مطالعات محیطی هفت حصار شماره چهل‌ویکم/ سال یازدهم/ پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۱۳۸-۱۲۱

تحلیل بررسی آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری در فصل تابستان با استفاده از شاخص PPD (مطالعه موردی: پیاده‌راه رود کنار خرم‌آباد)[1]

نورمحمد منجزی*، علی اسلامی مقدم**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۹/۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۶

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
ISSN: 2322-5602

[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

چکیده

امروزه بحث آسایش حرارتی به عنوان یکی از عوامل مهم در کیفیت فضا های شهری در کنار عوامل کالبدی مطرح گردیده است در واقع کیفیت فضاهای شهری برای استفاده شهروندان مهم بوده و بایستی به آن توجه شود. اما به دلیل تأثیر عوامل گوناگون در فضاهای باز شهری که بر روی آسایش حرارتی کاربران تأثیرگذار است و کمبود مبانی مدون در این زمینه موجب دشواری تشخیص و تأمین 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 نظر که در این پژوهش شهر خرم آباد و در حریم قلعه فلک الافلاک واقع گردیده است، پرداخته و از طریق کاربرد تکنیک شبیه‌سازی رایانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار انوی مت[a] به بررسی یکی از شاخص‌های آسایش حرارتی به نام درصد نارضایتی پیش‌بینی شده[b] در نقاط مختلف مسیر پیاده راه طراحی شده می‌پردازد که در بررسی نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که عواملی نظیر انتخاب جهت مسیر حرکت پیاده‌راه، ساعت پیاده روی، عرض پیاده‌راه، وجود درختان، سایه و آب همچنین برخی ویژگی‌های کاربران نظیر نرخ متابولیک، نرخ فعالیت، نرخ پوشش در میزان آسایش حرارتی تأثیرگذار بوده است.

واژگان کلیدی

پیاده‌راه، آسایش حرارتی، خرم‌آباد، تابستان، PPD

۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم با عنوان «تعیین الگوی بهینه پیاده راه شهری با تأکید بر آسایش: رودکنار خرم آباد (گلال)» به راهنمایی نگارنده اول در دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول است.

* استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران. monjezi@jsu.ac.ir
** کارشناس ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران. (نویسنده مسئول)
alieslamimoghadam@yahoo.com

مقدمه

فضای عمومی و باز شهری مطلوب می تواند بستر اثرات مثبت متنوعی بر شهر باشد. از اثرات مثبت که باعث افزایش دیدارهای چهره به چهره مردم می‌شود پیاده‌راه‌ها هستند. پیامد این اثر افزایش تعاملات اجتماعی است. رودکنارها گونه‌ای از پیاده‌راه‌ها هستند که لزوماً در حاشیه رودها شکل می‌گیرند. 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، چشم انداز 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. 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 بهر وری 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 باشد. به همین دلیل رابطه تعادلی بین میزان حضورپذیری مردم و برخورداری از آسایش حرارتی برای ایجاد فضای عمومی و باز شهری می تواند نقش مؤثری داشته باشد. در این پژوهش با بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده راه شهری و شناخت عواملی که بر آسایش حرارتی در فضای باز تأثیردارند میتوان به فضای شهری دست یافت 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 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 در این فضاها می‌شود. بررسی‌های میدانی در رودکنار خرم آباد نشان می دهند که عواملی مانند «دما» و «تابش» در زمره عوامل اقلیمی در افزایش کیفیت فضایی رودکنار تأثیرگذارند. بطوریکه تغییر در میزان این دو متغیر میتواند بر میزان نارضایتی حرارتی افراد از محیط موثر باشد سوال اصلی در این پژوهش یافتن 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.

پیشینه‌ی پژوهش: از جمله پژوهشهای انجام شده پیرامون آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری می‌توان به پژوهشی با عنوان «خرد اقلیم و آسایش حرارتی در فضاهای باز پیاده‌روها» که توسط پاتوین و احمد عمر (Ahmed-Ouameur and Potvine, 2007)، با هدف بررسی فضاهای مختلف شهری به منظور ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در کبک کانادا بر روی سه فضای باز بوستان، منطقه متراکم تجاری و ناحیه بلند مرتبه شهری انجام شد، نام برد. در این پژوهش شاخص‌های مورفولوژی شهری از قبیل پستی و بلندی، تخلخل، تراکم ابنیه، فضای سبز و همچنین متغیرهای اقلیمی به منظور محاسبه آسایش حرارتی اندازه گیری 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.

ستای و همکاران (Setaih et al ،۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی راحتی حرارتی، محیط بیرونی در ریزاقلیم شهری در نواحی گرم و خشک"، به بررسی موردی یک پیاده رو در شهر مدینه عربستان پرداختند. هدف این پژوهش یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های 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. میدل و همکاران (Middel et al ، ۲۰۱۶) تأثیر سایه بر آسایش حرارتی بیرونی را در شهر تمپی ایالت آریزونا بررسی کردند. 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. در ادامه گاسپاری و فابری (Fabbri and Gaspari ، ۲۰۱۷)مطالعه‌ای در مورد استفاده از نقشه خرد اقلیم در فضای باز برای طراحی و بازسازی شهری با هدف آزمایش مدل سازی میکرومتری یک بخش شهری در یک نسخه آزمایشی با بهره گیری از نرم افزار «انوی مت» انجام دادند. اکثر مطالعات موجود در ایران (پوردیهمی،۱۳۷۸؛حیدری،۱۳۸۸) معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی بوده است. مطالعات معدودی (قیابکوه، ۱۳۸۲؛ طاهباز، ۱۳۸۶) به آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته‌اند.

در دهه‌های گذشته مدل‌های متعددی جهت برآورد تعادل انرژی بدن انسان در محیط‌های مختلف به منظور ارزیابی آسایش حرارتی تعریف شده است. این مدل‌های در بر گیرنده مولفه‌های هواشناسی و بازتاب محیط اطراف هستند (Fobelets&Gagge ،۱۹۸۶) (Fanger.،۱۹۷۲)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

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 (حیدری‌نژاد و دلفانی، ۱۳۸۸، ۳۳).

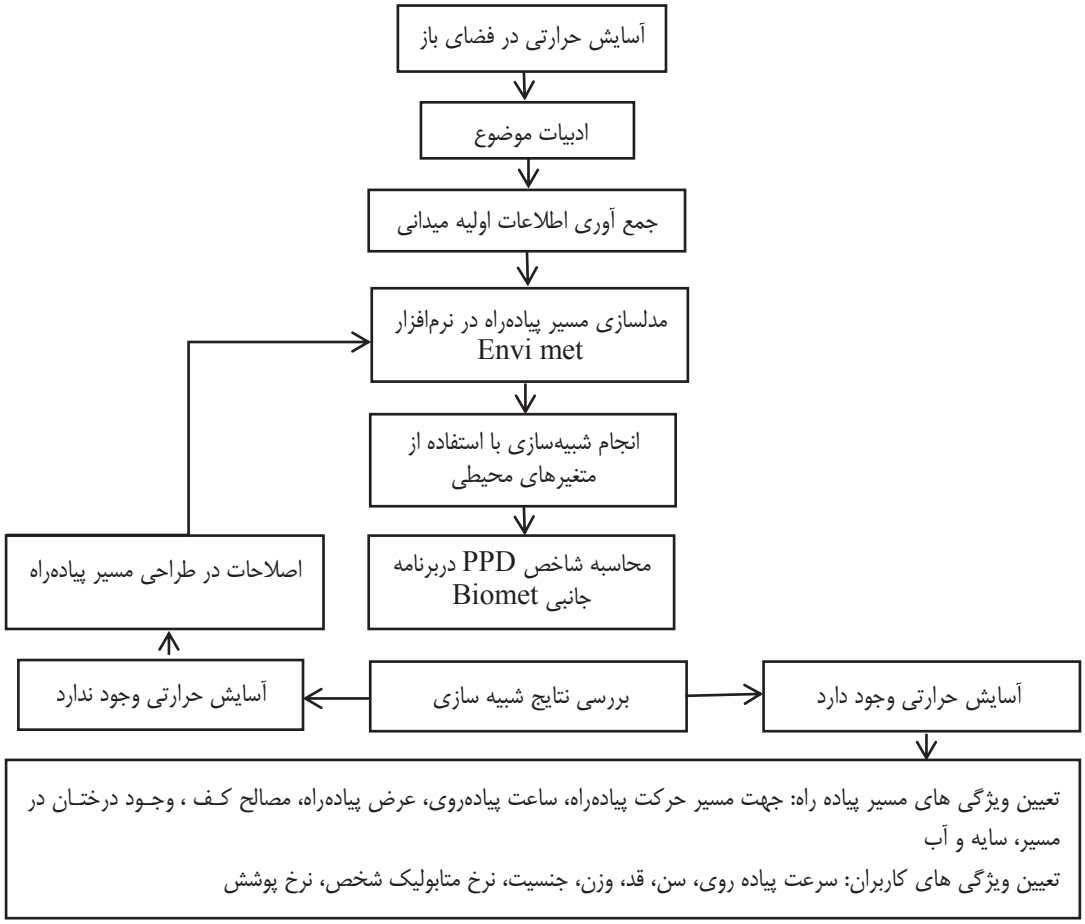
جدول ۱- پیشینه در یک نگاه

سال	نویسنده یا نویسندگان	یافته‌های اصلی پژوهش
۲۰۰۷	(Ahmed-Ouam eur and Potvin، 2007)	با افزایش تراکم ابنیه، دمای موثر نیز افزایش و با افزایش تراکم فضای سبز، دمای موثر کاهش می‌یابد.
۲۰۱۳	(Setaih et al ،2013)	یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های شهری گرم و خشک
۲۰۱۶	(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.
۲۰۱۷	(Fabbri and ،2017) Gaspari	مطالعه‌ای در مورد استفاده از نقشه خرد اقلیم 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	(پوردیهیمی، شهرام،۱۳۷۸)	مطالعه ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۸	(حیدری،شاهین،۱۳۸۸)	مطالعه ای معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی
۱۳۸۲	(قیابکوه، زهرا، ۱۳۸۲)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸۶	(طاهباز، منصوره، ۱۳۸۶)	بررسی آسایش حرارتی در فضای باز
۱۳۸۸	(حیدری‌نژاد و دلفانی، ۱۳۸۸، ۳۳)	دمای متوسط تابشی در تابستان و در محیط‌های شهری، نقش مهمی در تعادل گرمایی بدن انسان دارد.
۱۳۸۹	(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.
۱۳۸۹	(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 بارویکرد اقلیمی ارائه گردیده است.
۱۳۹۲	(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.

