نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی • دوره ۱۷ • شماره ۲ • تابستان ۱۳۹۱

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

باروچ‌گیونی معتقداست که جریان هوا در فضاهای شهریِ 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 ادامه‌دهند. این نظر گیونی را نباید به اقلیم گرم وخشک و یا سرد تعمیم دهیم. در اقلیم گرم وخشک، جریان هوا تابعِ 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 برآسایش منفی‌است. هدف اصلی این گفتار پاسخ این پرسش است که مرز دمایی بین آسایش و عدم‌آسایش در فضاهای شهری ناشی از جریان هوا، در سرعت‌های مختلف چیست؟ به دیگر عبارت، برهم‌کنش 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 به‌خدمت می‌گیرد. از این راه او می‌تواند به تطبیق الگوی جریان‌هوا با الگوی دما دست یابد. این مطالعه به اقلیم گرم وخشک 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 گرم‌وخشک ایران خواهدبود.

واژه های کلیدی

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

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

مقدمه

در فصول مناسب سال، بسیاری از فعالیت‌های مردم در فضاهای باز شهری صورت‌می‌گیرد، حال آنکه در اوقات گرم به‌ویژه در اقلیم گرم‌وخشک، مردم از این امکان نمی‌توانند استفاده کنند. تابش مستقیم آفتاب و دمای شدید هوا باعث می‌شود که مردم بهره‌ای کمتر از فضاهای شهری ببرند. آنها ترجیح می‌دهند به‌درون بناها پناه برده تا به آسایش‌حرارتی برسند. از طرفی استفاده از فضاهای داخلی همگام با مصرف بیشتر انرژی‌است. اگر شهرساز این مسئله را مدِ نظر داشته‌باشد، بدون تردید می‌تواند با طراحی مناسب شهر، به بسط استفاده از فضاهای بازشهری و در نهایت به صرفه‌جویی مصرف‌انرژی و شادابی و طراوت شهر کمک‌کند.

در سطح شهر، اولین روشِ‌تعدیلِ‌حرارتی، استفاده از سایه‌است. اگر سایه‌اندازی مناسبِ شهری به‌وجود نیاید، افراد در معرض تابش مستقیم آفتاب، بازتابش آسمان و بازتابش کف‌گرم خیابان‌ها و پیاده‌روها خواهندبود. در نتیجه این موارد، بارَ گرمایی ناشی از امواج بلند وکوتاهِ تابشی غیرقابل تحمل بوده و مردم مجبور به ترک فضاهای‌شهری خواهندشد. برای سایه‌انداز شهری می‌توان از درختان، گیاهان، سقف‌های نازک‌وسبک، ارتفاع ساختمان‌ها و دیگر سایه‌سازهای مرسوم استفاده‌کرد. نکته‌ای که به ذهن متبادر می‌شود آن است که آیا سایه همواره عامل آسایش شهری است یا باید در کنار آن به مسائل و موارد دیگر توجه‌داشت. به‌بیانی بهتر، اگر فضا سایه دار شد، آیا امکان استفاده از آن با هر شرایط دیگری وجود دارد؟ به‌یقین جواب منفی‌است. عوامل الزامی دیگری باید کمک‌کنند تا فضای سایه‌دار قابل‌تحمل باشد. عواملی مثل، نوع سایه‌انداز، نرخ‌فعالیت، نوع و نرخ‌لباس، دمای‌محیط، جریان‌هوا و رطوبت از اُمهات تاثیرگذار بر قابلِ تحمل شدنِ حرارتی فضاهستند. در بین این موارد، جریان هوا نقش اساسیِ را به عهده دارد. از یک نگاه، عاملی برای خنکی است و از نگاهی دیگرعامل مخربی برای خنکی در شهر است. در استفاده از سایه به وسیله درخت و یا عناصر سقفی باید جریانِ هوای گرمی که از آنها عبور می‌کند، خنکای سایه را از بین می‌برد. 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 ویژه‌ای برخوردارند. متاسفانه پژوهش‌های اندکی برای درک شرایط آسایش فضای باز انجام گرفته‌است. مهم‌ترین دلیل آن‌را می‌توان به‌پیچیدگی پارامترهای مؤثر در آسایش فضای خارجی، به‌دلیل تنوع فضایی و گستره وسیع فعالیت‌های افراد در سطح شهراست. مدل‌های فیزیولوژیکی خالص که در اغلب مطالعات آسایش حرارتی فضای داخل استفاده می‌شوند، مناسب فضاهای باز شهری نیستند. رویکرد صرفاً فیزیولوژیکی برای تعیین مشخصه شرایط آسایش حرارتی قطعاً کافی نیست و مردم برای بهبود شرایط خود به‌طور معمول از مکانیزم سازگاری با شرایط محیط استفاده می‌کنند. برای مثال از تغییر در گرمای ناشی از متابولیک با خوردن نوشیدنی‌های خنک، تغییر در فرم حرکتی وتغییر در انتظارات می‌توان نام‌برد.

