

برهم کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری مطالعه موردی اقلیم گرم و خشک ایران

شاهین حیدری*

دانشیار گروه تکنولوژی، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۰/۵/۳)

چکیده

باروچ گیونی معتقد است که جریان هوا در فضاهای شهری اقلیم گرم و مرطوب، غالباً موجب آسایش حرارتی مردم است. اگر متغیر باد با سایه هم‌ساز شود، آنگاه افراد در دماهای بالاتر از دمای راحتی می‌توانند به فعالیت خود در سطح شهر ادامه دهند. این نظر گیونی را نباید به اقلیم گرم و خشک و یا سرد تعمیم دهیم. در اقلیم گرم و خشک، جریان هوا تابع دمای محیط، دو اثر کاملاً متفاوت بر افراد دارد. در یک حالت باعث آسایش و در حالتی دیگر باعث عدم آسایش است. در اقلیم سرد نیز تاثیر جریان هوا بر آسایش منفی است. هدف اصلی این گفتار پاسخ این پرسش است که مرز دمایی بین آسایش و عدم آسایش در فضاهای شهری ناشی از جریان هوا، در سرعت‌های مختلف چیست؟ به دیگر عبارت، برهم کنش دما و جریان هوا در چه مقادیر عددی برای راحتی شهری معنا پیدامی‌کند؟ اگر بتوان چنین اعدادی را پیدا کرد، آنگاه طراح شهری با دیدی علمی عناصر شهری را بر اساس تین دو متغیر به خدمت می‌گیرد. از این راه او می‌تواند به تطبیق الگوی جریان هوا با الگوی دما دست یابد. این مطالعه به اقلیم گرم و خشک ایران محدود بوده و در پی پاسخی مبتنی بر کار میدانی در سطح شش شهر کشور خواهد بود. نتایج بدست آمده قابل تعمیم به همه‌ی مناطق گرم و خشک ایران خواهد بود.

واژه‌های کلیدی

اقلیم گرم و خشک، جریان هوا، آسایش حرارتی، طراحی شهری، تطبیق الگوهای اقلیمی.

* تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۰۹۶۹۶، نمابر: ۰۲۱-۶۶۴۹۰۱۴۱، E-mail: shheidary@ut.ac.ir

مقدمه

منفی است. عوامل الزامی دیگری باید کمک کنند تا فضای سایه دار قابل تحمل باشد. عواملی مثل، نوع سایه انداز، نرخ فعالیت، نوع و نرخ لباس، دمای محیط، جریان هوا و رطوبت از امهات تاثیرگذار بر قابل تحمل شدن حرارتی فضا هستند. در بین این موارد، جریان هوا نقش اساسی را به عهده دارد. از یک نگاه، عاملی برای خنکی است و از نگاهی دیگر عامل مخربی برای خنکی در شهر است. در استفاده از سایه به وسیله درخت و یا عناصر سقفی باید جریان هوای گرمی که از آنها عبور می کند، خنکای سایه را از بین می برد. در هر حال مرز مثبت یا منفی بودن جریان هوا بر راحتی چیست؟ ما به دنبال چنین پاسخی هستیم و تصور می کنیم که پرسش و پاسخ هر دو در طراحی از اهمیت ویژه ای برخوردارند. متأسفانه پژوهش های اندکی برای درک شرایط آسایش فضای باز انجام گرفته است. مهم ترین دلیل آن را می توان به پیچیدگی پارامترهای مؤثر در آسایش فضای خارجی، به دلیل تنوع فضایی و گستره وسیع فعالیت های افراد در سطح شهر است. مدل های فیزیولوژیکی خالص که در اغلب مطالعات آسایش حرارتی فضای داخل استفاده می شوند، مناسب فضاهای باز شهری نیستند. رویکرد صرفاً فیزیولوژیکی برای تعیین مشخصه شرایط آسایش حرارتی قطعاً کافی نیست و مردم برای بهبود شرایط خود به طور معمول از مکانیزم سازگاری با شرایط محیط استفاده می کنند. برای مثال از تغییر در گرمای ناشی از متابولیک با خوردن نوشیدنی های خنک، تغییر در فرم حرکتی و تغییر در انتظارات می توان نام برد.

