



ارزیابی آسایش در فضاهای باز شهری براساس شاخص‌های آسایش باد (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

سیدحمیدرضا روضاتی^{۱*} و عبدالحمید قنبران^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت‌دبیر شهیدرجایی، تهران
^۲ استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت‌دبیر شهیدرجایی، تهران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۴

Comfort Evaluation in Urban Open Spaces Based on Wind Comfort Criteria, Case Study: Isfahan

Seyed Hamidreza Rozati^{1*} & Abdolhamid Ghanbaran²

¹ MSc. Student of Urban Design, Faculty of Architecture and Urbanism, Teacher Training Shahid Rajaee University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Rajaee Teacher training University, Tehran, Iran

Abstract

Wind is one of the climate parameters that architecture and environmental designer have paid attention to it from past time till now. In some cases, wind flow in the urban open space is useful and it help to the natural ventilation and it causes improve human comfort and reduce energy consumption. On other hands in some cases wind flow causes reduce human comfort in urban open spaces. So in each climate architectures and other designer can decide how wind flow should control in the urban open spaces according to the wind comfort. In this article we want according to the Isfahan climate dates and statistical calculations and compared with wind comfort criteria, find the mount of the wind comfort criteria in the urban open spaces in Isfahan. So in this study three criteria consist of "Wind Chill Factor", "Beaufort Factor" and "Penwarden Factor" was used. The results of this study shown that wind flow just in the January cans reduce human comfort in open spaces and in the design of these spaces have to reduce the amount of the wind flow in this month. In other hand, in the June, July, August months, if the wind flow increase till 6m/s, the human comfort can improve. Wind flow in other month of year has favorable position and it can make human comfort so it is better that the wind speed keeps in the open space and street in this months.

Keywords: Wind Comfort, Urban Space, Natural Ventilation, Isfahan.

چکیده

باد از جمله عوامل اقلیمی می‌باشد که از گذشته مورد توجه معماران بوده است. در برخی از موارد وجود جریان‌های باد در فضاهای باز شهری، به تهویه طبیعی کمک می‌نماید. از سویی در برخی از موارد، وجود باد در این فضاها سبب بروز مزاحمت و عدم آسایش افراد خواهد شد. از این رو در هر اقلیم، طراحان با آگاهی از میزان و شرایط آسایش باد می‌توانند در مورد نحوه کنترل و نحوه استفاده از باد در فضاهای باز شهری، تصمیم‌گیری نمایند. در این مطالعه قصد داریم با تکیه بر انجام محاسبات بر روی داده‌های اقلیمی شهر اصفهان و مقایسه آن با معیارهای آسایش باد، میزان آسایش حاصل از وزش باد در فضاهای باز شهری را برای شهر اصفهان به‌دست آوریم. در این مطالعه از سه معیار بوفورت، برودت هوا و پن واردن برای سنجش مطلوبیت بادها استفاده شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که جریان باد تنها در ماه دی می‌تواند آسایش افراد در فضاهای باز شهری را مختل نماید و در طراحی فضاهای باز باید از شدت آن کاست. از سویی در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در صورت تقویت جریان باد در فضاهای باز تا سقف ۶ متر بر ثانیه، آسایش ارتقاء خواهد یافت. باد در سایر فصل‌های سال وضعیتی مطلوب داشته و باعث آسایش خواهد شد از این رو طراحی این فضاها باید به‌گونه‌ای باشد که جریان باد در این ماه‌ها در فضاهای باز و معابر، حفظ گردد.

کلمات کلیدی: آسایش باد، فضاهای شهری، تهویه طبیعی، اصفهان.

* Corresponding Author. E-mail Address: hamidrezarozati@yahoo.com

۱- مقدمه

مکان‌های عمومی، فضایی است که در آن می‌توانیم شاهد انواع اتفاقات مانند فعالیت‌های فرهنگی و تجاری باشیم. فضاهای عمومی موفق، مردم را تشویق به گذراندن وقت خود در این مکان‌ها می‌نمایند [۱]. فعالیت‌هایی که در فضاهای باز اتفاق می‌افتد معمولاً تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. عوامل دخیل در محیط فیزیکی شامل حرکت هوا، درجه حرارت محیط، دسترسی به خورشید به همراه پارامترهای طراحی معماری مانند عوامل زیبایی شناسی و عملکردی، همگی از جمله عواملی است که بر ادراک فضا توسط استفاده‌کنندگان مؤثر خواهد بود [۲]. از سویی جمعیت شهرهای جهان روبه افزایش است که نتایج مخربی مانند آلودگی‌های صوتی و هوا و گرمایش شهرها را به دنبال خود خواهد داشت که در این حالت ضرورت استفاده صحیح و سالم از فضاهای باز شهری دو چندان خواهد شد [۳]. بر این اساس تحقیقاتی که بر روی سلامت، ایمنی و آسایش مردم در فضاهای باز شهری تمرکز دارد روز به روز در حال افزایش می‌باشد [۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲].