مطالعات پیشین

در ایران هیچ مطالعه مشابهی صورت نگرفته‌است. در سال ۱۹۹٤ گیونی (Givoni,1994) و در سال ۱۹۹۹ هیمفریز (Humph-erys,1999) در این مورد پژوهش‌های قابل توجهی داشتند. گیونی حد آسایش و عدم آسایش ناشی از جریان هوا را بین ۲۹ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد ذکرکرد و همفریز تا ۳۰/۸ برای مردم اروپا آن را تغییر و افزایش داد. دیگر پژوهشگران از جمله (Rohles, et al,1974)، (Tanabe, et al,1989)، (Fountain,1991)، (Foun-tain, et al,1994)، (Mayer,1992) & (Arens, et al,1998 به این نتیجه رسیده و تاکید داشته‌اند 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 حساس‌اند. او به این منظور مسئله را در سطح جریان هوای زیر ۰/۱۵ متر بر ثانیه و بیشتر از آن بررسی کرد. حاصل مطالعه‌اش این بود که وقتی افراد در حالت خنثی یا کمی گرم هستند، درخواست جریان هوای بیشتری دارند. در همین مورد زنگ و همکارانش (Zhang, et al, 2005) دریافتند که در دمای کمتر از ۲۳ درجه (سرد) حدود ٦۰% درخواست کاهش جریان هوا، در دمای بیش از ۲٦ 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، به‌نتایجی مشابه رسیده‌اند که از ذکر آنها پرهیز می‌کنیم.

روش شناسی

در کفایت مطالعات نرم افزاری به دو دلیل شک است. یکم چنین برنامه‌هایی در شرایطی خاص و برای مکانی خاص طراحی می‌شوند. سرایت آن به مکان‌های دیگر همواره شایسته نیست، به‌ویژه 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 نرم‌افزار نباید قرارداشته‌باشند، ازاین‌رو انتظار نتایج مطابق با واقع بیهوده‌است.

در مطالعه حاضر از روش پژوهش میدانی مستقیم استفاده شده‌است. روش خود را از نیکل (Nicol,1993) به عاریت گرفته‌ایم.

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

مطالعه‌میدانی

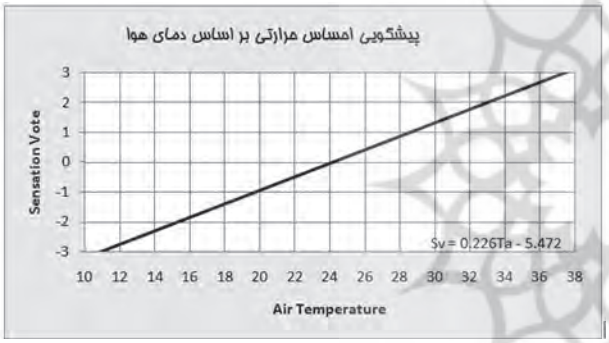
شش شهر واقع در اقلیم گرم وخشک ایران انتخاب شدند تا مطالعه وسیع میدانی در آنها صورت گیرد. پرسشنامه طراحی‌شده به‌صورت تصادفی در سطح شهرهای انتخاب شده در اختیار افراد قرار داده‌شد. تاریخ و تعداد برگ پرسشنامه به‌تفکیک مکان ثبت و نتایج به نرم افزار محاسباتی اکسل منتقل می‌شد. همزمان با پاسخگویی افراد، دو دستگاه دیتا لوگر (هوگ-۵۵۰) به صورت اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا و رطوبت نسبی را منظم و با فاصله ۳۰ ثانیه ضبط می‌کردند. جریان هوا نیز 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 براساس معیار اشری-۵۵ همزمان محاسبه می‌گردید. پرسش‌ها به‌شرح زیر در پرسشنامه قرارداشتند:

۱ احساس حرارتی با مقیاس هفتگانه اشری
۲ ترجیح حرارتی با مقیاس سه‌گانه مکین‌تایر
۳ ترجیح جریان هوا با مقیاس پنجگانه
٤ پرسش‌های شخصی ازقبیل سن، وزن