در فصول مناسب سال، بسیاری از فعالیت های مردم در فضاهای باز شهری صورت می گیرد، حال آنکه در اوقات گرم به ویژه در اقلیم گرم و خشک، مردم از این امکان نمی توانند استفاده کنند. تابش مستقیم آفتاب و دمای شدید هوا باعث می شود که مردم بهره ای کمتر از فضاهای شهری ببرند. آنها ترجیح می دهند به درون بناها پناه برده تا به آسایش حرارتی برسند. از طرفی استفاده از فضاهای داخلی همگام با مصرف بیشتر انرژی است. اگر شهرساز این مسئله را مد نظر داشته باشد، بدون تردید می تواند با طراحی مناسب شهر، به بسط استفاده از فضاهای باز شهری و در نهایت به صرفه جویی مصرف انرژی و شادابی و طراوت شهر کمک کند.

در سطح شهر، اولین روش تعدیل حرارتی، استفاده از سایه است. اگر سایه اندازی مناسب شهری به وجود نیاید، افراد در معرض تابش مستقیم آفتاب، باز تابش آسمان و باز تابش کف گرم خیابان ها و پیاده روها خواهند بود. در نتیجه این موارد، بار گرمایی ناشی از امواج بلند و کوتاه تابشی غیر قابل تحمل بوده و مردم مجبور به ترک فضاهای شهری خواهند شد. برای سایه انداز شهری می توان از درختان، گیاهان، سقف های نازک و سبک، ارتفاع ساختمان ها و دیگر سایه سازهای مرسوم استفاده کرد. نکته ای که به ذهن متبادر می شود آن است که آیا سایه همواره عامل آسایش شهری است یا باید در کنار آن به مسائل و موارد دیگر توجه داشت. به بیانی بهتر، اگر فضا سایه دار شد، آیا امکان استفاده از آن با هر شرایط دیگری وجود دارد؟ به یقین جواب

مطالعات پیشین

در دمای کمتر از ۲۳ درجه (سرد) حدود ۶۰٪ درخواست کاهش جریان هوا، در دمای بیش از ۲۶ درجه حدود ۷۰٪ درخواست افزایش جریان هوا و در بین این دو حد بیش از ۸۵٪ درخواست عدم تغییر در شدت جریان هوا هستند. سایر مطالعات، اگر چه انگشت شمارند، به نتایجی مشابه رسیده اند که از ذکر آنها پرهیز می کنیم.

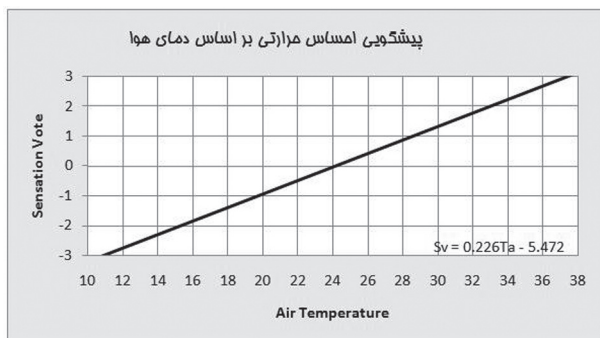
روش شناسی

در کفایت مطالعات نرم افزاری به دو دلیل شک است. یکم چنین برنامه هایی در شرایطی خاص و برای مکانی خاص طراحی می شوند. سرایت آن به مکان های دیگر همواره شایسته نیست، به ویژه از بُعد مسائل اجتماعی و تفریق فرهنگی که هر دو در طراحی معماری و شهرسازی نقش اساسی به عهده دارند. دوم عواملی که مد نظر پژوهشگر است، لزوماً در کانون توجه طراح نرم افزار نباید قرار داشته باشند، از این رو انتظار نتایج مطابق با واقع بیهوده است.

در مطالعه حاضر از روش پژوهش میدانی مستقیم استفاده شده است. روش خود را از نیکل (Nicol, 1993) به عاریت گرفته ایم.