در سالیان اخیر، با توجه به پیامدهای اقتصادی و اجتماعی حضور افراد در فضاهای شهری، آسایش اقلیمی در این فضاها مورد توجه بسیار قرار گرفته است. زیرا حضور مردم در این فضاها تا حد زیادی وابسته به احساس آسایش مردم در این مکان‌ها می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده شش عامل، تابش خورشید، دمای هوا، رطوبت هوا، فعالیت‌های بدنی، میزان و نوع لباس و همچنین باد از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیر گذار در آسایش انسان در فضاهای باز خواهد بود. در میان این عوامل، باد نقش بسیار مهمی را ایفا می‌نماید. باد در روی زمین عامل مهمی برای تبادل گرما، رطوبت و انتقال ذرات ذره‌بینی و غیر ذره‌بینی از نقطه‌ایی به نقطه دیگر است، که این امر از لحاظ اقلیمی در فراهم آوردن آسایش برای انسان یا اختلال در آن، چه از لحاظ گرمایی و چه از لحاظ راحتی رفتاری، نقش مهمی دارد. از این رو در طراحی فضاهای عمومی و باز شهری، آگاهی از این امر که بادهای غالب وزیده شده در یک منطقه اقلیمی سبب رحمت و یا مزاحمت و زحمت می‌شوند از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است. اگر چه تاکنون، مدل‌های مختلف و پیچیده‌ایی برای آگاهی از تأثیر باد بر آسایش افراد پیاده در فضاهای شهری ارائه شده است، ولی باید به این نکته توجه نمود که آسایش انسان پهنه وسیعی از عوامل را دربر خواهد داشت و باید به تمامی عوامل مؤثر، توجه نمود. ولی با این حال پیشرفت‌های

حاصل شده در علوم مهندسی باد سبب شده است تا به‌توان شرایط آسایش انسان را برای متغیر باد تا حدودی به‌صورت مستقل محاسبه نمود. از جمله متغیرها در بررسی آسایش باد، شاخص بوفورت، برودت هوا و پن واردن می‌باشد [۱۳]. در این مطالعه قصد داریم با بررسی آماری و محاسباتی بر روی داده‌های مربوط به باد در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شهر اصفهان، میزان مطلوبیت و یا نامطلوبی بادهای غالب را به‌منظور ایجاد آسایش در فضاهای باز شهری براساس سه شاخص یاد شده محاسبه نماییم. نتایج حاصل از این مطالعه به طراحان فضاهای شهری کمک خواهد کرد که با آگاهی از نحوه تأثیر بادهای غالب این شهر در آسایش افراد، در مورد نفوذ و یا عدم نفوذ این بادهای در فضاهای شهری تصمیم‌گیری نمایند و فضاهای شهری را به‌گونه‌ایی طراحی نمایند که احساس آسایش افراد در این مکان‌ها افزایش یابد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- اقلیم شهر اصفهان

با توجه به قرار گیری اصفهان در اقلیم گرم و خشک کشور، دمای هوا در اغلب روزهای فصل‌های بهار و تابستان، گرم می‌باشد و در نقطه مقابل در فصل‌های پاییز و زمستان به‌دلیل خشکی هوا، سردی هوا محسوس می‌باشد. در این مطالعه میانگین دمای هوا در ماه‌های مختلف سال در یک دوره مطالعاتی شصت‌ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۱) بررسی شد. بر این اساس بالاترین میانگین دما مربوط به ماه تیر (۲۸/۹ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. همچنین در ایستگاه سینوپتیک اصفهان سرعت باد در هشت‌جهت جغرافیایی، تعداد روزها با هوای آرام، توزیع سرعت باد و سمت، سرعت، روز و ساعت سریع‌ترین باد ثبت شده است. شایان ذکر است که سرعت بادهای اعلام شده از سوی سازمان هواشناسی استان اصفهان، در ارتفاع ده‌متری و همچنین در محیطی آزاد و دور از بافت شهری اندازه‌گیری شده است. از این‌رو برای اطمینان از صحت نتایج حاصل شده از این مطالعه، لازم بود سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین و همچنین برای بافت شهری محاسبه گردد [۱۴]. بنابراین با انجام محاسبات بر روی داده‌های ایستگاه هواشناسی در طی دو مرحله، سرعت متوسط باد در ابتدا برای ارتفاع دومتری از سطح زمین و سپس سرعت باد برای بافت شهری محاسبه گردید. تحلیل‌های صورت گرفته پیرامون داده‌های این ایستگاه

این حالت هرچه میزان سرعت باد بیش تر باشد، فشار وارد شده بر انسان و اجسام بیش تر می باشد و در نتیجه اثرات آن بر آسایش افراد متفاوت خواهد بود. تأثیر نیروی باد بر انسان ها به صورت آشفستگی لباس و موها، مقاومت باد در برابر حرکت افراد و حرکت دادن اجسامی مانند چتر و روزنامه ظاهر خواهد شد. هم چنین در برخی از موارد باد با بلند کردن گرد و خاک و حمل آن ها از مکانی به مکان دیگر، سبب آلوده شدن محیط خواهد شد و میزان آسایش افراد در فضا را کاهش خواهد داد. از سویی در روزهای بارانی وزش شدید باد سبب خواهد شد تا قطرات باران به صورت افقی حرکت نمایند و در برخورد با چشم انسان، شرایط نامطلوبی را به وجود آورند. در کشورهای مختلف تفاوت های عمده ای میان معیارهای استفاده شده برای محاسبه آستانه تحمل پذیری وجود دارد. از جمله فراگیرترین معیارها برای مطالعه آثار فیزیکی باد بر انسان و شرایط آسایش آن، استفاده از مقیاس بوفورت می باشد. خلاصه ای از تأثیر جریان باد بر روی انسان که در مقیاس بوفورت تهیه شده و در جدول ۱ آمده است [۱۷].

