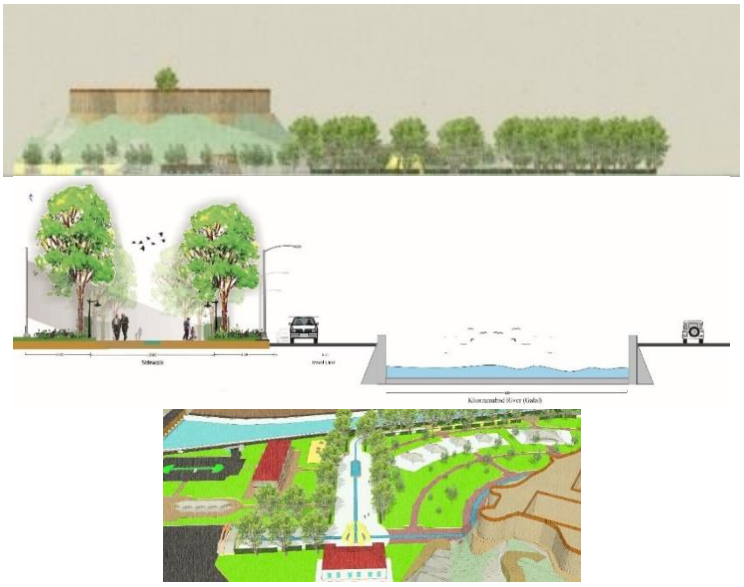
با توجه به نمودارها و همچنین تصاویر شبیه سازی شده از مسیر پیاده راه بدلیل سردی هوا در ابتدای صبح در این فصل سال و افزایش دما در ساعات ظهر و بعد از ظهر که هوا گرمتر می‌شود پیشنهاد می‌شود افراد در نوع پوشش خود (نرخ پوشش) دقت لازم را رعایت کنند تا در ساعات مختلف امکان استفاده از مسیر پیاده راه را در شرایط آسایش حرارتی داشته باشند بدین صورت که در صبح از پلیور سبک بر روی پوشش خود استفاده کرده و در ساعات ظهر و بعد از ظهر آنرا از پوشش خود خارج کنند و همچنین از ساعت ۱۹ الی ۲۱ جهت داشتن آسایش حرارتی دوباره از پوشش گرم استفاده نماید.

در مسیر پیاده‌راهی که جهت شمالی – جنوبی دارد از ساعت ۱٤ الی ۱۷ میزان نارضایتی حرارتی کمتر از بقیه مسیر است بدلیل سایه اندازی مناسب درختان چنار بر مسیر پیاده راه که شخص بدلیل احساس خنکی نارضایتی حرارتی کمتری دارد. در مسیر پیاده‌راهی که جهت شرقی– غربی داشته در صبح که هوا سرد است این مسیرها بدلیل جذب تابش بیشتر و کم بودن میزان سایه اندازی درختان چنار، افراد در این مسیرها نارضایتی حرارتی کمتری نسبت به بقیه مسیر دارند.

تغییرات نواحی کشت زعفران

در وضعیت موجود ۱۵/۸ درصد از مساحت استان در نواحی با اولویت زیاد برای کشت زعفران قرار دارند. بعد از این نواحی، نواحی با اولویت نسبتاً زیاد و متوسط به ترتیب با ۲۵/۵ و ۲۰/۹ درصد قرار دارند. این نواحی دارای محدودیت‌های محیطی متفاوتی از قبیل جنس خاک، کاربری اراضی و دمای نامناسب می‌باشند که با بررسی‌های دقیق و اعمال اقدامات سازگاری می‌توانند شرایط کشت زعفران را داشته باشند.

اولویت‌های نسبتاً کم و کم برای کشت زعفران شامل نواحی کوهستانی با شرایط دمایی، شیب و محدودیت اراضی نا مناسب می‌باشد. در وضعیت موجود مناسب‌ترین نواحی کشت این محصول به طور متمرکز نواحی غربی و تا حدودی مرکزی استان می‌باشد. همچنین نواحی پراکنده‌ای در شمال شرق و شمال استان نیز مناسب می‌باشد. نواحی نامناسب شامل اولویت های نسبتاً کم و کم در نواحی شرقی و جنوب شرقی می‌باشند. قابل ذکر است نواحی پراکنده‌ای در جنوب غربی و شمال نیز در دو اولویت دیده می‌شود (جدول ۱۵) (شکل ۱٦).