در ایران هیچ مطالعه مشابهی صورت نگرفته است. در سال ۱۹۹۴ گیونی (Givoni, 1994) و در سال ۱۹۹۹ هیمفریز (Humph-erys, 1999) در این مورد پژوهش های قابل توجهی داشتند. گیونی حد آسایش و عدم آسایش ناشی از جریان هوا را بین ۲۹ تا ۳۰ درجه سانتی گراد ذکر کرد و همفریز تا ۳۰/۸ برای مردم اروپا آن را تغییر و افزایش داد. دیگر پژوهشگران از جمله (Rohles, Fountain, 1991)، (Tanabe, et al, 1989)، (Fountain, et al, 1974)، (Arens, et al, 1998) & (Mayer, 1992)، (tain, et al, 1994) به این نتیجه رسیده و تاکید داشته اند که جریان هوا تاثیر قابل توجهی در رسیدن به آسایش حرارتی یا عدم آسایش حرارتی افراد دارد. تافتون (Toftum, 2004) پس از مطالعه پایگاه اطلاعاتی دی دیر به این نتیجه رسید که مردم در شرایط دمایی کمی سرد تا کمی گرم به جریان هوا حساس اند. او به این منظور مسئله را در سطح جریان هوای زیر ۰/۱۵ متر بر ثانیه و بیشتر از آن بررسی کرد. حاصل مطالعه اش این بود که وقتی افراد در حالت خنکی یا کمی گرم هستند، درخواست جریان هوای بیشتری دارند. در همین مورد زنگ و همکارانش (Zhang, et al, 2005) دریافتند که

بود که با توجه به اندازه لباس خانم‌ها به جهت مسائل فرهنگی، نرخ معمول و قابل قبولی است. انتظار می‌رفت که متوسط احساس حرارتی بر مقیاس هفتگانه اشری بین ۱ تا ۲ باشد، لیکن خلاف انتظار، این میزان از ۰/۸ یا کمی گرم‌تر بود. شیب منحنی راحتی نیز مطلوب که در نیم راه شیب پیشنهادی فانگر (Fanger, 1970) و منطبق با انگاره همفریز (Humphreys, 1976) قرار گرفت. شیب حداقل مربوط به شهر شیراز (که نشان می‌دهد سازگاری نزدیک به کامل) و شیب حداکثر مربوط به سمنان است که نشان می‌دهد سازگاری در آن ناقص صورت گرفته است. در طول مطالعه به دفعات با دماهای بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و جریان هوای متغیر بین صفر تا یک متر بر ثانیه برخورد داشتیم. در نمودار ۱ احساس حرارتی و دمای هوا را برای همه شهرها، تلاقی داده‌ایم تا هم به تغییرات ناشی از دمای هوا و هم تاثیر آن را بر احساس حرارتی برسیم. در این نمودار شیب خط حدود ۰/۲۲ و فاصله ۲۰ تا ۲۸/۳ حد راحتی در دو پهلوی گرم و سرد است. این نتایج با نتایج مطالعات آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری کاملاً تطابق دارد.



نمودار ۱- برهم کنش احساس حرارتی با دمای هوا در شش شهر مورد مطالعه فصل گرم.

تجزیه و تحلیل نتایج

همانگونه که ذکر شد، احساس حرارتی با مقیاس هفتگانه اشری و درخواست حرارتی با مقیاس سه‌گانه مکین‌تایر اندازه‌گیری شد. در نمودار ۲، سه برخورد مختلف ناشی از برهم کنش این دو متغیر دیده می‌شود. زمانی که پاسخ‌دهندگان عدم

خواننده علاقمند برای درک کامل روش مطالعه می‌تواند به مرجع مذکور مراجعه داشته باشد.

مطالعه میدانی

شش شهر واقع در اقلیم گرم و خشک ایران انتخاب شدند تا مطالعه وسیع میدانی در آنها صورت گیرد. پرسشنامه طراحی شده به صورت تصادفی در سطح شهرهای انتخاب شده در اختیار افراد قرار داده شد. تاریخ و تعداد برگ پرسشنامه به تفکیک مکان ثبت و نتایج به نرم افزار محاسباتی اکسل منتقل می‌شد. همزمان با پاسخگویی افراد، دو دستگاه دیتا لوگر (هوک-۵۵۰) به صورت اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا و رطوبت نسبی را منظم و با فاصله ۳۰ ثانیه ضبط می‌کردند. جریان هوای به وسیله یک دستگاه سنجش از نوع (سالموت-۱۲۰) در دو جهت عمود برهم، سرعت حرکت را ثبت می‌کرد. دستگاه‌ها از یک فرد به فرد بعدی منتقل و از نظر تابش و فاصله از دیوار و کف خیابان کنترل می‌شدند. نرخ لباس بر اساس جدول استاندارد آیزو-۳۳۷۰ و نرخ فعالیت بر اساس معیار اشری-۵۵ همزمان محاسبه می‌گردید. پرسش‌ها به شرح زیر در پرسشنامه قرار داشتند:

- ۱ احساس حرارتی با مقیاس هفتگانه اشری
- ۲ ترجیح حرارتی با مقیاس سه‌گانه مکین‌تایر
- ۳ ترجیح جریان هوا با مقیاس پنجگانه
- ۴ پرسش‌های شخصی از قبیل سن، وزن

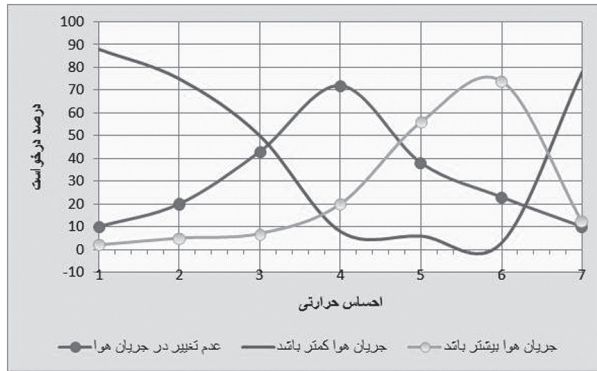
نتایج و اطلاعات

جدول ۱ مشخصات اقلیمی و کدهای کار میدانی را نشان می‌دهد. این مطالعه در نیمه اول تیرماه ۱۳۸۱ آغاز و در پایان مرداد ماه خاتمه یافت. جمعاً ۱۸۹۵ دسته اطلاعات فردی و آب و هوایی جمع‌آوری گردید.

معدل دمای تابستانی از حداقل ۲۵/۸ در کرمان تا حداکثر ۳۰/۴ درجه سانتی‌گراد در یزد ثبت گردید. در چنین شرایطی رطوبت نسبی در کلیه زمان‌های مطالعه میدانی زیر سی درصد بود. برای نرخ فعالیت با انحرافی به اندازه ۰/۲ از حالت استراحت، متوسط ۱/۴ (مت) ثبت شد. نرخ لباس نیز از متوسط ۰/۷ (کلو) برخوردار

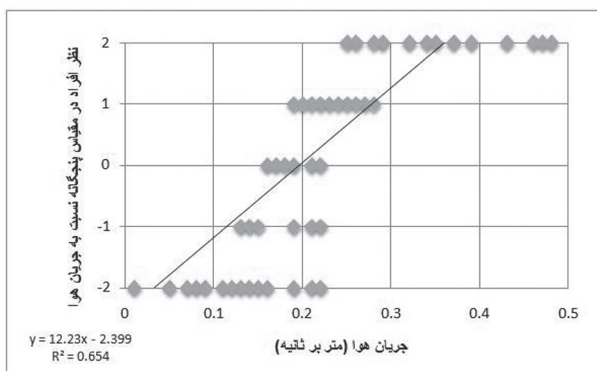
جدول ۱- مشخصات اقلیمی و نتایج خلاصه شده میدانی در شش شهر مورد مطالعه.

کرمان	اصفهان	یزد	سمنان	شیراز	زاهدان	
۲۵/۸	۲۷/۵	۳۰/۴	۲۹/۸	۲۷/۶	۲۷/۷	معدل دما تابستانی
۲۰	۲۴	۱۸	۳۰	۲۲	۱۶	معدل رطوبت تابستانی
۳۴۴	۴۰۸	۲۹۶	۲۷۵	۲۸۳	۲۸۹	تعداد پرسش‌نامه
۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۶۸	نرخ لباس
۱/۴۶	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۵۹	۱/۳۱	۱/۳۵	نرخ فعالیت
۰/۸۶	۱/۱۵	۰/۹۹	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۶۶	متوسط احساس حرارتی
۲۶/۷	۲۷/۸	۲۹/۷	۳۰/۲	۲۶/۹	۲۹/۴	دمای راحتی
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۴	شیب منحنی راحتی



نمودار ۲- برخورد مختلف افراد ناشی از برهم کنش دو متغیر احساس حرارتی و جریان هوا در قالب درخواست حرارتی.

ضریب همبستگی بالا و شیب کمتر از $0/13$ درجه، نشان از موفقیت انگاره مطرح شده دارد. چنین نموداری تأیید کننده و در توافق کامل با کار میدانی زنگ و همکارانش (Zhang, et al, 2005)، همچنین تافتون (Toftum, 2004) است که قابل اعتماد بودن آن را نشان می‌دهد. دمای متعادل همزمانی بین 24 تا 26 درجه سانتی گراد است. در این دامنه افراد جریان هوای بین $0/15$ و $0/25$ متر بر ثانیه را مطلوب دانسته و خواهان عدم تغییر آن هستند، درحالی‌که جریان هوای بالاتر از $0/25$ متر بر ثانیه را با درخواست کم کردن جریان هوا و درخواست کمتر از $0/15$ متر بر ثانیه را با درخواست افزونی جریان هوا هماهنگ کرده‌اند. این مسئله به خوبی حساسیت افراد را در مقابل جریان هوا نشان می‌دهد.