روش تحقیق

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل اقلیمی و محیطی در آسایش حرارتی کاربران پیاده راه شهری رود کنار خرم آباد با استفاده از سطوح آب ، سایه درختان چنار و سایبان های عمودی در مسیر پیاده راه تهیه شده است . پس از بررسی پیشینه مطالعات آسایش حرارتی در فضا های باز شهری، که مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای و شامل مطالعه متون، استفاده از مقالات، در حوزه آسایش حرارتی است، شاخص PPD که یک شاخص معتبر در آسایش حرارتی بوده انتخاب شد و سپس با استفاده از روش تحلیلی تأثیر پارامترهای انتخاب شده بر میزان احساس حرارتی افراد مورد بررسی قرار گرفته است. روش تحلیلی در بررسی آسایش حرارتی اجازه می دهد تا نسبت به پارامترهای محیطی و عوامل انسانی موثر بر آسایش حرارتی و اندر کنش این عوامل با احساس حرارتی افراد تصویر واضح تری داشت و با تغییر در میزان متغیرها و استفاده از تکنیک شبیه سازی از طریق نرم افزار اقلیمی Envi met در نقاطی از مسیر که کاربران در شرایط نا مناسب آسایش حرارتی هستند وضعیت مناسبی را ایجاد کرد. روند پژوهش به کار گرفته شده در نمودار ۱ مشخص شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]



نمودار ۱- روند پژوهش

مبانی نظری

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

آسایش حرارتی: آسایش حرارتی را می‌توان به‌سادگی احساس رضایت از محیط تعریف کرد، سطوح فعالیت، پوشاک و خرد اقلیم‌ها (درجه حرارت هوا، رطوبت هوا، باد) از عوامل اصلی تأثیرگذار در آسایش حرارتی هستند. معمولاً عدم آسایش ناشی از احساس گرما یا سرمای بیش‌ازحد است که می‌تواند ناشی از یک کوران ناخواسته یا تفاوت دمای محیط با بدن باشد. به دلیل این‌که دما در طول روز تغییر می‌کند رسیدن به تعادل گرمایی یک فرآیند پویا می‌باشد.

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

جدول ۲ – معرفی شاخص‌های آسایش حرارتی (مجیدی و حیدری، ۱۳۹۸)

شاخص تجربی	دمای مؤثر(ET^c) ، دمای برآیند(RT^d)، دمای عامل رطوبت(HOP^e)، شاخص باد خنک(WCI^f)
شاخص عقلانی	شاخص استرس گرمایی(HSI^g)، درصد نارضایتی پیش‌بینی‌شده (PPD)، دمای مؤثر استاندارد(SET^h)، پیش‌بینی متوسط نظر، دمای پیش بینی(PMV^i)

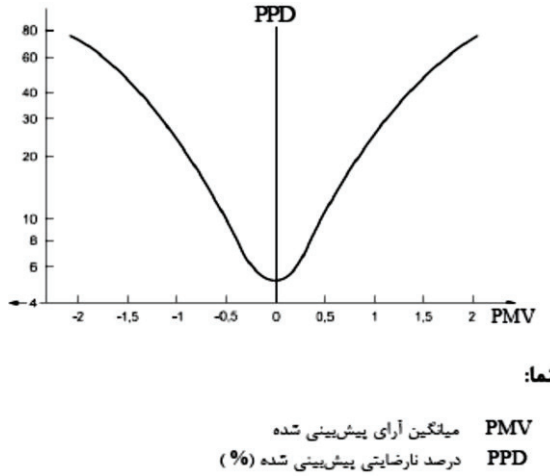
درصد نارضایتی پیش بینی شده(PPD): مقدار میانگین نارضایتی رأی حرارتی یک گروه نسبتا بزرگ از افراد که در شرایط محیطی مشابه قرار دارند را پیش‌بینی می‌کند. اما رأی هر یک از افراد در اطراف این مقدار متوسط قرار دارد. پیش‌بینی تعداد افرادی از گروه که احساس گرما و سرما دارند نیز در این میان ارزش به سزایی دارد که نمی‌توان از طریق PMV آن را تخمین زد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

PPD شاخصی است برای پیش بینی کمی درصدی از افراد که به دلیل احساس سرما یا گرما ابراز نارضایتی دارند.

بر اساس استانداردهای بین‌المللی، نارضایتی حرارتی شامل احساس خیلی گرمی، گرمی، سردی و خیلی سردی است. از روی داده های تجربی نمودار PPD یا درصد نارضایتی پیش‌بینی شده برحسب PMV رسم شده است، و یک منحنی متقارن را نشان می‌دهد که کمینه آن ۵ درصد است. استاندارد ایزو ۷۷۳۰ حد PPD را در محدوده ۰/۵- < PMV <۰/۵ برابر ۱۰ درصد معرفی می کند. در صورتی که مقدار PMV معلوم باشد، شاخص PPD را می‌توان از رابطه‌ی زیر تخمین زد(معرفت و امیدوار،۱۳۹۲،۴۱).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0.03353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2)}$$



تصویر ۱ – رابطه شاخص PMV با PPD (استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۰)

به این ترتیب با استفاده از روش های مزبور، در مرحله طراحی و قبل از آنکه بنایی ساخته شود می‌توان تخمین زد که آیا بنای طراحی شده از نظر تأمین شرایط آسایش استفاده کنندگان مورد قبول واقع میشود یا خیر. بنابراین قبل از صرف هزینه‌های گزاف، به راحتی می‌توان نقاط ضعف را اصلاح نمود. با استفاده ازکمی کردن پارامترهای کیفی می‌توان کیفیت‌ها را نیز بر اساس قوانین ریاضی حاکم، تجزیه و تحلیل نمود. در واقع استفاده از مدل های آسایش به معنی کمی کردن احساس حرارتی افراد است. در جهت دستیابی به این هدف، یعنی کمی کردن احساس حرارتی، لازم است که شاخص های آسایش حرارتی به دقت تعریف شوند، به نحوی که این شاخصها بیانگر احساس حرارتی افراد باشند.

متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص(PPD): چهار متغیر محیطی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی انسان وجود دارد: دمای هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت و سرعت وزش باد. علاوه بر این، دو متغیر شخصی بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارد: نرخ پوشش و سطح فعالیت. این عوامل تأثیر قابل‌توجهی بر آسایش حرارتی انسان دارند زیرا آن‌ها بر تعادل حرارتی بدن انسان تأثیر می‌گذارند، به‌عنوان‌مثال تعادل گرما تولیدشده توسط فرآیند متابولیک و گرما ازدست‌رفته از طریق همرفت، تابش و تبخیر(Fanger, 1970) . در تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف، لباس عامل موثری بشمار می رود و از تماس سطح بدن با محیط می‌کاهد. نوع پوشش، عایقی است که انسان‌ها برای تطابق با محیط انتخاب می‌کنند. (ذولفقاری، ۱۳۸۶، ۱۳۲).

میزان فعالیت : میزان حرارت تولید شده به وسیله 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 رابطه زیر محاسبه نمود(معرفت و امیدوار، ۱۳۹۲،۲۳) .

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

در رابطه مزبور :

Adu = سطح پوست بدن بر حسب متر مربع.

W= وزن بدن بر حسب کیلوگرم.

H= اندازه قد بر حسب متر.

به عنوان مثال ، سطح پوست بدن یک انسان به وزن ۷۵ کیلوگرم و قد ۱۸۰ سانتی متر به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$Adu = 0/202 \times 75^{0.425} \times 1.8^{0.725(m^2)} = 1.94(m^2)$$

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

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

جدول ۳ – نرخ متابولیک (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۴)

فعالیت	نرخ متابولیک	
	w/m2	met
دراز کشیدن	۴۶	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	۱/۶
ایستاده، فعالیت متوسط،(فروشندگی، خانه داری، کار با ماشین آلات صنعتی)	۱۱۶	۲
پیاده‌روی در سطوح تخت و بدون شیب با سرعت:		
۲ km/h	۱۱۰	۱/۹
۳ km/h	۱۴۰	۲/۴
۴ km/h	۱۶۵	۲/۸
۵ km/h	۲۰۰	۳/۴

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 (Cagge , et al , 1942). جدول زیر ارزش نارسنایی 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 می‌پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می‌کاهد (ذوالفقاری ، ۱۳۸۶).