نتایج و اطلاعات

جدول ۱ مشخصات اقلیمی و کدهای کار میدانی را نشان می‌دهد. این مطالعه در نیمه اول تیرماه۱۳۸۱ 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 ۳۰/٤ درجه سانتی‌گراد در یزد ثبت گردید. در چنین شرایطی رطوبت نسبی در کلیه زمان‌های مطالعه میدانی زیر سی‌درصد بود. برای نرخ فعالیت با انحرافی به اندازه ۰/۲ از حالت استراحت، متوسط ۱/٤ (مت) ثبت‌شد. نرخ لباس نیز از متوسط ۰/۷ (کلو) برخوردار بود که با توجه به اندازه لباس خانم‌ها به‌جهت 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 کمی‌گرم کمتر بود. شیب منحنی راحتی نیز مطلوب که در نیم راه شیب پیشنهادی فانگر (Fanger,1970) و منطبق با انگاره همفریز (Humphreys,1976) قرارگرفت. شیب حداقل مربوط به شهر شیراز (که نشان می‌دهد سازگاری نزدیک به‌کامل) و شیب حداکثر مربوط به سمنان است که نشان‌می‌دهد سازگاری در آن ناقص صورت‌گرفته‌است. 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 آسایش‌حرارتی در فضاهای باز شهری کاملاً تطابق دارد.



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

تجزیه و تحلیل نتایج

همانگونه که ذکر شد، احساس‌حرارتی 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 دیده‌می‌شود. زمانی که پاسخ‌دهندگان عدم

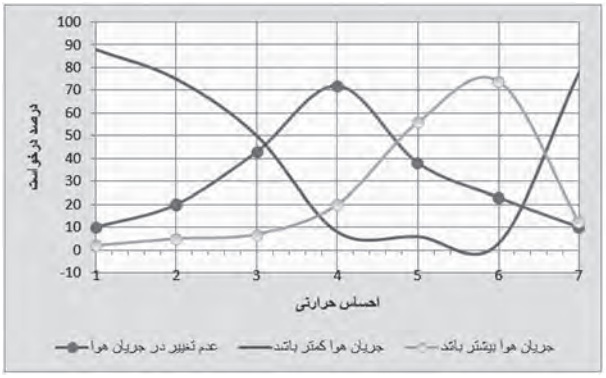
جدول ۱ - مشخصات اقلیمی و نتایج خلاصه شده میدانی در شش شهر مورد مطالعه.

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

هرگونه تغییر در جریان هوا را خواهان بودند، احساس حرارتی بین کمی سرد و کمی گرم در حداکثر شدت خود قراردارد. شکل زنگوله‌ای خط عدم تغییر و تقارن کامل آن، نشان می‌دهد که رفتار حرارتی در دوطرف منحنی، چه پهلوی‌سرد و چه پهلوی‌گرم برای افراد تاثیر حرارتی مشابه و یکنواخت به‌همراه داشته‌است. در حالی که در شرایط خیلی سرد فقط ۱۰ 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 ۷۰ 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 ۸۰ درصد می‌رسد با این تفاوت که در حالت «خیلی‌گرم» کاهش شدیدی از خود نشان‌داده و به مرز حدود ۱۰ درصد کشیده شده‌است. در چنین وضعیتی داده‌ها نشان می‌دهند که دمای هوا بالاتر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد بوده‌است. در شرایط «سرد» و در هر سه مقیاس پایین، حداکثر درخواست تغییر به متوسط ۵ درصد می‌رسد که نشان دهنده عدم قدرت سازگاری و تطبیق با جریان هوا، به ویژه در دماهای زیر ۲۰ درجه است. حداکثر درخواست توقف جریان هوا (حدود ۹۰ درصد) زمانی رخ می‌دهد که افراد در حالت «خیلی سرد» (کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد) هستند. این متغیر در حالت «خنثی» خود را به حدود ۷ درصد می‌رساند تا مجدداً حرکت نوسانی را به ۸۰ 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.