نمودار ۳- رابطه بین جریان هوا و نظر افراد نسبت به آن.

پیش تر ذکر شد که جریان هوا با متغیر اختصاصی چون نرخ لباس در ارتباط کامل است. جریان هوا از آن جهت اهمیت دارد که با تبخیر عرق و ایجاد جریان مناسبی در محاذات پوست بدن، به خنکی انسان کمک می‌کند. هر چه افراد پوست خود را در معرض جریان هوا قرار دهند، مطمئناً از خنکی بیشتری برخوردار خواهند شد. به همین جهت است که مردم مناطق گرم، از لباس‌های گشاد استفاده کرده تا هوا را به پوست خود بهتر برسانند و به همین دلیل است که ما در اوقات گرم و زمان استفاده از اتومبیل، تلاش داریم بدن خود را از صندلی دور کرده و اصطلاحاً جلو می‌آییم. این پدیده باعث می‌شود که عرق بدن ما خشک و در نتیجه خنک شویم. زمانی که جریان هوا نزدیک به صفر است، فرد دما را

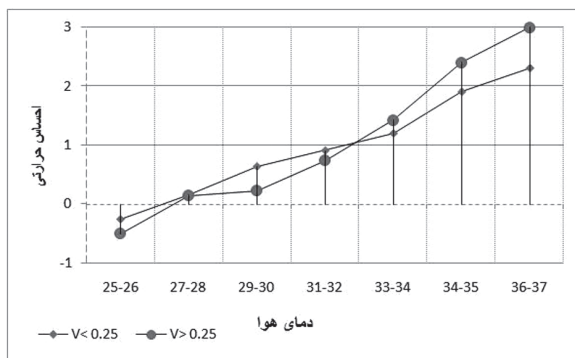
هرگونه تغییر در جریان هوا را خواهان بودند، احساس حرارتی بین کمی سرد و کمی گرم در حداکثر شدت خود قرار دارد. شکل زنگوله‌ای خط عدم تغییر و تقارن کامل آن، نشان می‌دهد که رفتار حرارتی در دو طرف منحنی، چه پهلوی سرد و چه پهلوی گرم برای افراد تأثیر حرارتی مشابه و یکنواخت به همراه داشته‌است. در حالی که در شرایط خیلی سرد فقط 10 درصد از افراد خواهان تغییر بوده‌اند، در شرایط خیلی گرم نیز همین اتفاق رخ داده‌است. حداکثر درخواست عدم تغییر در شرایط خنثی اتفاق افتاده که نشان می‌دهد متجاوز از 70 درصد پاسخ‌دهندگان تمایلی به هیچگونه تغییری در جریان هوا نداشته‌اند. چولگی منحنی «جریان هوای بیشتر» به سمت پهلوی گرم است که در بین راه دو حالت «کمی گرم» و «گرم» به حدود 80 درصد می‌رسد با این تفاوت که در حالت «خیلی گرم» کاهش شدیدی از خود نشان داده و به مرز حدود 10 درصد کشیده شده‌است. در چنین وضعیتی داده‌ها نشان می‌دهند که دمای هوا بالاتر از 22 درجه سانتی‌گراد بوده‌است. در شرایط «سرد» و در هر سه مقیاس پایین، حداکثر درخواست تغییر به متوسط 5 درصد می‌رسد که نشان دهنده عدم قدرت سازگاری و تطبیق با جریان هوا، به ویژه در دماهای زیر 20 درجه است. حداکثر درخواست توقف جریان هوا (حدود 90 درصد) زمانی رخ می‌دهد که افراد در حالت «خیلی سرد» (کمتر از 15 درجه سانتی‌گراد) هستند. این متغیر در حالت «خنثی» خود را به حدود 7 درصد می‌رساند تا مجدداً حرکت نوسانی را به 80 درصد در حالت «خیلی گرم» برساند. تقاطع دو خط «جریان هوا تغییر نکند» و «جریان هوا بیشتر» باشد، در نزدیکی حالت «کمی گرم» اتفاق افتاده‌است که با مطالعه آرن (Arens, 1998) توافق دارد.