جدول شماره ۴ – ارزش نارسانایی پوشاک مختلف (بهاری نژاد و یعقوبی ، ۱۳۸۵)

نوع پوشش	ارزش نارسانایی به کلوclo
بدون لباس	۰
لباس زیر	۰/۱
پوشش های 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	۰/۷–۰/۹
پوشش خیلی سنگین پشمی مردان	۲–۲/۵

۱واحد عایق لباس $1\ clo = 0\ .\ 155\ m2\ .\ °C\ /\ W$

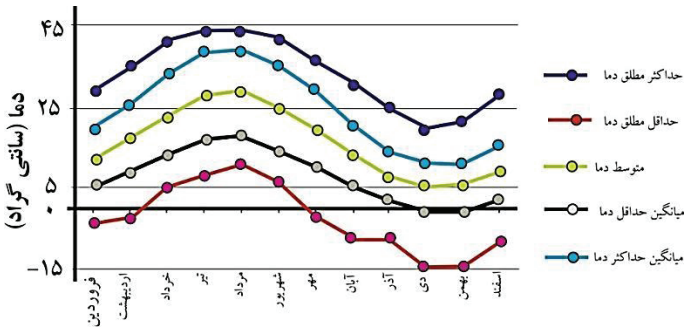
دمای هوا یک عامل مهم خرداقلیم است که بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارد. رطوبت اثر مستقیم و کمی بر آسایش حرارتی در شرایط سرد می‌گذارد. در شرایط گرم، بدن انسان نیاز به افزایش از دست دادن حرارت برای حفظ آسایش دارد. این عمل به‌طور عمده با کاهش پوشش لباس و از طریق عرق کردن و در ارتباط با از دست دادن حرارت مرتبط با حرارت پنهان از تبخیر است (ASCE, 2004). از آنجا که عمل تبخیر با کاهش رطوبت نسبی افزایش می‌یابد، رطوبت نسبی پارامتر بسیار مهم‌تر در اقلیم‌های گرم می‌شود (Stathopoulos, 2006). در انتقال و از دست دادن تبخیر اثرات دما و رطوبت با شرایط باد ارتباط نزدیکی دارند و نمی‌توانند جدا از سرعت باد باشند (Stathopoulos, 2006). در محیط خارجی، انتقال انرژی تابشی (جذب و دفع حرارت از طریق تابش) مهم‌ترین تأثیر را برای متعادل کردن حرارت بدن انسان بخصوص در شرایط آفتابی دارد. مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی شرایط حرارتی و تنش گرما دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی هستند. تعیین میانگین دمای تابشی یک مشکل کلاسیک درزمینه‌ی اقلیم‌شناسی زیستی انسان است. میانگین دمای تابشی

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

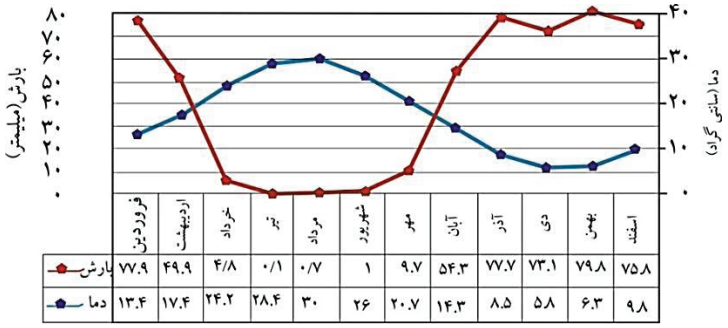
(K ،0C) به معرفی پارامترهای تأثیرگذار از محیط تابشی پیچیده (حاوی چندین موج تابشی با طول موج‌بلند و بالا) بر شاخص حرارتی می‌پردازد (Kántor & Unger , 2011). در مطالعات آسایش حرارتی در فضای باز، میانگین دمای تابشی پارامتر مناسب‌تر از پارامترهای معمولی مانند دمای هوا است که نشان‌دهنده آن است که تغییرات مکانی بزرگ در مسافت‌های کوتاه، به‌ویژه در هوا و یا درجه حرارت به تجزیه و تحلیل تأثیر آب و هوا بر آسایش مردم می‌پردازد (Thorsson et al, 2014).

معرفی محدوده مطالعاتی

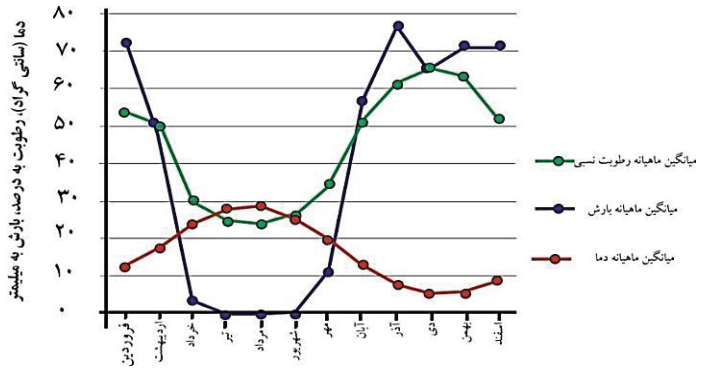
شهر خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی ً۱۵ ٍ۲۱ ْ۴۸ طول شرقی و ً۱۵ ٍ۲۹ ْ۳۳ عرض شمالی، در جنوب غربی کشور ایران واقع شده است. موقعیت جغرافیائی شهر به گونه‌ای است که توده‌های هوای برآمده از جنوب غرب و غرب وارد آن می‌شود و اثرات ویژه اقلیمی از خود بر جای گذارند. با بررسی‌های داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی شهر 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 نیمه خشک تا خشک است و زمستان‌های اکثراً 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 بی باران در تابستان و زمستان‌های سرد از مشخصات کلی و آب هوایی شهر خرم‌آباد است.



تصویر ۲. نمودار کلیموگرام شهر خرم‌آباد



تصویر ۳. نمودار ماهیانه دما و بارش شهر خرم‌آباد



تصویر ۴. نمودار ماهیانه رطوبت نسبی، بارش و دمای شهر خرم‌آباد

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

محدوده طراحی در بخش قدیمی شهر خرم‌آباد و در حریم قلعه تاریخی فلک الافلاک واقع شده است. البته آزاد سازی این حریم بطـور کامـل انجام نشده و در حال حاضر قسمت جنوبی محدوده دارای کاربری نظامی است. مسیر پیـاده‌راه تحـت مطالعـه از قسـمت شـمالی سـایت وارد می‌شود و پس از چرخش به سمت شرق به موازات رودخانه خرم‌آباد (گلال) به سمت جنوب ادامه می‌یابد (تصویر شمارۀ ۵).



تصویر ۵ – نقشه‌های سلسله مراتبی محدوده تحت مطالعه در کشور، استان، شهر و سایت طراحی شده در حریم قلعه فلک الافلاک

معرفی نـرم‌افـزار Envi – met: بررسـی اثرهـای خـرد اقلـیم شـهری توسـط نـرم‌افـزار تحلیلـی Envi–met قابـل مـدل‌سـازی است. این نرم‌افزار شرایط اقلیمـی بافـت شـهری را در فرآینـدی فیزیکـی بـین اتمسـفر، زمـین، سـاختمان‌هـا و گیاهـان، در جهـت نیـل بـه آسـایش حرارتـی تحلیـل و محاسـبه مـی‌کنـد. داده‌هـای ورودی مشخصـات فیزیکـی سـایت مـورد نظـر و اطلاعـات جغرافیـایی و هواشناسـی را در بـر مـی‌گیـرد. داده‌هـای مـورد نیـاز مشخصـات فیزیکـی محـدوده مطالعـاتی، شـامل جـنس و میـزان بازتـابش مصـالح، موقعیـت، ابعـاد و نـوع درختـان موجـود و همچنـین حجـم سـه بعـدی آن و داده‌هـای جغرافیـایی و هواشناسـی شـامل طـول و عـرض جغرافیـایی سـرعت و جهـت بـاد در ارتفـاع ۱۰ متـری و میـزان پوشـش ابرنـاکی در زمـان شـبیه‌سـازی اسـت. محاسـبه آسـایش حرارتـی علاوه بر دمای متوسط تابشی و شـاخص‌هـای دیگـر نظیـر سـرعت بـاد، رطوبـت و دمـای هـوا نیازمنـد مشخصـات فـردی همچـون سـن، جنسـیت، نـوع پوشـاک و نـرخ فعالیـت شـخص نیـز اسـت. در نـرم افـزار Envi – met بـا کمـک محاسـبات Biomet[j] مـی‌تـوان شاخص‌های آسایش حرارتی PMV، PPD، PET[k]، UTCI[l] محاسبه نمود.