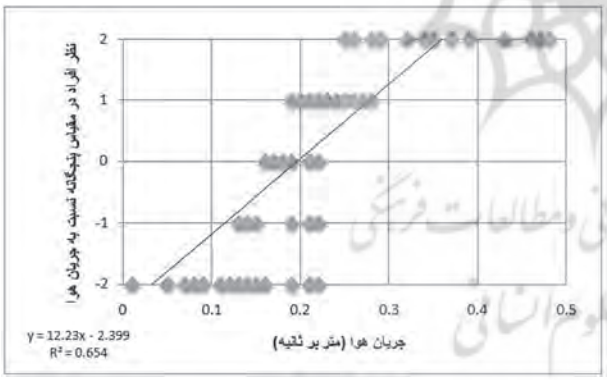
اگر بخواهیم نتیجه‌ای بر تحلیل این نمودار داشته‌باشیم می‌شود اذعان کرد که حداکثر درخواست تغییر در پهلوی گرم مقیاس هفتگانه اشری اتفاق می‌افتد که این تغییر در حداکثر مقدار خود به حالت «کمی گرم» متمایل و در حداقل مقدار خود اندکی پایین تر از حالت «گرم» است. به دیگر بیان فاصله ۰/۷ تا ۱/۹ از مقیاس هفتگانه، فاصله معقول این تغییر است که با فاصله دمایی ۲۷/۲ تا ۳۲/۰ درجه سانتی‌گراد در تطابق است. در شرایط خیلی سرد بیش از ۹۰ 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 متوقف‌کرد. 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 می دهد. 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 ۰/۲ متر بر ثانیه خط صفر را قطع می کند.



نمودار۲- برخورد مختلف افراد ناشی از برهم‌کنش دو متغیر احساس حرارتی و جریان هوا در قالب درخواست حرارتی.

ضریب همبستگی بالا و شیب کمتر از ۰/۱۳ درجه، نشان از موفقیت انگاره مطرح شده دارد. چنین نموداری تائید 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 ۲٤ تا ۲٦ درجه سانتی گراد است. در این دامنه افراد جریان هوای بین ۰/۱۵ و ۰/۲۵ متر بر ثانیه را مطلوب دانسته و خواهان عدم تغییر آن هستند، درحالیکه جریان هوای بالاتر از ۰/۲۵ متر بر ثانیه را با درخواست کم کردن جریان هوا و درخواست کمتر از ۰/۱۵ متر بر ثانیه را با درخواست افزونی جریان هوا هماهنگ کرده اند. این مسئله به خوبی حساسیت افراد را در مقابل جریان هوا نشان می دهد.

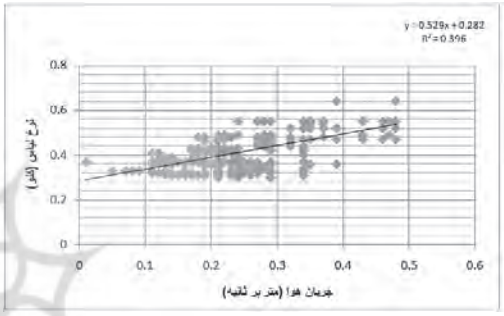


نمودار ۳- رابطه بین جریان هوا و نظر افراد نسبت به آن.

پیش تر ذکر شد که جریان‌هوا با متغیر اختصاصی چون نرخ لباس در ارتباط کامل‌است. 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 خواهندشد. به همین جهت است که مردم مناطق گرم، از لباس‌های گشاد استفاده‌کرده 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

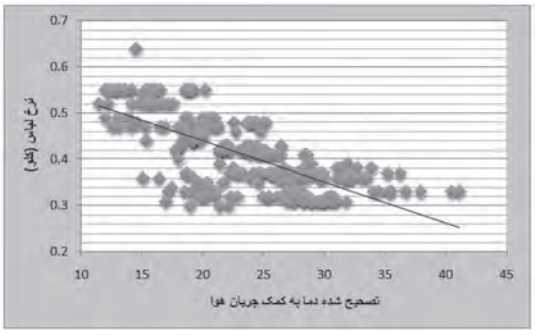
به وسیله جابجایی از دست می‌دهد. میزان جابجایی هوا بستگی به اختلاف دما از سطح لباس، دمای فضا، نوع نشستن، تنگی و گشادی لباس و اجسام در فضا دارد. زمانی که فرد حرکت می‌کند، یا هوا حرکت دارد، در اطراف بدن فرد جریان اغتشاشی هوا به‌وجود می‌آید. این اغتشاش دمای از دست رفته بدن را افزایش می‌دهد.

با توجه به این مثال‌ها، خواننده درک نسبی از ارتباط بین جریان هوا، نرخ لباس و اهمیت آن پیدا می‌کند. در این راستا نمودار ٤ ارتباط دو مولفه نرخ لباس و میزان جریان‌هوا را به‌خوبی نشان‌می‌دهد. با افزایش جریان هوا نرخ لباس رو به فزونی می‌گذارد. 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.