اگر بخواهیم نتیجه‌ای بر تحلیل این نمودار داشته باشیم می‌شود اذعان کرد که حداکثر درخواست تغییر در پهلوی گرم مقیاس هفتگانه اشری اتفاق می‌افتد که این تغییر در حداکثر مقدار خود به حالت «کمی گرم» متمایل و در حداقل مقدار خود اندکی پایین تر از حالت «گرم» است. به دیگر بیان فاصله $0/7$ تا $1/9$ از مقیاس هفتگانه، فاصله معقول این تغییر است که با فاصله دمایی $27/2$ تا $32/0$ درجه سانتی‌گراد در تطابق است. در شرایط خیلی سرد بیش از 90 درصد افراد جریان هوای کمی را درخواست که در شرایط خیلی گرم نیز این اتفاق افتاده است. چنین نتیجه متقارنی نشان می‌دهد که جریان هوا در حداکثرهای دمایی گرم و سرد رفتاری مشابه دارد. این مسئله در تضاد با نظر بسیاری افراد است که باور دارند جریان هوا را فقط در شرایط سرد باید متوقف کرد. نتایج این مطالعه ضرورت قطع جریان هوا در شرایط خیلی گرم را نیز اثبات می‌کند.

از طرفی دیگر، مطالعه داده‌ها با توجه به نظر مستقیم افراد در مورد شدت و ضعف جریان هوا نیز اساسی و روشن کننده است. نمودار سه این مسئله کلیدی و مهم را نشان می‌دهد. در نمودار رابطه بین اندازه جریان هوا با واحد متر بر ثانیه و نظر افراد در مقیاس پنجگانه نشان داده شده است. توزیع نظر کاملاً متقارن که در حدود $0/2$ متر بر ثانیه خط صفر را قطع می‌کند.

بحث در نتایج

بر اساس آنچه که آورده شد، می توان نتیجه را به بحث گذاشت. نمودارهای ۲ و ۳ مرز جریان هوای مورد درخواست را در بین دو حد ۰/۳ متر بر ثانیه و ۰/۴ تعیین می کنند. از این رو می توان دریافت که جریان هوای ۰/۲۵ متر بر ثانیه، به عنوان مرز قابل استفاده است. با توجه به این نکته، داده ها به دو دسته تقسیم شدند، یکم، داده هایی که در سرعت هوای کمتر از ۰/۲۵ متر بر ثانیه اخذ شده اند و دوم، داده هایی که در سرعت بالاتر از آن، جمع آوری گردیده اند. نمودار ۶ نتایج کار را بر اساس احساس حرارتی و دمای طبقه بندی شده هوا نشان می دهد. از شکل پیداست که در دمای ۲۷ و ۲۸ درجه سانتی گراد هیچ تفاوتی در احساس حرارتی ناشی از تاثیر سرعت جریان هوا وجود ندارد. دلیل آن این است که دمای خنثی مناطق گرم کشور بر اساس مطالعات نگارنده حدود ۲۸ درجه است. اما در دمای ۲۹ تا ۳۲ سرعت هوای بیشتر باعث آسایش حرارتی بیشتری می گردد. جالب اینکه در دمای بالاتر، سرعت هوا تاثیر منفی دارد و احساس حرارتی را به سمت عدم آسایش بیشتر سوق می دهد. نقطه تلاقی این دو خط، دمای ۳۲/۵ درجه سانتی گراد است. در واقع در دمای کمتر از ۳۲/۵ درجه، جریان هوا تاثیر مثبت و در دمای بیشتر از آن اثر منفی بر آسایش حرارتی دارد. این نکته کلیدی بی تردید در طراحی فضاهای باز شهری و حتی فضاهای باز در معماری با تکیه بر آسایش حرارتی بسیار موثر و تعیین کننده است.



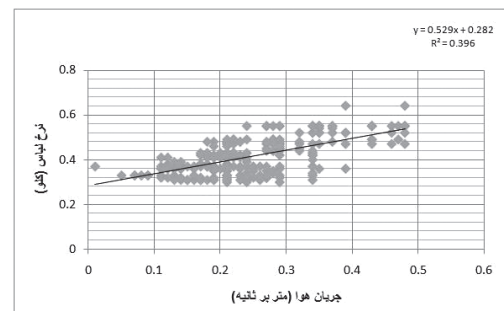
نمودار ۶- آسایش حرارتی و تغییرات آن در دماهای مختلف بین دو دسته جریان هوا.