استفاده از چشمه آب گلستان و حضور آب و در مسیر پیاده راه جهت تلطیف هوا و آسایش حرارتی در مسیر پیاده راه در نظر گرفته شده است.

وضعیت سایه درختان چنار در ساعت ۱٤

شکل ٦. تصاویری از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن (ماخذ:نگارندگان ،۹۹)

منابع

1. Ahmadpour Kalhoroodi, Narges, Pourjafar, Mohammad Reza, Mahdavi Nejad, Mohammad Javad, Yousefian, Samira. (1396). The Role and Impact of Design Elements on the Quality of Thermal Comfort of Open Urban Spaces Case Study: Design of Tamgachi sidewalks in Kashan. Letter of Architecture and Urban Planning, 9 (18), 59-80. Doi: 10.30480/ aup. 2017. 512.
2. 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.
3. ASHRAE. (1985) ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta.
4. Carmona, Matthew & Tiesdell, Steve (2007) Urban Design Reader, Architectural press, Oxford.
5. Fahmy, M., Sharples, S. & Yahiya, M. (2010). LAI based trees selection for mid latitude urban developments: A

microclimatic study in Cairo, Egypt. Building and Environment, 45, 345-357.
6. Fanger, P.O. (1972) Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York.
7. Ferroni, P., & Taffe, J. (1997). Women's emotional well-being: The importance of communicating sexual needs. Sexual and Marital Therapy, 12, 127–138.
8. Gheyabkolo, zahra. (2007), Shadow movement pattern and site design, Journal of Fine Arts. 15 .58-68/
9. Heidari, Shahin, 2009, In Search of Ilam Urban Identity, Tehran: Urban Planning and Architecture Research Center. [in Persian]
10. 10-Heidarinejad, Qasem, Shahram Delfani, Mohammad Amin Zanganeh, and Mohammad Heidarinejad (2009). Thermal comfort. Tehran: Building and Housing Research Center .
11. Henson, J. L. M. 1990. "Literature Review on Thermal Comfort in Transient Conditions", Building and Environment, Vol. 25, No. 4, PP. 309-316.
12. J Gaspari, K Fabbri. (2017). A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration, Energy Procedia 111, 500-509.
13. Lang, J.1987). Creating architectural theory: The role of the behavioral sciences in environmental design.New Yourk: Van Nostrand Reinhold.
14. Lenzholzer, S (2012), Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 64, pp. 39-48.
15. Majidi, Fatemeh Sadat, and Shahin Heidari. (2019). Evaluation and analysis of outdoor thermal comfort status of residential areas using thermal characteristics (Case study: selected neighborhoods of Isfahan). Tehran: Iranian Journal of Architecture and Urban Planning.
16. Matzarakis. A, Mayer H and Iziomon M G. (1999). Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. Int. Biometorology.43: 78-84.
17. Middel A, Selover N, Hagen B and Chhetri N 2016 Impact of shade on outdoor thermal comfort-a seasonal field studies in Tempe, Arizona Int. J. Biometeorol. 1849, 60–61.
18. Poor Dehmi, Shahram. (1999). Climate Harmonized Construction, Sefeh, Volume 9, Number 28.
19. 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.
20. Streiling, S. & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. Journal of Arboriculture, 26(6), 309-316.
21. Tahabaz, Mansoura. (2008), Shadow Design in Outdoor, Journal of Fine Arts. 31،27-38.
22. 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.
23. Technical Commission for Standard Development (Mehdi Maarefat, Amir Omidvar, Shahin Heidari, Amin Zolfaghari, Seyed Alireza Zolfaghari, Azadeh Sharsan, Rima Fayyaz, Farhang Tahmasebi, Mehrnaz Lankarani, Sara Mehregan). Determination of PMV and PPD thermal comfort indices and local thermal comfort criteria. Tehran: National Standard Organization of Iran .
24. Toy S., Yilmaz S., Yilmaz h,2007; Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey; Building and Environment,Vol. 42.
25. Zolfaghari, Hassan, 2007, determining the appropriate time calendar for touring in Tabriz using temperature indices equivalent to PET physiology and the predicted average PMV survey, Journal of Geographical Research, No. 62, Tehran. PET and average .