روش انجام شبیه‌سازی: در شروع بررسـی، بـا توجـه بـه طـول یـک کیلـومتری مسـیر پیـاده‌راه، تعـداد بیسـت و یـک نقطـه بـر روی آن در نظر گرفته شده است. هـر یـک از ایـن نقـاط دارای شـرایط ویـژه‌ای از لحـاظ موقعیـت قرارگیـری، عـرض پیـاده‌راه، میـزان پوشـش سایه درختان، جهـت مسـیر حرکـت، نزدیکـی بـه منـابع آب و جـنس کـف‌سـازی و رنـگ مصـالح کـف هسـتند. بـه کمـک مـدل طراحـی شده از محدوده مطالعـاتی حـریم قلعـه فلـک‌الافـلاک کـه مسـیر پیـاده‌راه نیـز جزئـی از آن اسـت، در نـرم‌افـزار Envi Met شـبیه‌سـازی به همراه اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک خـرّم‌آبـاد در بـازه زمـانی ۶ صـبح الـی ۲۱ شـب انجـام شـد. میـزان دمـا، تـابش، رطوبـت و شـاخص PPD در ایـن نقـاط بـرای روز ۱ مـرداد مـاه ۱۳۹۸ هش، بـه عنـوان یکـی از گرمتـرین روزهـای سـال، بـا کمـک نـرم افـزار Biomet که یک نـرم افـزار جـانبی Envi met اسـت، محاسـبه مـی‌شـود؛ سـپس بـا توجـه بـه داده‌هـای تصـاویر و نمودارهـای حاصـل از شـبیه‌سـازی و مقایسـه شـرایط حرارتـی همـه نقـاط روی مسـیر پیـاده‌راه بـا دیگـر نقـاط محـدوده مطالعـاتی، انتظـار مـی‌رود مقـادیر مطلوب الگوی بهینه در طراحی پیاده‌راه جهت دستیابی به آسایش حرارتی بدست آید.

جدول شماره ۵ – اطلاعات هواشناسی در ۱۳۹۸/۰۵/۰۱–۲۰۱۹/۰۷/۲۲، (ایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد، ۱۳۹۹)

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

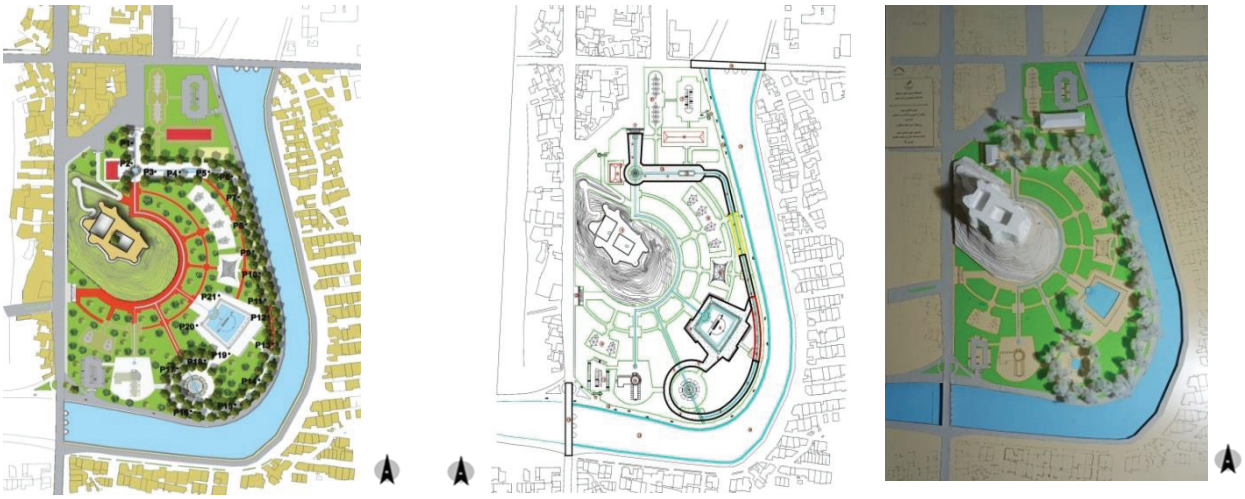
مقادیر کمی مولفه‌های شخصی و نرخ پوشش مخصوص شهروندان برای محاسبه شاخص PPD در جدول شمارۀ ۶ ذکر شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

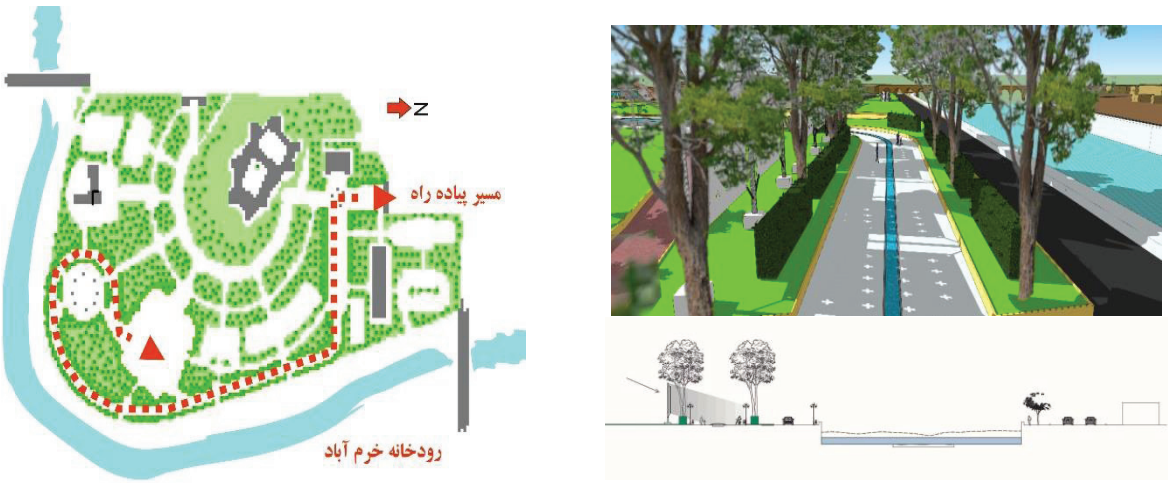
جدول شماره ۶ – مؤلفه های شخصی در ۱۳۹۸/۰۵/۰۱-۲۰۱۹/۰۷/۲۲

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

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 پیاده روی با سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه برای آقایان و ۰/۵ متر بر ثانیه برای خانم‌ها در نرم افزار مبنای محاسبه قرار گرفته است.



تصویر ۶ – سایت طراحی شده و نقاط شماره گذاری شده جهت بررسی آسایش حرارتی در مسیر پیاده‌راه



تصویر ۷ – فضای سبز و درختان سایت در محیط Envi met و برشی از مسیر پیاده‌راه و همجواری‌های سایت

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:

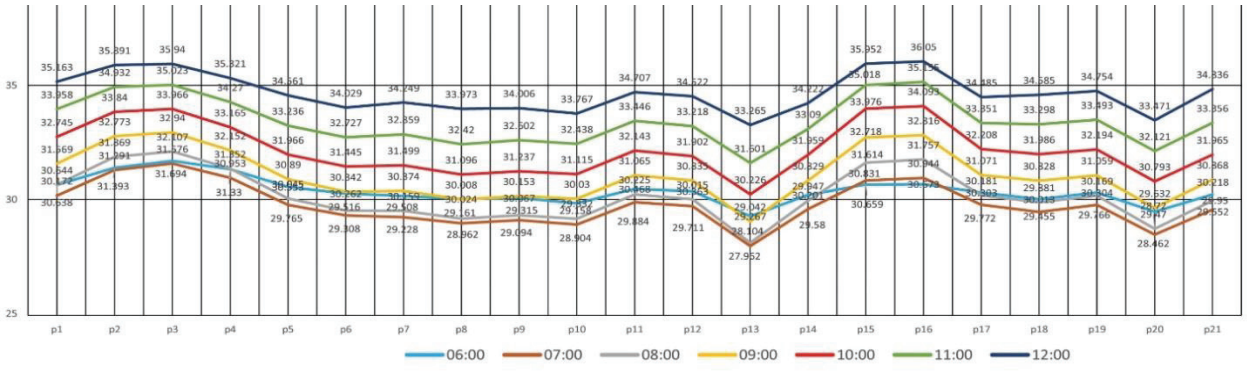
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

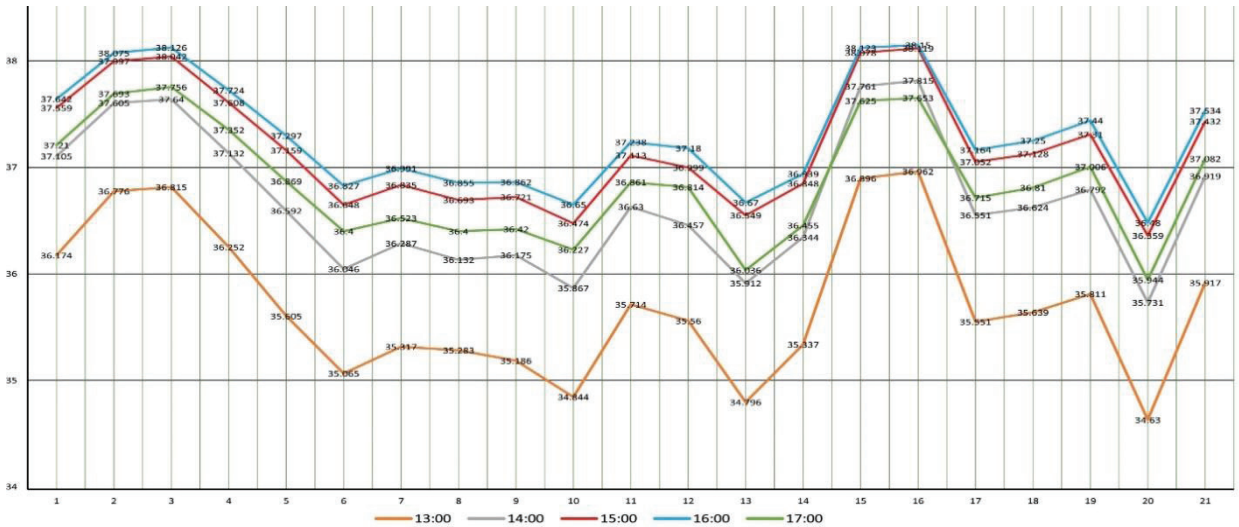
جدول ۷ – اطلاعات مصالح و جهت مسیر در ۲۱ نقطه تعیین شده بر روی پیاده‌راه