نکته دیگر آن است که دریابیم آیا در سرعت هوای بیشتر از ۰/۲۵ متر بر ثانیه و در دمای ۳۲/۵ درجه سانتی گراد افراد از عواملی دیگر چون کوران احساس عدم آسایش دارند یا نه؟ ایزو-۷۳۰- شرایط عدم راحتی را تابع فرمول زیر می داند:

$$DR = (34 - T_a) * (V - 0.05)^{0.52} * (0.37 V T_u + 3.14)$$

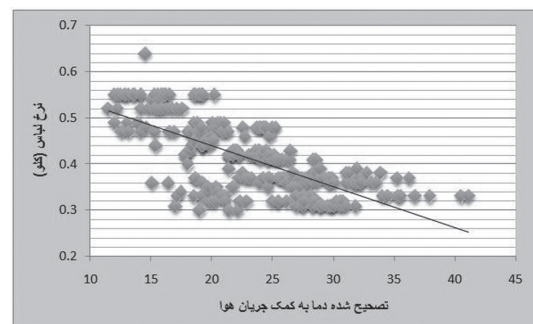
DR کوران، T_a دمای هوا و V سرعت جریان هواست. در این فرمول سه عامل دما، جریان هوا و کوران دخالت دارند. اگر برای دو مقدار مذکور محاسبه خود را انجام دهیم در این صورت عدم رضایت از جریان هوا برابر ۱۳٪ خواهد بود. اگر مقدار جریان هوا را یکبار به ۰/۴ و بار دیگر به ۰/۶ متر بر ثانیه در همان دما

به وسیله جابجایی از دست می دهد. میزان جابجایی هوا بستگی به اختلاف دما از سطح لباس، دمای فضا، نوع نشستن، تنگی و گشادگی لباس و اجسام در فضا دارد. زمانی که فرد حرکت می کند، یا هوا حرکت دارد، در اطراف بدن فرد جریان اغتشاشی هوا به وجود می آید. این اغتشاش دمای از دست رفته بدن را افزایش می دهد. با توجه به این مثال ها، خواننده درک نسبی از ارتباط بین جریان هوا، نرخ لباس و اهمیت آن پیدا می کند. در این راستا نمودار ۴ ارتباط دو مولفه نرخ لباس و میزان جریان هوا را به خوبی نشان می دهد. با افزایش جریان هوا نرخ لباس رو به فزونی می گذارد. این ارتباط با شیبی حدود ۵۰ درصد و عرض از مبدا حدود ۰/۳ که حداقل لباس است، به مرز ۰/۷ کلو که حداکثر لباس تابستانی است در دامنه جریان هوای بین صفر تا ۰/۵ متر بر ثانیه برقرار است.



نمودار ۴- ارتباط و همبستگی بین نرخ لباس و میزان جریان هوا.

فرض استاندارد اشیری و ایزو بر این است که به ازای ۰/۱ متر بر ثانیه جریان هوا، حدود ۲ درجه سانتی گراد از دمای در معرض افراد کم می شود. به همین جهت نگارنده تصمیم گرفت که تصحیحی در دمای اخذ شده در زمان پرسشنامه ها انجام دهد. نمودار ۵ رابطه بین دمای تصحیح شده و نرخ لباس را نشان می دهد. نمودار مجدداً و به خوبی نشان می دهد که چه تناسب قوی بین دمای تصحیح شده و نرخ لباس وجود دارد. در دمای بالا و نزدیک به ۴۰ درجه نرخ لباس به شدت کاهش پیدا می کند. این کاهش قدرت سازگاری شهروندان را با جریان هوا و دمای هوا نشان می دهد. نتیجه مثبت آن است که حدود طراحی در این شرایط توسعه می شود، در حالیکه خیلی از معماران و شهرسازان به غلط تصور می کنند که این دو متغیر کار طراحی آنها را تعیین خواهد کرد و عملاً در مقابل این دو عامل طبیعی کاملاً دست بسته عمل می کنند.



نمودار ۵- ارتباط بین دمای تصحیح شده به کمک جریان هوا و نرخ لباس.

برای پذیرش جریان هواست. اما نتایج این مطالعه و مطالعات قبل از آن ((Givoni, 1994), (Humphreys, 1999)) نشان می‌دهند که چنین تئوری درست نبوده و حسگرهای سطح پوست، ناشی از عوامل مختلف درجه حساسیت متفاوتی دارند.