بر اساس این شاخص، در صورتی که سرعت باد از ۶ متر بر ثانیه کم تر باشد، شرایط محیطی به منظور فراهم شدن آسایش انسان مطلوب می باشد و باد در این سرعت ها مزاحمتی برای انجام فعالیت های انسان در فضاهای باز، به وجود نمی آورد. با افزایش سرعت باد و رسیدن سرعت باد به حداکثر ۸ متر بر ثانیه، انجام برخی از فعالیت ها مانند روزنامه خواندن در فضاهای باز مشکل خواهد شد و از سویی دیگر با به هوا برخاسته شدن گرد و خاک موجود در فضاهای باز، شرایط آسایش انسان تا حدودی کاهش می یابد ولی در این سرعت، باد هم چنان قابل تحمل می باشد و حضور انسان در فضاهای باز با آسایشی کم تر، امکان پذیر خواهد بود. افزایش سرعت باد و عبور از مرز ۸ متر بر ثانیه، سبب بروز مشکلات جدی در انجام فعالیت های انسانی خواهد شد. در این سرعت ها، حضور انسان در فضاهای باز با عدم آسایش همواره خواهد بود.

در شکل ۱، با مقایسه سرعت متوسط باد ماهیانه در شهر اصفهان با شاخص های بوفورت، می توان مشاهده نمود که سرعت متوسط باد در این شهر اغلب در ناحیه نسیم ملایم و نسیم آرام قرار دارد و بادهای غالب وزیده شده به گونه ای می باشد که مانع انجام فعالیت های انسان در فضاهای باز نخواهد شد و افراد به راحتی می توانند در فضاهای باز شهری بنشینند بدون آنکه باد محل آسایش

نشان می دهد که به غیر از ماه های تیر، مرداد و شهریور که جهت باد غالب، شرقی و آبان که جهت باد غالب، جنوب غربی است، در سایر ماه های سال جهت باد غالب از غرب است و متوسط سرعت باد غالب ۳/۶ متر بر ثانیه است. متلاطم ترین ماه سال، فروردین و آرام ترین ماه سال، آذرماه است. در فصل بهار، الگوی وزش باد تغییر چندانی نمی کند و بادهای غربی و جنوب غربی، هم چنان اهمیت ویژه خود را دارند. در فصل تابستان با گرم شدن هوا، بادهای جبهه غربی ضعیف می شوند و در عوض، بادهای جبهه شرقی (شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی) شدت می گیرند. در فصل پاییز، به طرز چشم گیری از مقدار وزش باد کاسته می شود و می توان این فصل را یکی از آرام ترین فصل های سال دانست. در این زمان، به تدریج شدت و دوام بادهای جبهه شرقی کاهش می یابد و بر شدت وزش بادهای جبهه غربی افزوده می شود. در فصل زمستان نیز منطقه به شدت تحت تأثیر بادهایی است که از سمت غرب می وزند. این بادهای غالباً سرعت و درصد وزش بالایی دارند، در برخورد با ارتفاعات موجود در منطقه، اندکی تغییر مسیر می دهند و در نقاط مختلف در یکی از جهت های شمال غربی، غرب و جنوب غربی شدت می گیرند. به هر حال، بادهای غربی و جنوب غربی، مهم ترین بادهای تمام فصول را تشکیل می دهند [۱۵، ۱۶].

۲-۲- تأثیر باد در احساس آسایش

همان گونه که ذکر شد ۶ عامل عمده در احساس آسایش انسان در فضاهای باز مؤثر خواهد بود، که یکی از این عوامل باد می باشد. به طور کلی باد به دو طریق عمده می تواند در آسایش انسان در فضاهای باز شهری مؤثر باشد: اول از طریق تأثیرات فیزیکی که بر فعالیت های انسان دارد و ناشی از فشار باد بر بدن انسان می باشد و دوم از طریق تأثیر بر روی درجه حرارت احساس شده توسط بدن انسان می باشد. در مطالعات پایه معماری و شهرسازی، به منظور آگاهی از میزان مطلوبیت بادهای غالب وزیده شده در یک منطقه و تأثیر آن ها در آسایش انسان در فضاهای باز، از معیار و شاخص بوفورت به منظور بررسی تأثیرات فیزیکی باد و از شاخص برودت هوا و هم چنین شاخص پن واردن به منظور بررسی تأثیر باد بر آسایش گرمایی انسان در فضاهای باز استفاده می شود.