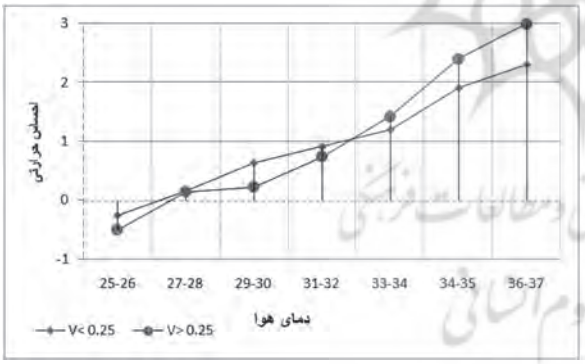
فرض استاندارد اشری و ایزو بر این است که به ازای ۰/۱ متر بر ثانیه جریان هوا، حدود ۲ درجه سانتی‌گراد از دمای درمعرض افراد کم می‌شود. به‌همین جهت نگارنده تصمیم گرفت که تصحیحی در دمای اخذ شده در زمان پرسشنامه‌ها انجام‌دهد. نمودار ۵ رابطه بین دمای تصحیح شده و نرخ لباس را نشان می‌دهد. نمودار مجدداً و به‌خوبی نشان می‌دهد که چه تناسب قوی بین دمای تصحیح‌شده و نرخ لباس وجود دارد. در دمای بالا و نزدیک به ٤۰ درجه نرخ لباس به شدت کاهش پیدا می‌کند. این کاهش قدرت سازگاری شهروندان را با جریان هوا و دمای هوا نشان می‌دهد. نتیجه مثبت آن است که حدود طراحی در این شرایط توسیع می‌شود، در حالیکه خیلی از معماران و شهرسازان به غلط تصور می‌کنند که این دو متغیر کار طراحی آنها را تحدید خواهدکرد و عملاً در مقابل این دو عامل طبیعی کاملاً دست بسته عمل‌می‌کنند.



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

بحث در نتایج

براساس آنچه که آورده‌شد، می‌توان نتیجه را به‌بحث گذاشت. نمودارهای ۲ و ۳ مرز جریان هوای موردرخواست را در بین دو حد ۰/۳ متربرثانیه و ۰/٤ تعیین‌می‌کنند. ازاین‌رو می‌توان دریافت که جریان هوای ۰/۲۵ متربرثانیه، به عنوان مرز قابل استفاده است. با توجه به این نکته، داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند، یکم، داده‌هایی که در سرعت هوای کمتر از ۰/۲۵ متر بر ثانیه اخذ شده‌اند و دوم، داده‌هایی که در سرعت بالاتر از آن، جمع‌آوری گردیده‌اند. نمودار ٦ نتایج کار را بر اساس احساس‌حرارتی و دمای طبقه‌بندی شده هوا نشان می‌دهد. از شکل پیداست که در دمای ۲۷ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد 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 می‌گردد. جالب اینکه در دمای بالاتر، سرعت هوا تاثیر منفی دارد و احساس حرارتی را به سمت عدم آسایش بیشتر سوق می‌دهد. نقطه تلاقی این دوخط، دمای ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراداست. در واقع در دمای کمتر از ۳۲/۵ درجه، جریان هوا تاثیر مثبت و در دمای بیشتر از آن اثر منفی بر آسایش‌حرارتی دارد. این نکته کلیدی بی‌تردید در طراحی فضاهای باز شهری و حتی فضاهای باز در معماری با تکیه بر آسایش‌حرارتی بسیار موثر و تعیین کننده‌است.



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- ۷۷۳۰ شرایط عدم راحتی را تابع فرمول زیر می‌داند:

$$DR = (34-Ta)*(V-0.05)^{0.52} * (0.37\ V\ Tu + 3.14)$$

DR کوران، Ta 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 ۰/٤ و بار دیگر به ۰/٦ متربرثانیه در همان دما

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 اعتقاددارند که دمای سطح پوست، مرز قابل قبولی برای پذیرش جریان‌هواست. 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.

نتیجه

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 نشده‌است. در طول روز بادها در مناطق گرم سرعت زیادی دارند و طراح شهر به‌خوبی 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 مشکل‌است. در گذشته به‌صورت حدس‌وگمان سعی می‌کردند تا جریان هوا را ابتدا خنک و بعد به‌داخل راه دهند. استفاده از بادگیر، راه‌حلی برای تفوق بر این مسئله بود. از طرفی در فضای شهری نیز از کوچه های 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. درمقاله حاضر مشخص شد که نقطه مرزی قابل‌قبول 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 معماری‌وشهری میسور خواهد بود.

فهرست منابع

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

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 Conditioninin

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