نقاط	مصالح کف	رنگ مصالح	عرض پیاده‌راه	جهت گیری 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

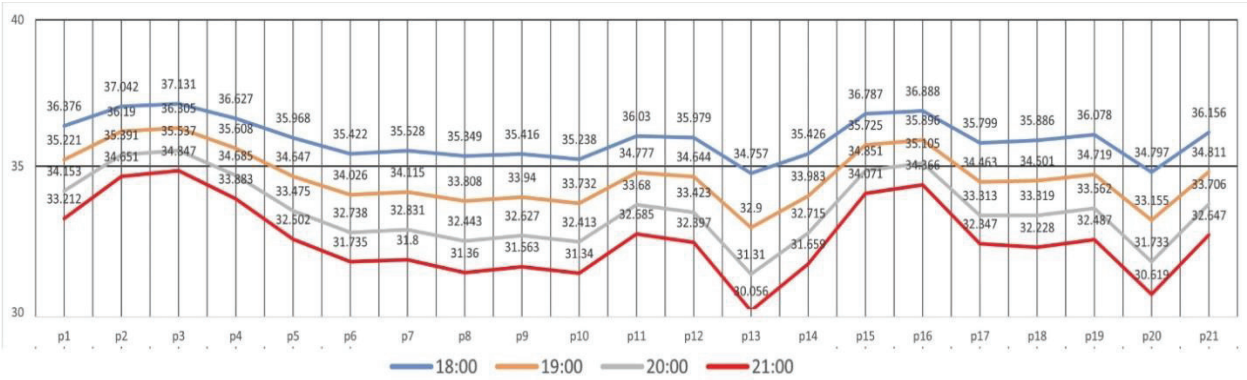
یافته‌های تحقیق

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





[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]



تصویر ۸ – میزان دما در نقاط ۲۱ گانه تعیین شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ۶ الی ۲۱ در ۱مردادماه ۱۳۹۸

جدول ۸. بیشترین و کمترین درجه حرارت در نقاط مشخص شده در مسیر پیاده‌راه در ۱ امرداد ۹۸

ساعات شبیه‌سازی شده در ۱ امرداد ۹۸	۲۱–۲۰–۱۹–۱۸	۱۷–۱۶–۱۵–۱۴–۱۳	۱۲–۱۱–۱۰–۹–۸–۷–۶
نقاط دارای بیشترین درجه حرارت به ترتیب	P3-P2-P16-P15	P16-P3-P15-P2	P16 -P15- P3-P2
نقاط دارای کمترین درجه حرارت به ترتیب	P13-P20	P20 -P13-P10	P13-P20

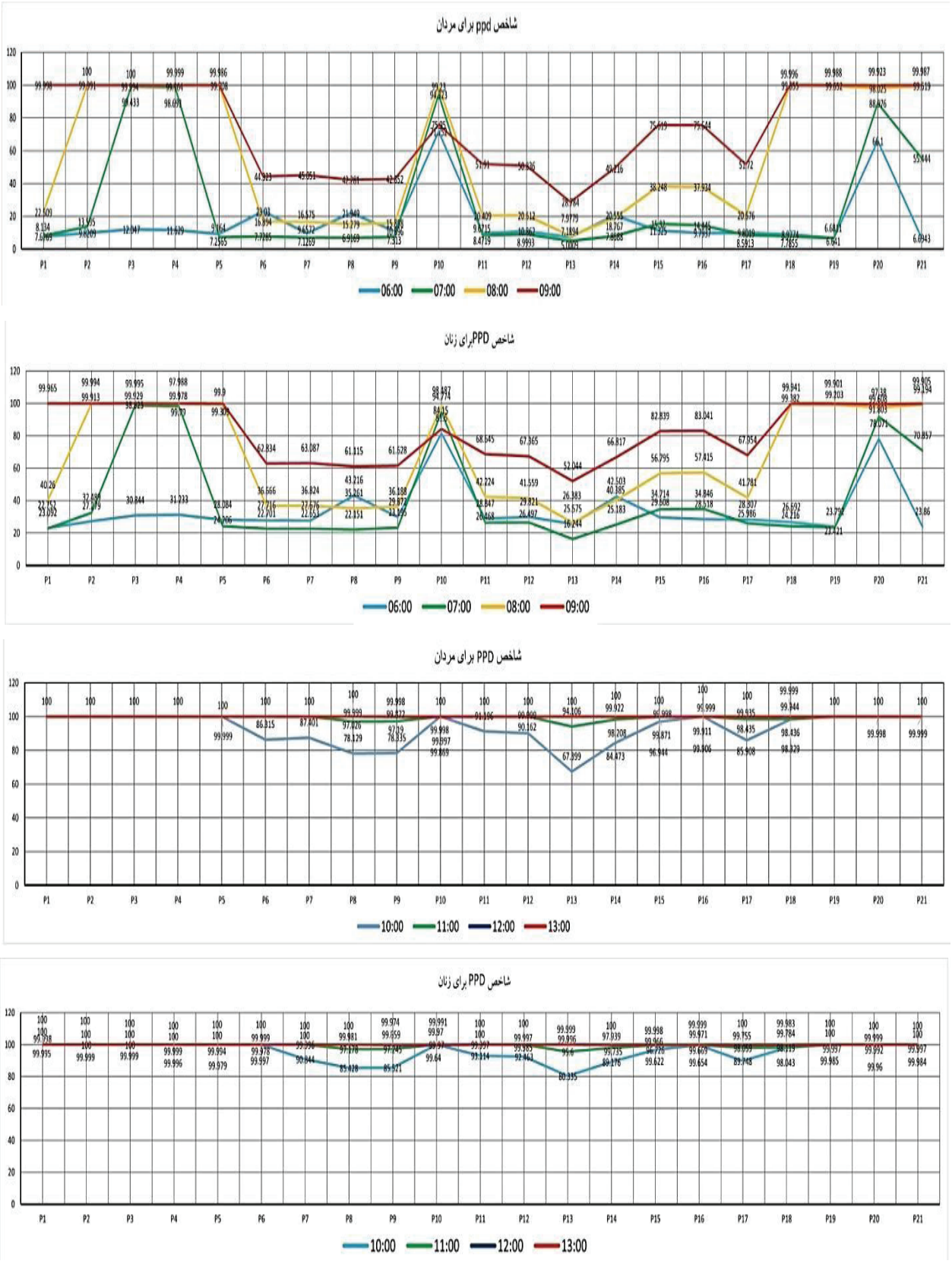
جمع بندی از اطلاعات دمایی حاصل از شبیه‌سازی حرارتی در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸: جدول شماره ۷که از بررسی نمودارهای دما در ساعات شبیه‌سازی شده بدست آمده است نشان می دهد که از ساعات ۶ الی ۱۲ کمترین دما متعلق به نقطه P13 به میزان ۲۷/۹۶، سپس در نقطه P20 به میزان ۲۸/۴۶ است که در ساعت ۷ اتفاق افتاده است. بیشترین دما در این محدوده زمانی، در ساعت ۱۲ در نقطه P16 به میزان ۳۶/۰۵ درجه سیلیسیوس اندازه‌گیری شده است و سپس نقاط P16،P15، P2،P3 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 سیلیسیوس 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 سیلیسیوس است. این دماها برای نقاط اخیر به دلیل راستای شمالی–جنوبی مسیر و سایه‌اندازی درختان سمت غرب پیاده‌راه ایجاد می‌شود؛ هر چند جنس مصالح نقطه P10 زمین خاکی بوده و نقطه P13 نیز از آجر کف قرمز رنگ 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 سلسیوس بدست آمده است. افزایش دما در این نقاط نسبت به نقاط P6 الی P14 به دلیل شرقی غربی بودن مسیر در این نقاط است که باعث افزایش میزان تابش و در نتیجه، 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 سیلیسیوس 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.