۲-۳- شاخص بوفورت

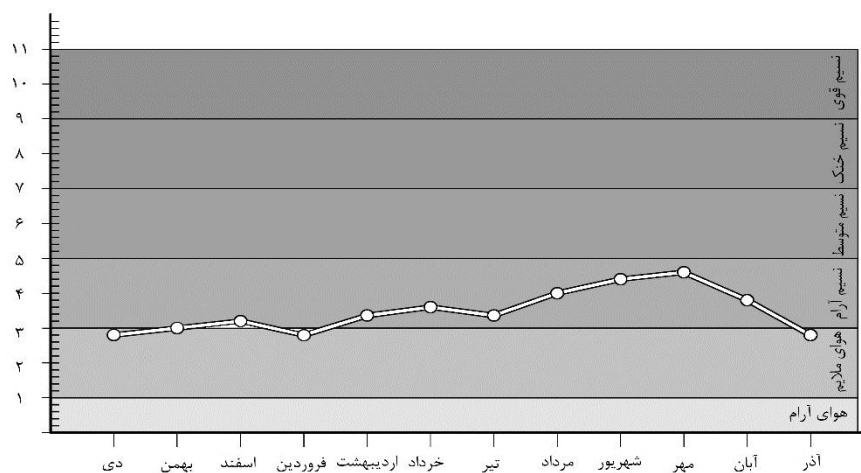
باد با وارد کردن فشار و نیرو به انسان و اجسام موجود در فضای باز، سبب تغییر در احساس آسایش خواهد شد. در

می‌کنند، از دسته بادهای مطلوب می‌باشند که سبب ارتقاء احساس آسایش انسان در فضاهای باز شهری خواهد شد.

آن‌ها و فعالیت‌های آن‌ها باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در غالب موارد بادهای وزیده شده در شهر اصفهان، از لحاظ فشار فیزیکی که بر انسان و فعالیت‌های وی وارد

جدول ۱- شاخص بوفورت و تاثیرات فیزیکی باد بر فعالیت‌های انسانی

نوع باد	سرعت باد	تأثیر بر انسان
هوای آرام	۰	هوای آرام
هوای ملایم	۱-۰	باد قابل احساس نیست، توسط دود می‌توان جریان باد را تشخیص داد
نسیم ملایم	۲-۳	باد بر روی صورت احساس می‌شود، خش خش برگ‌ها، حرکت بادنمای معمولی
نسیم آرام	۴-۵	حرکت دائمی برگ‌ها و ساقه‌های کوچک، باز شدن پرچم‌های سبک
نسیم متوسط	۶-۷	گرد و خاک و کاغذ در هوا بلند خواهد شد، حرکت شاخه‌های متوسط
نسیم خنک	۸-۱۰	فشار باد بر بدن احساس می‌شود، به نوسان درآمدن درختان کوچک برگدار، تشکیل موج در آب‌های ساکن درزمین
نسیم قوی	۱۱-۱۳	استفاده از چتر مشکل است، راه رفتن و ایستادن مشکل است، صدای باد در فضا ناخوشایند است
تند باد ضعیف	۱۴-۱۶	موقع راه رفتن به مردم به زمین می‌خورند
تند باد	۱۷-۲۰	حفظ تعادل بسیار مشکل خواهد بود
تندباد قوی	۲۱-۲۴	ساختمان‌ها به میزان جزئی آسیب می‌بینند، سنگ‌ها از بام‌ها می‌افتند
طوفان	۲۵-۲۸	درختان شکسته می‌شود، ساختمان‌ها آسیب جدی می‌بینند



وزش باد می‌باشد. این شاخص مقدار گرمای از دست‌رفته در هوای آزاد، در واحد زمان (یک ساعت) از یک مترمربع سطح برهنه بدن و احساس گرمایی حاصل از آن شرایط را نشان می‌دهد. از جمله پارامترهای مؤثر در این شاخص دمای محیط و سرعت وزش باد می‌باشد که براساس آن احساس انسان به‌ازای گرمای از دست داده در اثر وزش باد را می‌توان محاسبه نمود. شاخص برودت هوا براساس فرمول زیر محاسبه خواهد شد که در آن V سرعت باد برحسب متر بر ثانیه و T دمای هوا به سانتی‌گراد می‌باشد. پس از محاسبه شاخص برودت هوا برای سرعت و دمای مشخصی از منطقه، با استفاده از جدول ۲ می‌توان احساس انسان را به‌ازاء هر مقدار گرمای از دست‌رفته از بدن محاسبه نمود. البته باید به این نکته توجه نمود که معادله ۱ بیان‌کننده شاخص برودت

۲-۴- شاخص برودت هوا

باد از جمله پارامترهای محیطی است که می‌تواند در آسایش حرارتی نقش داشته باشد. در روزهای گرم تابستان وجود باد در فضاهای شهری سبب احساس خنکی انسان و در نتیجه ارتقاء آسایش آن خواهد شد در صورتی که وزش بادی کوچک در روزهای سرد زمستان سبب سردتر احساس شدن محیط و در نتیجه عدم آسایش می‌شود. از این رو به‌منظور بررسی آسایش حرارتی ناشی از وزش باد، دمای محیط نیز باید به‌عنوان پارامتری مستقل در نظر گرفته شود. از جمله شاخص‌های سنجش آسایش حرارتی که هر دو عامل باد و دمای محیط در آن دخیل می‌باشند، شاخص برودت باد می‌باشد. شاخص برودت باد ساده‌ترین و مفیدترین وسیله برای پیش‌بینی احساس ناراحتی حاصل از