افزایش دهیم میزان نارضایتی از جریان هوا به ۰/۲۴ و ۰/۳۷ درصد خواهد رسید. لذا نگرانی در مورد کوران و تاثیر منفی آن بی‌مورد است. عده‌ای اعتقاد دارند که دمای سطح پوست، مرز قابل قبولی

نتیجه

در فضای شهری نیز از کوچه‌های پرسایه و گود در عین ایجاد امکان ورود هوای مناسب به داخل آن، استفاده می‌کردند. امروزه برعکس با ایجاد ساختمان‌های بلند و خط آسمان مغشوش، هم به گرم کردن هوا و هم به سرعت بخشی آن دامن زده می‌شود، غافل از آنکه جداره‌های شهر در چه گرمای وحشتناکی قرار می‌گیرند و این باد تا چه اندازه مخرب است. در مقاله حاضر مشخص شد که نقطه مرزی قابل قبول جریان هوا ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد است. به کمک این عدد مرز استفاده از جریان هوا هم برای شهرساز و هم برای معمار و تطبیق آن با شیوه‌های طراحی و عناصر معماری و شهری میسر خواهد بود.

در این مقاله به دنبال یافتن مرز قابل قبول دمایی برای مطلوبیت جریان هوا بودیم. موردی که تاکنون و در ایران مطالعه مدونی در باره آن انجام نشده است. در طول روز بادها در مناطق گرم سرعت زیادی دارند و طراح شهر به خوبی نمی‌تواند این نکته را تشخیص دهد که این باد برای استفاده کنندگان از فضای شهری مطلوب است یا خیر؟ حتی در فضاهای داخلی تشخیص آنکه تهویه در چه دمای بیرونی برای داخل مطلوب و در چه دمایی نامطلوب است نیز امری مشکل است. در گذشته به صورت حدس و گمان سعی می‌کردند تا جریان هوا را ابتدا خنک و بعد به داخل راه دهند. استفاده از بادگیر، راه‌حلی برای تفوق بر این مسئله بود. از طرفی

فهرست منابع

Nicol, J. F. (1993), *Thermal Comfort- A Handbook for Field Studies toward An Adaptive Model*. School of Architecture, University of East London, London.

Rohles, F et al. (1974), The Effect of Air Movement and Temperature on the Thermal Sensations of Sedentary Man, *ASHRAE Transactions*, Vol. 80 (1), p

Tanabe, S and Kimura, K (1989), *Thermal Comfort Requirements under Hot and Humid Conditions*, Proceedings of the First ASHRAE Far East Conference on Air Conditionin

Toftum, J (2004), Air Movement – Good or Bad? *Indoor Air*, Vol. (14), pp 40-45.

Arens, E A, Xu, T, Miura, K, Zhang, H, Fountain, M E and Bauman, F (1998), A Study of Occupant Cooling by Personally Controlled Air Movement, *Building and Energy*, Vo27, pp 45-59.

Fountain, M E, Arens, E, de Dear, R, Bauman, F and Miura, K (1994), Locally Controlled Air Movement Preferred in Warm Isothermal Environments, *ASHRAE Transactions*, Vol. 100 (2), pp 937-952.

Fanger, P. O. (1970), *Thermal Comfort*, Danish Technical Press, Copenhagen.

Givoni, B. (1994), *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*, New York, Van Nostrand Reinhold

Humphreys, M. A. (1999), *The Relationship Between Scales of Comfort and Scales of Warmth*, UK Thermal comfort group meeting, University of Sheffield, Sep.

Humphreys, M. A. (1976), Field studies of thermal comfort: compared and applied, *Building Services Engineer*, 44, pp. 5-27.

Hui Zhang, Edward Arens, Sahar Abbaszadeh Fard, Charlie Huizenga, Gwelen Paliaga*, Gail 8- Brager, Leah Zagreus (2005), *Air movement preferences observed in office buildings*, Report of Center for the Built Environment - UC Berkeley, Berkeley, CA USA

ISO 7730 (1994), *Moderate Thermal Environments- Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*, 2nd edition, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Mayer, E (1992), *New Measurements of the Convective Heat Transfer Coefficients: Influences of Turbulence, Mean Air Velocity and Geometry of Human Body*, Proceedings of ROOMVENT'92, Lyngby, Danish Association of HVAC Engineers