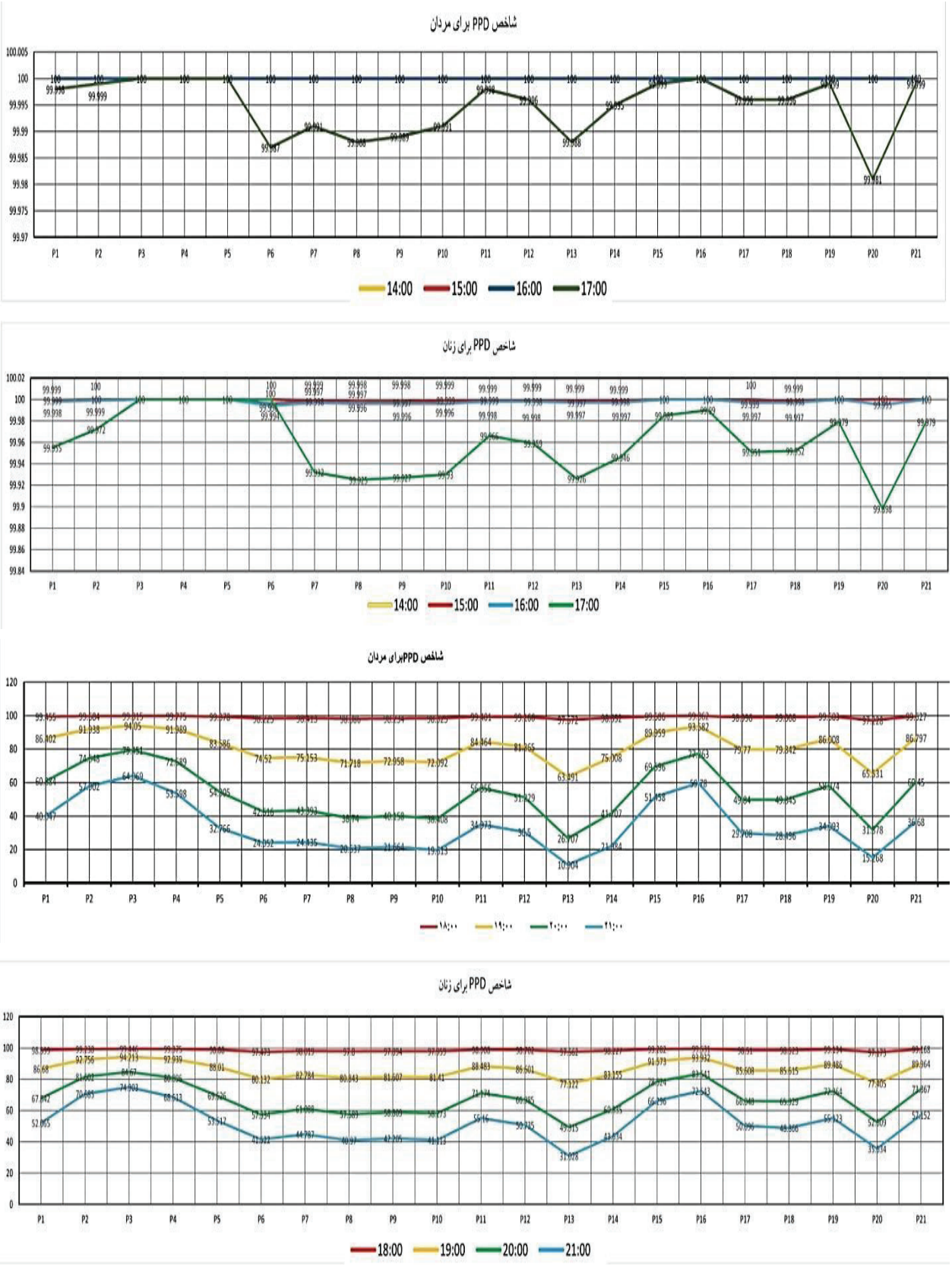
میزان شاخص PPD مردان و زنان در نقاط مشخص شده روی مسیر پیاده‌راه در تاریخ ۱ مردادماه ۹۸: شاخص PPD یکی از شاخص‌های مهم در آسایش حرارتی است. این شاخص مانند شاخص PMV به وسیله نرم‌افزار Envi Met قابل محاسبه است. در این فرایند با دادن اطلاعات هواشناسی و مؤلفه‌های شخصی به نرم‌افزار این شاخص محاسبه می‌شود؛ سپس، با توجه به اعداد بدست آمده 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:

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]



تصویر ۹ – مقایسه شاخص PPD برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه در ساعات ۶ الی ۱۳در ۱مرداد ماه ۱۳۹۸

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]



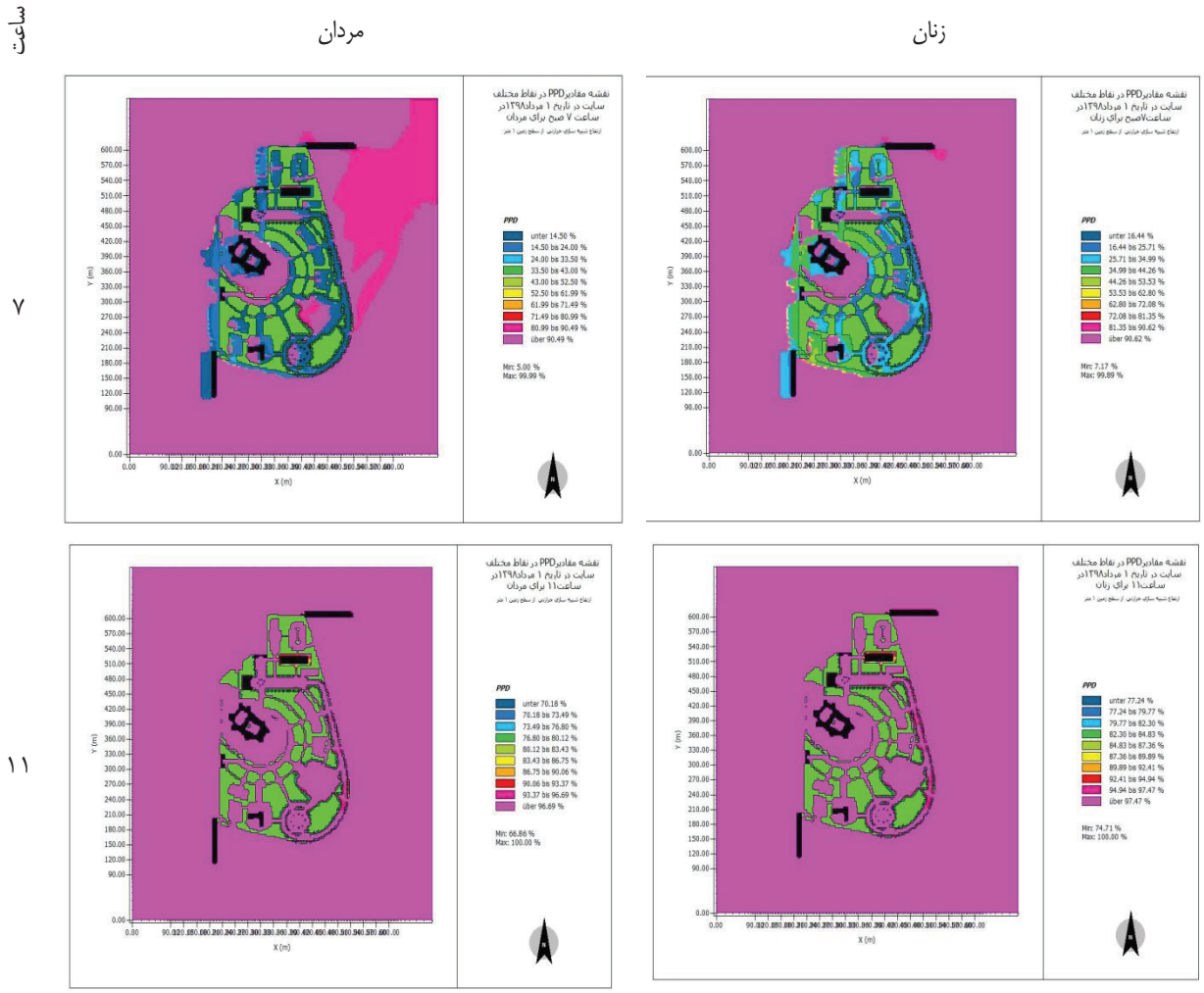
تصویر ۱۰- مقایسه شاخص PPD برای مردان و زنان در نقاط مشخص شده بر مسیر پیاده‌راه از ساعات ۱۴ الی ۲۱ در ۱ مردادماه ۱۳۹۸

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

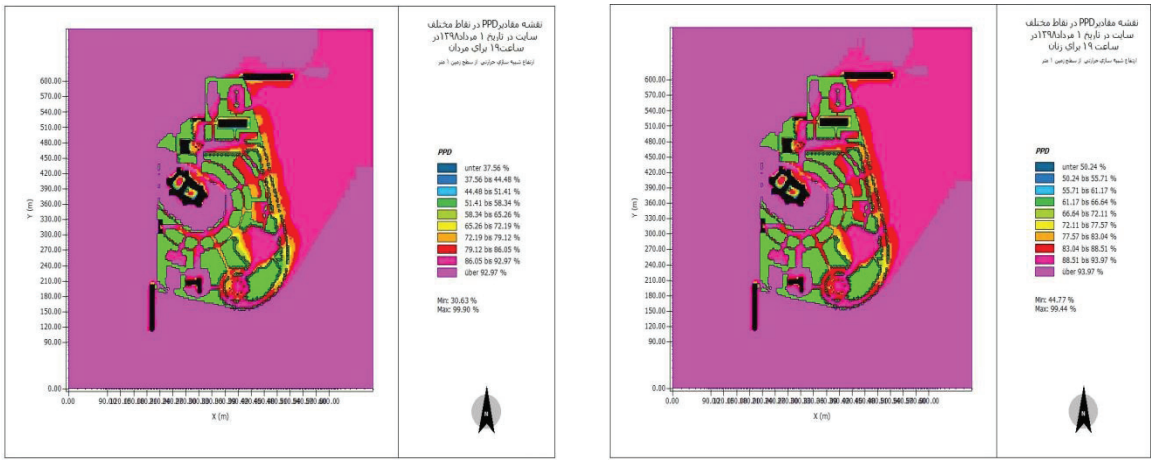
جمع‌بندی از مقایسه شاخص PPD مردان وزنان در نقاط روی مسیر پیاده‌راه در ۱مرداد ماه ۱۳۹۸: مقایسه مقادیر شاخص PPD نشان می‌دهد که میزان آسایش حرارتی مردم از ساعت ۶ تا ساعت ۱۰ صبح، درمحدوده‌ای بوده است که میزان درصد نارضایتی حرارتی کمتر از ۵۰ درصد است. اما از این ساعت به بعد بطور فزاینده‌ای مقدار آن افزایش می‌یابد. بطوری که از ساعت ۱۲ الی ۱۷ این مقدار به ۱۰۰درصد خود می‌رسدکه نشان از نارضایتی شدید حرارتی از فضا دارد. از ساعت ۱۹ روند کاهشی پیدا می‌کند و در ساعت ۲۱ با مقدار ۳۱.۰۵ در نقطه p13 می‌شود. از دیگر نکات قابل توجه این نمودار ها این است که در نقاط p13 و p20 از ساعت ۱۹ شرایط دمایی قابل تحملتر از بقیه مسیر است که به دلیل میزان سطح پوشش درختان در این دو نقطه و نزدیکی آنها به آبنمای رقص موزیکال است.