مطالعات انجام شده به ازای هر ساعت آفتاب در فضا، مقدار ۲۰۰ کیلو کالری از برودت هوا کاسته می‌شود [۱۴]

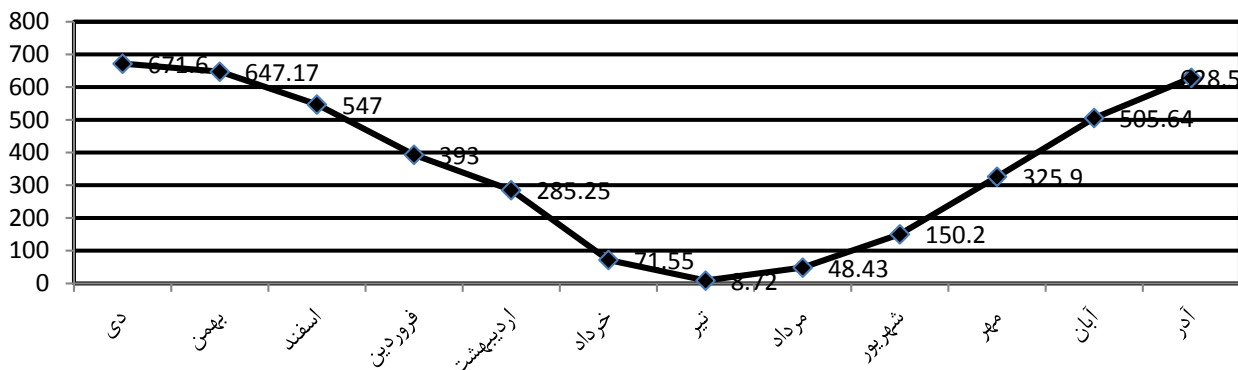
$$K = (32 - T) (1.0 \sqrt{V} + 1.0 / 5 - V) \quad (1)$$

فرمول محاسبه برودت هوا

هوا در وضعیت غیرآفتابی می‌باشد که برای استفاده از این شاخص در روزهای آفتابی باید مقدار کالری حاصل از تابش آفتاب در کل ساعات آفتابی را محاسبه کرده و با اضافه کردن آن به مقدار کالری از دست‌رفته در وضعیت غیر آفتابی، مقدار واقعی برودت هوا را به دست آورد. براساس

جدول ۲- احساس آسایش انسان به ازای گرمای از دست داده

K	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
احساس به ازای K	داغ	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	سرد	بسیار سرد	سرما آزار دهنده	قسمت برهنه بدن یخ می زند	قسمت برهنه بدن ظرف ۶ ثانیه یخ می زند	غیر قابل تحمل



شکل ۲- میزان برودت هوای ماهیانه شهر اصفهان (ماخذ: نویسنده)

حفظ و تقویت جریان باد در فضاهای شهری در این دوره شش ماهه، آسایش حرارتی حاصل شده از وزش باد را حفظ نماییم.

از جمله دیگر نتایج به دست آمده از این نمودار این خواهد بود که با توجه به اینکه مقدار برودت باد با سرعت باد رابطه مستقیم دارد. اگر محلات و فضاهای باز شهری به گونه‌ای طراحی شوند که در سه فصل خرداد، تیر و مرداد جریان و سرعت باد در این فضاها بیشتر شود، در نتیجه مقدار برودت هوا بیشتر خواهد شد و در نتیجه در تابستان افراد با حضور در فضاهای باز شهری، احساس آسایش بیشتری خواهند داشت. البته باید به این نکته توجه شود که با توجه به معیار بوفورت سرعت باد می‌تواند حداکثر تا ۶ متر بر ثانیه افزایش یابد زیرا سرعت‌های بیشتر باد براساس معیار بوفورت سبب کاهش آسایش فعالیتی انسان در فضاهای باز خواهد شد. همچنین در طراحی این فضاها باید به این نکته توجه شود که از سرعت گرفتن باد در ماه‌های آذر، دی و بهمن در فضاهای شهری جلوگیری شود زیرا نوع آسایش گرمایی وزش باد در این ماه‌ها از نوع سرما