کف‌سازی در نقطه p13 از آجر قرمز و در نقطه p20 از بتن با رنگ روشن است. البته بدلیل در سایه بودن این نقاط تغییر جنس و رنگ مصالح اختلاف محسوس دمایی را ایجاد نمی‌کند. نقاط p6 ، p7 ، p8، p9 نیز وضعیت دمایی و رضایتمندی بهتری از ساعت ۱۹ به بعد دارند که بدلیل راستای شمالی- جنوبی بودن مسیر پیاده‌راه و انبوه درختان چنار در این نقاط است. از نکات دیگر این نمودارها که مقایسه شاخص PPD بین مردان و زنان است نیز مشخص می شود که خانم ها بدلیل پوشیدگی بیشتر لباس هایشان از احساس نارضایتی حرارتی بیشتری در مقایسه با مردان در این فصل سال هستند.

مقایسه شاخص PPD در سایت قلعه فلک‌الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده درآن در ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸: اکنون میزان شاخص PPD در سایت قلعه فلک‌الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن را به کمک برنامه Biomet که یک نرم‌افزار جانبی Envi met است، را محاسبه کرده تا تأثیر طراحی را در آسایش حرارتی مسیر پیاده راه و سایت قلعه فلک الافلاک به صورت نقشه‌های گرافیکی رنگی بر این شاخص مشاهد کنیم. البته میزان این شاخص برای مردان و زنان به صورت جداگانه بدست می آید.

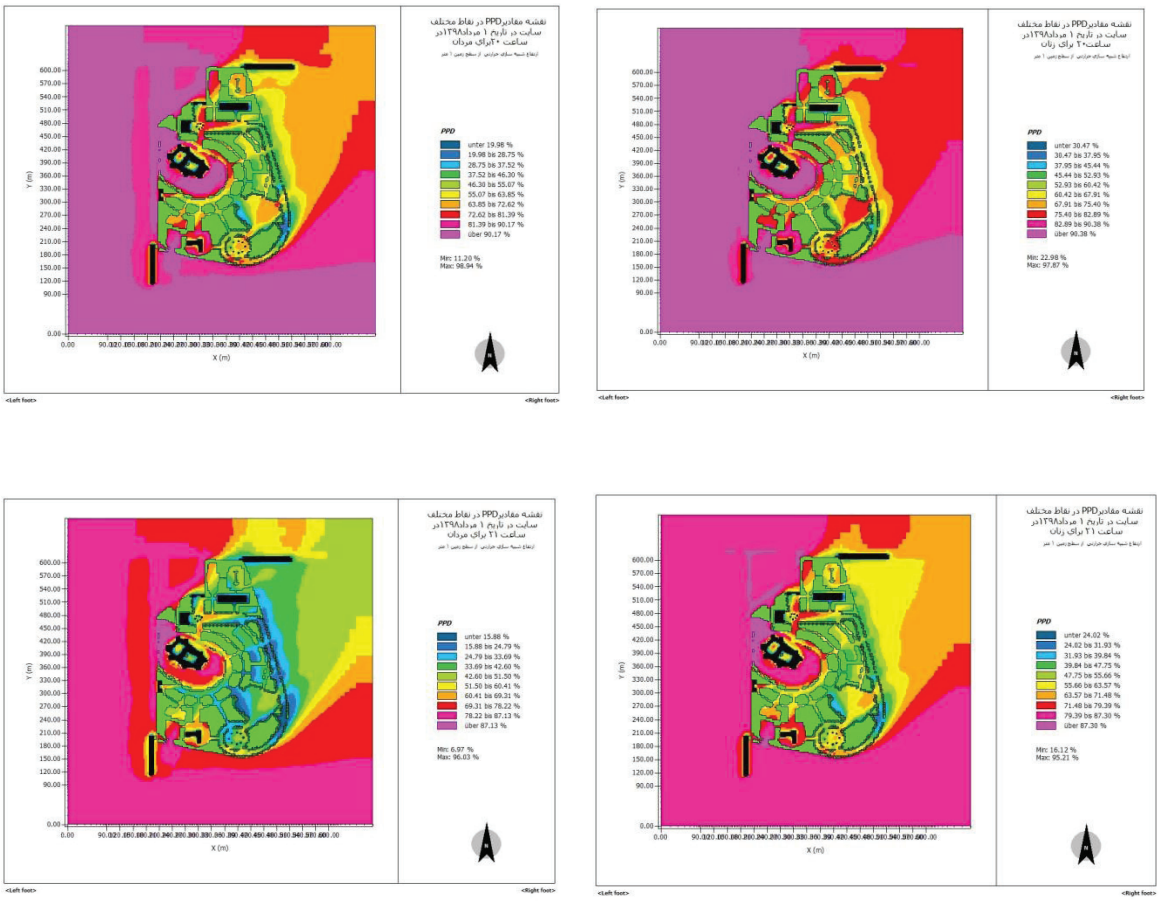


[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]



تصویر ۱۱. شبیه‌سازی شاخص PPD بوسیله نرم افزار جانبی Biomet از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات ۷ ، ۱۱، ۱۹ در تاریخ ۱ مرداد ماه ۱۳۹۸

ساعت | مردان | زنان



تصویر ۱۲- شبیه‌سازی شاخص PPD به وسیله نرم افزار جانبی Biomet از سایت قلعه فلک الافلاک و پیاده‌راه طراحی شده در آن برای مردان و زنان در ساعات۲۰،۲۱ در تاریخ ۱ مردادماه ۱۳۹۸

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

بحث و 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، تصویر ۷، 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 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 ادامه مسیر در نظر گرفته شده است، وجود دارد. بنابراین انتظار می‌رود که شرایط جغرافیای محلی رودکنار برای نقاط بیست و یک گانه (P1 تا P21) در چهار گروه کلی متفاوت باشد.

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 می‌رود که در نه ماه باقیمانده یعنی فروردین، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، آذر، دی، بهمن و اسفند آسایش حرارتی نامطلوب وجود داشته باشد. به این ترتیب 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. مجموع ارقام مواقع 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 PPD 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 باقی هفده نقطه‌ی باقیمانده، از منظر دمای هوا و تابش خورشید، آسایش حرارتی مطلوب وجود دارد. با حفظ همین شرایط، کمترین میزان شاخص PPD برای مردان ۱۴درصد و برای زنان ۱۶/۴۴درصد است.

در ادامه بررسی‌ها نشان می‌دهند، ساعت ۹ در نقطهٔ P13 کمترین درصد نارضایتی و نقاط P15، P16، P3، P4،P5 بدلیل راستای شرقی- غربی مسیر، بیشترین درصد نارضایتی وجود دارد. همچنین نقاط فاقد پوشش درخت، مانند P20،P21، P19، درصد نارضایتی بالایی دارند. کمترین میزان شاخص PPD برای مردان در این نقطه ۱۶/۱۸درصد و برای زنان ۳۵/۴۷ درصد است. در ساعت ۱۱ با افزایش میزان تابش و بالا رفتن دما در کلیه نقاط بیشترین درصد نارضایتی مشاهده می‌شود. به همین ترتیب نارضایتی تا ساعت ۱۹ در بیشتر نقاط و محدوده مطالعاتی وجود دارد. از ساعت ۱۹ درصد نارضایتی با غروب خورشید کاهش می‌یابد، بطوریکه کمترین میزان نارضایتی در این ساعت برای مردان ۳۰/۶۳ درصد و برای زنان ۴۴/۷۷ درصد دیده می‌شود. نقاط P20، و P13 دارای کمترین میزان درصد نارضایتی و نقاط P15، P16، P3، P4، P5 دارای بیشترین درصد نارضایتی در طول مسیر این ساعت هستند. در ساعت ۲۱ نقاط P16، P2، P3، به ترتیب با مقادیر ۷۲/۵۴، ۷۰/۵۸، ۷۴/۹ درصد، بیشترین درصد نارضایتی حرارتی را نشان می‌دهند. میزان شاخص PPD در این نقاط در کمترین حالت برای مردان ۶/۹۷ و برای زنان ۱۶/۱۲ درصد است. بررسی تطبیقی در مجموع نشان می‌دهد که در میانه فصل تابستان شرایط آسایش حرارتی در فضای باز بدلیل گرمای هوا (۴۴/۲ درجه سانتی‌گراد) در طول روز (از ساعت ۹ تا ۱۹) وجود ندارد، و فقط در ساعات ابتدایی روز تا ساعت ۹ و بعد از ظهر از ساعت ۱۹ به بعد با رعایت نرخ پوشش و فعالیت، و استفاده از دالان‌های سبز، آسایش حرارتی امکان‌پذیر است. همچنین مشخص می‌شود که مردان از لحاظ فیزیولوژیکی و نرخ پوشش کمتر در این شرایط از وضعیت بهتری نسبت به زنان برخوردارند. بررسی صورت گرفته با کمک نرم افزار envi met مشخص می‌گردد که در روز ۱ مرداد ۹۸ در ساعات محدودی از روز آسایش حرارتی وجود دارد بطوری که از ساعت ۱۰ الی ۱۹ بدلیل بالا بودن دمای هوا در فضای بیرونی آسایش حرارتی وجود ندارد و درصد شاخص نارضایتی حرارتی در بیشترین مقدار یعنی ۹۵ درصد است 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 بدلیل عدم وجود تابش خورشید دما کاهش یافته ودرصد شاخص نارضایتی حرارتی نیز کاهش می‌یابد و آسایش حرارتی برقرار می‌شود.