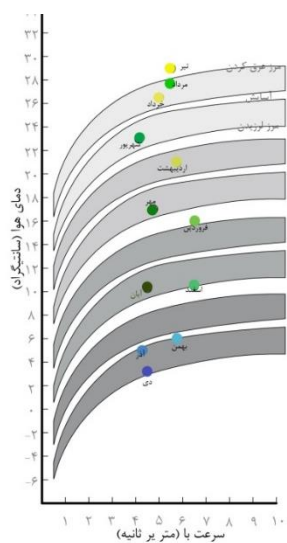
در این مطالعه در ابتدا با محاسبه شاخص برودت هوا برای ماه‌های مختلف شهر اصفهان براساس سرعت و دمای متوسط در هر روز و سپس انجام اصلاحات مربوط به روزهای آفتابی، نمودار شاخص برودت هوا برای شهر اصفهان همانند شکل ۲ به دست آمد. براساس این معیار، بادهای وزیده شده در شهر اصفهان در سه ماه آذر، دی و بهمن با توجه به دمای میانگین این ماه‌ها، از لحاظ آسایش حرارتی سبب احساس سرما در افراد خواهند شد ولی براساس معیار برودت هوا، این نوع از سرما به گونه‌ای آزاردهنده نخواهد بود و با دسته‌بندی سرمایه آزاردهنده اختلاف بسیاری دارد به گونه‌ای که وزش باد در این ماه‌ها محل بودن در فضاهای باز شهری نخواهد شد. همچنین بادهای وزیده شده در سه ماه خرداد، تیر و مرداد از لحاظ آسایش حرارتی سبب احساس گرما در افراد خواهند شد. در سایر ماه‌های سال که نیمی از سال را تشکیل می‌دهند، باد وزیده شده با توجه به دمای میانگین در آن ماه، باعث ارتقاء آسایش حرارتی افراد در فضاهای شهری می‌شوند و وزش باد در این ماه‌ها سبب خواهد شد افراد احساس مطبوع و خنکی کنند. بنابراین باید کوشید با

شهری در هر دو حالت سایه و آفتاب، سبب احساس سرما حتی در عبارانی با پوشش زمستانی خواهد شد. از این رو در طراحی محلات و فضاهای باز شهری باید به این نکته توجه شود که تا حد امکان با قرار دادن بادشکن‌های متحرک از شدت وزش باد در این فضاها کاسته شود. در ماه‌های بهمن، آذر، اسفند و آبان در صورت وجود آفتاب، وزش باد برای عبارانی که دارای پوشش زمستانی و معمولی می‌باشند، شرایط مطلوبی را مهیا خواهد ساخت ولی در صورت عدم وجود آفتاب شرایط آسایش گرمایی با افزایش میزان پوشش فراهم خواهد شد. بنابراین طراحی فضاها در شهر باید به‌گونه‌ای باشد که در این ماه‌ها، سرعت باد در همین حد باقی بماند و افزایش پیدا نکند. در ماه‌های تیر، مرداد، خرداد و شهریور نیز چه در وضعیت آفتابی و چه در وضعیت سایه، هوا برای عباران پیاده گرم خواهد بود. از این سو باید در طراحی فضاهای شهری با تقویت سرعت باد در فضاهای شهری تا حداکثر ۶ متر بر ثانیه، در این ماه‌ها، میزان برودت هوا برای انسان را افزایش داده تا افراد در فضاهای شهری احساس آسایش بیش‌تری نمایند. بنابراین به‌طور کلی براساس شاخص پن واردن، در شهر اصفهان تنها در ماه دی وزش باد می‌تواند محل آسایش حرارتی انسان شود و در ماه‌های بهمن، آذر، اسفند و آبان به شرط وجود آفتاب و جریان محسوس هوای موجود افراد در فضاهای باز احساس آسایش می‌نمایند و در ماه‌های تیر، مرداد، خرداد و شهریور در صورت وجود سایه و تقویت جریان‌های باد، شرایط آسایش افراد بهبود می‌یابد.

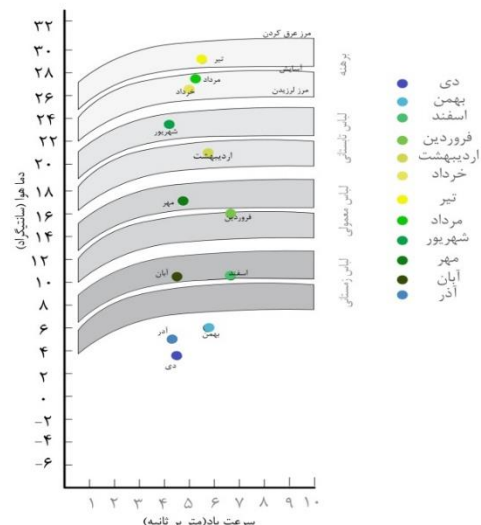
می‌باشد و با توجه به رابطه مستقیم میزان برودت و سرعت باد، در صورت افزایش سرعت باد در این ماه‌ها، نوع آسایش از دسته بسیار سرد و سرمای‌آزاردنده خواهد شد و در نتیجه بودن در فضاهای باز شهری‌آزاردنده خواهد بود.

۲-۵- شاخص پن واردن

فرایند دسترسی به آسایش، فرایندی پیچیده و پویاست، که عوامل بسیاری در آن دخالت دارند. در شاخص بوفورت به بررسی سرعت باد و آسایش فیزیکی انسان پرداخته شد. در شاخص برودت نیز آسایش گرمایی انسان با دو معیار باد و دما مورد بررسی قرار گرفت. در شاخص پن واردن، رابطه آسایش گرمایی انسان با دو گروه از عوامل جوی مانند باد، دما و تابش به‌همراه عوامل انسانی مانند نوع لباس و نوع فعالیت مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد که نتیجه آن به‌صورت نموداری برای شرایط آسایش گرمایی انسان در دو حالت سایه و آفتاب ارائه شده است (شکل ۳ و ۴). در این نمودار، منحنی وسط موجود در هر بخش نشان‌دهنده شرایطی است که عابرپیاده در آن کاملاً احساس راحتی می‌کند. با کمک این نمودار می‌توان بادهای مناسب و نامناسب یک منطقه را براساس اطلاعات هواشناسی منطقه شناسایی کرد [۱۴]. به این منظور کافی است با داشتن سرعت وزش باد و دمای هوا در یک روز آفتابی و یا ابری، میزان آسایش حاصل از وزش باد را در افراد با پوشش‌های مختلف بیابیم. شاخص پن واردن برای هر ماه در دو حالت سایه و آفتابی، بر روی نمودار مشخص گردید (شکل ۳ و ۴). براساس نمودار مربوط به شاخص پن واردن اصفهان، می‌توان مشاهده کرد که در ماه دی وزش باد در فضاهای



شکل ۴- آسایش در آفتاب بر اساس معیار پن واردن در فصل‌های مختلف شهر اصفهان (ماخذ: نویسنده)



شکل ۳- آسایش در سایه بر اساس معیار پن واردن در فصل‌های مختلف شهر اصفهان (ماخذ: نویسنده)

جدول ۳- آسایش حاصل شده از وزش باد در فضاهای باز شهری اصفهان بر اساس شاخص بوفورت، برودت هوا و پن واردن (ماخذ: نویسنده)

ماه‌ها	شرایط آسایش در معیار بوفورت	شرایط آسایش در معیار برودت باد	شرایط آسایش در معیار پن واردن	ملاحظات طراحی
دی	مطلوب	سرد	سرد	از شدت گرفتن جریان باد در فضاهای باز باید جلوگیری شود
بهمن	مطلوب	سرد	مطلوب	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
اسفند	مطلوب	مطلوب	مطلوب	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
فروردین	مطلوب	مطلوب	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
اردیبهشت	مطلوب	مطلوب	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
خرداد	مطلوب	گرم	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز تقویت شود
تیر	مطلوب	گرم	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز تقویت شود
مرداد	مطلوب	گرم	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز تقویت شود
شهریور	مطلوب	مطلوب	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
مهر	مطلوب	مطلوب	گرم	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
آبان	مطلوب	مطلوب	مطلوب	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود
آذر	مطلوب	سرد	مطلوب	جریان باد باید در فضاهای باز حفظ شود

۳- نتایج و بحث

شویم. معیار آسایش پن واردن نیز رابطه میزان مطلوبیت باد در فضاهای شهری را با دو عامل تابشی و پوششی بررسی می‌نماید. با محاسبه معیار پن واردن برای ماه‌های مختلف شهر اصفهان می‌توان نتیجه گرفت که تنها در ماه دی وزش باد سبب بروز سرما در انسان خواهد شد و باید از جریان باد در این ماه در فضاهای باز با قرار دادن انواع بادشکن جلوگیری نمود. این در حالی است که در فصل‌های پاییز، بهار و تابستان وزش باد و تقویت جریان آن در صورت داشتن پوشش مناسب فصل، سبب آسایش حرارتی انسان خواهد شد. در جدول ۳ خلاصه‌ای از شرایط آسایش براساس شاخص‌های سه‌گانه و همچنین ملاحظات معماری جهت تقویت و یا جلوگیری از جریان باد، برای هر ماه ارائه شده است.

۴- نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه بادهای وزیده شده در شهر اصفهان براساس سه شاخص مطرح شده می‌توانند سبب ارتقاء آسایش حرارتی افراد در فضاهای باز شوند و تنها در بادهای وزیده شده در ماه دی سبب مختل شدن آسایش حرارتی انسان در فضاهای باز می‌گردد که استفاده از تکنیک‌هایی نظیر بادشکن در طراحی فضاها برای کنترل بادهای در این ماه می‌تواند مؤثر باشد. از این رو طراحان، معماران و شهرسازان می‌توانند با به‌کارگیری روش‌های مناسب در طراحی از باد به‌عنوان یک عامل طبیعی مؤثر در بهبود شرایط آسایش استفاده نمایند. از دیگر نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان به این نکته اشاره نمود که جهت باد وزیده شده در تمامی فصول در شهر اصفهان از سمت غرب می‌باشد به جز ماه‌های تیر مرداد و