در یک جمع‌بندی با بررسی شاخص PPD پیاده راه رودکنار خرم‌آباد درمحدوده 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- در مسیر پیاده‌راهی که جهت شمالی - جنوبی دارد.

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

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]

[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

۴- در مسیر پیاده‌راهی که نزدیک منابع آب و فضای سبز بوده است.
۵- در مسیر پیاده‌راهی که در دو سمت آن بوته‌های متراکم شمشاد به ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر وجود دارد.
۶- در مسیر پیاده‌راهی که در فاصله مابین سطح زمین و شروع برگ درختان سایبان عمودی جهت ایجاد سایه بر مسیر پیاده راه قرار داده شده است.

پی‌نوشت‌ها

a – Envi Met (نرم‌افزار شبیه‌سازی حرارتی)
b - Predicted Percentage of Dissatisfied
c –Effective Temperature
d –Resulting Temperature
e - Humidity operating temperature
f - Wind Chill Index
g- Heat stress index
h- Standard effective temperature
i- Predicted mean vote
j- نرم‌افزار جانبی انوی مت برای محاسبه شاخص‌های آسایش حرارتی
k–Physiologically Equivalent Temperature
l- Universal Thermal Climate Index

فهرست منابع

- پوردیهیمی، ش. (۱۳۷۸) ساخت و ساز همساز با اقلیم، نشریه صفه، ۹(۲۸): ۲۵-۳۸.
- حیدری نژاد، ق.، دلفانی، ش.، زنگنه، م. و حیدری نژاد، م. (۱۳۸۸) آسایش حرارتی. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- حیدری، ش. (۱۳۸۸) درجستجوی هویت شهری ایلام. تهران: مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.
- ذوالفقاری، ح. (۱۳۸۶) تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص های دمای معادل فیزیولوژی PET و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده PMV، نشریه پژوهشهای جغرافیایی،۵ (۶۲): ۱۲۹-۱۴۱.
- طاهباز، م. (۱۳۸۶) طراحی سایه در فضای باز، نشریه هنرهای زیبا، ۳۱(۳۱): ۲۷-۳۸.
- قیابکلو، ز. (۱۳۸۲) الگوی حرکت سایه و طراحی سایت، نشریه هنرهای زیبا، ۱۵(۱۵):۵۸-۶۸.
- معرفت، م.، امیدوار، ا.، حیدری، ش.، ذولفقاری، ا.، ذولفقاری، س.، شارسان، آ.، فیاض، ر.، طهماسبی، ف.، لنکرانی، م. و مهرگان، س. (۱۳۹۰). تعیین شاخص های آسایش حرارتی PMV و PPD و معیار های آسایش حرارتی موضعی. تهران: سازمان ملی استاندارد ایران.
- مجیدی، ف.، حیدری، ش.، قلعه نویی، م. و قاسمی سیچانی، م. (۱۳۹۸) ارزیابی و تحلیل وضعیت آسایش حرارتی فضای باز محلات مسکونی با استفاده از شاخصه‌های حرارتی (نمونه موردی: محلات منتخب شهر اصفهان)، نشریه معماری و شهرسازی ایران،۱۰(۱۸): ۱۱۳-۱۲۶.
- بهزادفر، م.، منعام،ع. (۱۳۸۹) تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری، بررسی بوستان های منتخب شهر تهران، نشریه آرمانشهر،۳(۵) :۲۳-۳۴.
- حیدری، ش.، منعام، ع. (۱۳۹۲) ارزیابی شاخصه های آسایش حرارتی در فضای باز، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه ای،۱۱(۱): ۱۹۷-۲۱۶.
- محمودی، ا.، قاضی‌زاده، س. و منعام، ع. (۱۳۸۹) تأثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی نمونه مورد مطالعه: فاز سه مجتمع مسکونی اکباتان، نشریه هنرهای زیبا ،۲(۴۲): ۵۹-۷۰.
- معرفت، م.، امیدوار،ا. (۱۳۹۲) آسایش حرارتی: محاسبات و ملاحظات طراحی. تهران: یزدا.
- 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. In Proceedings of the solar conference (Vol. 2, p. 592). *AMERICAN SOLAR ENERGY SOCIETY*; AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS.
- Carmona, M., & Tiesdell, S. (Eds.). (2007). *Urban design reader*. Routledge.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- Fanger, P. O. (1972). *Thermal comfort: Analysis and applications*. Environmental engineering.
- Fobelets A and Gagge AP (1988). Rationalization of the effective temperature ET* as a measure of the enthalpy of the human environment, *ASHRAE Transactions*, 94, 12- 31.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

- Hensen, J. L. (1990). Literature review on thermal comfort in transient conditions. *Building and environment*, 25(4), 309-316.
- Gaspari, J., & Fabbri, K. (2017). A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration. *Energy Procedia*, 111, 500-509.
- Kántor, N., & Unger, J. (2011). The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment—the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*, 3(1), 90-100.
- Lang, J. (1987). Creating architectural theory. The role of the behavioral sciences in environmental. design.
- Lenzholzer, S. (2012). Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares. *Resources, conservation and recycling*, 64, 39-48.
- Middel, A., Selover, N., Hagen, B., & Chhetri, N. (2016). Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona. *International journal of biometeorology*, 60(12), 1849-1861.
- Stathopoulos, T. (2006). Pedestrian level winds and outdoor human comfort. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 94(11), 769-780.
- Setaih, K., Hamza, N., & Townshend, T. (2013, August). Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas. *In 13th International Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambery*, France (pp. 3153-3160).
- Thorsson, S., Lindqvist, M., & Lindqvist, S. (2004). Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International journal of biometeorology*, 48(3), 149-156.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]

[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]

Investigation of PPD index in thermal comfort of urban open spaces in Summer (Case study: Sidewalk in riverside, Khorramabad City)

Noor Mohammad Monjezi, *Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundishapur University, Khuzestan Province, Dezful, Iran*
Ali Eslamimoghadam*, *Master student, urban design, architecture and urban planning, Jundishapur University of Technology, Dezful, Iran.*

Received: 2021/11/22 *Accepted: 2022/1/26*

Introduction: Regarding the importance, although it is a significant task to determine all the influencing factors on the riverbanks, thermal comfort is much more effective. For this reason, the balanced relationship between the presence of people and the enjoyment of thermal comfort can play an effective role in creating a public and open urban space. In this research, by examining the thermal comfort on the urban sidewalk and knowing the factors that affect the thermal comfort in the open space, it is possible to achieve an urban space that citizens are willing to use, and this is the necessity of this research and its purpose. Investigating thermal comfort in riverside sidewalks is to find the factors that create the greatest impact between humans and the environment in urban open spaces and ultimately increase the attendance rate in these spaces.
Methodology: The current research aims to investigate the climatic and environmental factors in the thermal comfort of the users of the Khorram Abad city sidewalk by using water levels, the shade of plantain trees, and vertical canopies on the sidewalk. After reviewing the history of thermal comfort studies in urban open spaces, which is based on library studies and includes reading texts, and using articles, in thermal comfort, the PPD index, which is a valid index in thermal comfort, was selected and then using influence of the selected parameters on the degree of a thermal sensation of people has been investigated using the analytical method.
Results: In an analytical approach, the specifications of the Mahoni table for Khorramabad city show the existence of favorable thermal comfort conditions in the three seasons of May, October, and November of the year. Therefore, it is expected that there will be unfavorable thermal comfort in the remaining nine months, i.e., April, June, July, August, September, December, Bahman, and March. In this way, we can say that it is cold almost 45% of the time of the year and mechanical heating should heat the space inside the building. Also, 30% of the time of the year, the weather is hot and mechanical ventilation and cooling should be used. The total figures for hot and cold times of the year show comfortable conditions exist only in 25% of the times of the year for Khorramabad city.
Conclusion: The comparative study shows that in the middle of summer there is no thermal comfort in the open space because of the heat of the air (44.2°C) during the day (from 9:00 to 19:00), and only in the early hours of the day until 9:00 and Thermal comfort is possible from 19:00 onwards by observing the coverage and activity rate and using green corridors. It is also clear that men have better conditions than women in terms of physiology and a lower coverage rate in this situation. The investigation carried out with the help of Envi Met software shows that on August 1, 2018, there is thermal comfort in limited hours of the day, so from 10:00 to 19:00 there is no thermal comfort because of the high temperature in the outdoor space and the percentage of thermal dissatisfaction index It is at its highest value, i.e. 95%, until sunset, which is at 6:26 p.m. on this day, and from 7:00 p.m. to 9:00 p.m., when the thermal simulation was performed, because of the absence of sunlight, the temperature decreased and the percentage of the thermal dissatisfaction index also decreased.
Keywords: Sidewalk, Thermal Comfort, Khorramabad, Summer, PPD.

* Corresponding Author's E-mail: alieslamimoghadam@yahoo.com

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.10.2]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.10]