در این مطالعه میزان آسایش که از وزش باد در فضاهای شهری اصفهان پدید می‌آید براساس سه شاخص بوفورت، برودت هوا و پن واردن بررسی شد. شاخص بوفورت به بررسی تأثیر نیروی باد بر فعالیت‌های انسانی در فضاهای باز می‌پردازد. با مقایسه سرعت متوسط ماهیانه باد در شهر اصفهان با شاخص‌های معیار بوفورت، این نتیجه حاصل شد که در هیچ‌یک از ماه‌های سال سرعت وزش باد در فضاهای شهری اصفهان به اندازه‌ای نیست که فعالیت‌های انسانی در فضاهای باز را مختل سازند پس از این رو براساس شاخص بوفورت، وزش باد در فضاهای شهری سبب آسایش افراد می‌باشد و در صورت نیاز می‌توان با به‌کارگیری تکنیک‌هایی در طراحی فضاهای شهری، میزان سرعت باد را تا ۶ متر بر ثانیه افزایش داد بدون آن‌که به فعالیت‌های انسانی در فضاهای باز، لطمه‌ای وارد شود. شاخص برودت هوا نیز آسایش حرارتی انسان در صورت وزش باد در دماهای مختلف را نشان می‌دهد. با محاسبه این شاخص برای ماه‌های مختلف شهر اصفهان این نتیجه حاصل گردید که در فصل بهار و پاییز با توجه به دمای هوا در این فصول، باد وزیده شده در فضاهای باز از لحاظ حرارتی سبب آسایش انسان خواهد شد همچنین در فصل زمستان وزش باد سبب احساس سرما در افراد می‌گردد ولی این سرما به‌گونه‌ای نیست که آسایش افراد را کاهش دهد و مانع حضور آن‌ها در فضاهای باز شود. در فصل تابستان نیز به علت بالا بودن دمای هوا احساس آسایش افراد در دسته داغ و گرم قرار دارد. از این رو در طراحی فضاهای شهری باید به‌نحو عمل نمود که جریان باد در فصل‌های بهار و پاییز در فضاهای باز حفظ گردد و در زمستان مانع از شدت گرفتن جریان هوا

- [10] G _ al T, Unger J. Detection of ventilation paths using high- resolution roughness parameter mapping in a large urban area. *Building and Environment*; 2006; 41(5):198–206.
- [11] Blocken B, Carmeliet J. Pedestrian wind conditions at outdoor platforms in a high-rise apartment building: generic sub-configuration validation, wind comfort assessment and uncertainty issues. *Wind and Structures*; 2008; 11(1): 51–70.
- [12] Andrade H, Alcoforado M J. Microclimatic variation of thermal comfort in a district of Lisbon (Telheiras) at night. *Theoretical and Applied Climatology*; 2008; 92(3–4): 225–237.
- [13] Isaac Guedi Capeluto. A methodology for the qualitative analysis of winds: natural ventilation as a strategy for improving the thermal comfort in open spaces. *Building and Environment*; 2005; 40(2):175–181
- [14] Razjouyan M. *Wind and Comfort, Design With Climate*. Tehran, Iran, Shahid Beheshti University publishing; 2007. P.15. [In Persian]
- [15] Sheykhbeygloo R, Mohammadi J. Analyze the elements of wind and rain, with an emphasis on urban design case study: Isfahan. *Environment planning and geography journal*; 2010; 39(2):3–15 [In Persian]
- [16] Tavousi T. climate and new school architecture in Isfahan. *Geography and development journal*; 2008; 11(5):12-26 [In Persian]
- [17] Penwarden A D. *Acceptable In Speeds in Towns Build*. Garston, Building Research Establishment: Dept. of the Environment; 1973. p. 259.

شهریور که جهت وزش باد شرقی است. با توجه به این که جریان هوا در ماه‌های تیر و مرداد نیاز به تقویت دارد و در این ماه‌ها جهت وزش باد با سایر ماه‌های سال متفاوت است بنابراین در طراحی فضاهای باز این پتانسیل وجود دارد که جریان بادهای غربی حفظ گردد و جریان بادهای شرقی تقویت گردد.

منابع

- [1] Erell E, Pearlmutter D, Williamson T. *Urban microclimate. Designing the Spaces between Buildings*. London: Earthscan; 2011. p. 25
- [2] Gehl J. *Life between Buildings, Using Public Space*. Washington D.C: Island- press; 2011. p. 58
- [3] Unger J. Comparisons of urban and rural bioclimatic conditions in the case of a central-European city. *International Journal of Biometeorology*; 1999; 43(16):139–144.
- [4] Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*; 2003; 48(4):149–156.
- [5] Emmanuel R, Rosenlund H, Johansson E. Urban shading—a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology*; 2006; 27(2):1995–2004.
- [6] Andrade H, Alcoforado M J, Oliveira S. Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationship with weather parameters and personal characteristics. *International Journal of Biometeorology*; 2011; 55(3):665–680.
- [7] Egerh_zi L, K_antor N, Guly as A. Investigation of human thermal comfort by observation the utilization of open-air terraces in catering places, a case study in Szeged. *Act Climatologicaet Chorologica Universitatis Szegediensis*; 2009; 42)43:(29–37.
- [8] Alcoforado M J, Andrade H, Lopes A, Vasconcelos J. Application of climatic guidelines to urban planning. The example of Lisbon (Portugal). *Land Urban Plan*; 2009; 90(7): 56–65.
- [9] Knez I, Thorsson S. Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: cross-cultural and environmental attitude comparisons. *Building and Environment*; 2008; 43(21):1483–1490.

