



Use of Becker and neurotic pressure bioclimatic indices in the assessment of thermal comfort in outdoor environments based on meteorological data: case study in three different climates of Iran

Gholam Abbas Fallah Ghalhari, Associate Professor, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Khorasan-Razavi, Iran

Fahimeh Shakeri, Ph.D Student of Urban Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Khorasan-Razavi, Iran

Marzieh Abbasinia, PhD student of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Mohammad Javad Ghanadzadeh, Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

Reza Tajik, Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

Mehdi Asghari, (*Corresponding author) Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran asghari@arakmu.ac.ir, m.asghari2011@gmail.com

Abstract

Background and aims: Lack of thermal comfort in outdoor environments can cause disorders and diseases, negative impact on productivity and performance, and even can cause death. Therefore, it is important to evaluate it. Various indices and models have been used to assess the level of comfort of humans. In most evaluations has been tried to estimate the comfort level using meteorological data such as temperature, humidity, Wind speed, solar radiation or combinations. These indices provide climate data in a way that reflects individual's response to climate conditions and, in a numerical classification, range from very appropriate to very inappropriate. These indices facilitate interpreting the complex effects of atmospheric elements on human comfort and allow comparison of different places from climatic comfort point of view. Today, bioclimatic studies, from human comfort point of view, are the basis of many management plans, especially health and treatment. Therefore, in this study, Becker and neurotic pressure bio climate index were used to evaluate discomfort in three different climates of Iran.

Methods: In this study, thermal comfort was assessed in three different climates of Iran based on the Köppen climate classification including the semi-arid and cold climate (Arak), the humid subtropical climate (Sari) and the hot desert climates (Bandar Abbas) were done using of Becker and neurotic pressure bio climate index. Becker index known as Cooling Power index (CP) originated in the inclusion of only two climate parameters in the bioclimatic analysis by air temperature and wind speed. Cooling Power index has the advantage of being computed very easily; they are easily understood not only by specialists, but also by the wide public and have a good temporal applicability and availability for the studied territory. The cooling power of the environment depends on the difference between human body temperature and air temperature and also on the wind speed. The Neurotic pressure index determines the physiological pressure to provide comfort between absorption and heat release. The purpose of this index is to describe the comfort level using temperature, humidity and wind speed. This index offers separate equations for temperatures below and greater than 20°C. Meteorological data between 2000-2014 was used from the Meteorological Organization, including temperature, relative humidity and wind speed, to calculate the indices. Then the mean of the mentioned parameters was calculated daily for 15 years. Excel software and SPSS 22, were

Keywords

Thermal comfort,
Becker bioclimatic index,
Neurotic pressure index,
Outdoor environments,
Climatic classification

Received: 07/03/2018

Accepted: 04/12/2018

used for data analysis, descriptive statistics and linear regression were used.

Results: The highest and lowest air temperature monthly mean values in Sari were recorded for August ($27.55 \pm 0.57^\circ\text{C}$) and January ($7.9 \pm 0.68^\circ\text{C}$), respectively. The highest and lowest monthly mean relative humidity values were recorded for December ($81 \pm 2.6\%$) and August ($73.7 \pm 1.94\%$), respectively. In Arak and during the surveyed years, the highest average temperature (28.1 ± 0.65) was observed in July, and the lowest average temperature (-1.14 ± 1.94) was observed in January. Also, the highest humidity rate (70.67 ± 3.87) was observed in January and the lowest humidity rate (22.96 ± 1.25) was observed in July. Also in Bandar Abbas, the highest average temperature (34.27 ± 0.26) was observed in July and the lowest average temperature (17.44 ± 0.62) was observed in January. The highest humidity (68.39 ± 2.41) was recorded in August and the lowest humidity rate (57 ± 4) was in December. The mean of Becker index in Arak, Sari and Bandar Abbas was respectively 15.76 ± 6.3 , 13.73 ± 5.2 and $8.93 \pm 5.5 \mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{s}$. According to the results of this index, the three climates covered cool to hot, warm and sultry. The mean of neurotic pressure index in months with temperatures below 20°C in Arak was 672 ± 148 , in the city of Sari, $605.115.6$ and in Bandar Abbas, $567.66 \pm 46.76 \text{ kcal}/\text{hr}/\text{m}^2$ and in months with a temperature above 20°C , respectively, was $3.37 \pm 2.542 \pm 4.9$ and $11.64 \pm 7 \text{ kcal}/\text{hr}/\text{m}^2$. Interpretation of this index showed that the studied areas have cold conditions (Arak) to fully uncomfortable condition (Bandar Abbas). Also, there was a high correlation between the two indexes in three different climates ($R^2 > 0.9$).

Conclusion: The results of this study showed that the comfort indices reveal the comfort and discomfort periods in three different climates of the country, and despite some differences, show relatively similar manifestations of the comfort climate of under study cities. Results have shown that the studied areas are characterized by biochemical variation from hot to very cold conditions throughout the year. Regarding the advantageous of using these indices, it should be noted that the data measured by meteorological organizations can be used to forecast and timely announcement of heat and cold stresses as well as thermal comfort in different regions. It should be noted that thermal comfort varies with respect to the race, age, type of activity, clothing, metabolism rate, accommodation, etc. Evaluating the trend of thermal comfort indices can identify high-risk areas, which in this context presence of comprehensive and innovative policy making and planning, according to the climate changes and the ability to forecast and control the risks resulting from these changes, seems necessary for community members.

Conflicts of interest: None

Funding: None

How to cite this article:

Fallah Ghalhari GhA, Shakeri F, Abbasinia M, Ghanadzadeh MJ, Tajik R, Asghari M. Becker and neurotic pressure bioclimatic indices in the assessment of thermal comfort in outdoor environments based on meteorological data: case study in three different climates of Iran. *Iran Occupational Health*.2019 (Apr-May);16(1):33-46.

This work is published under [CC BY-NC-SA 1.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



استفاده از شاخص‌های زیست اقلیمی بیکر و فشار عصبی در ارزیابی آسایش حرارتی در فضای روباز بر اساس داده‌های هواشناسی مطالعه موردی: سه اقلیم مختلف ایران

غلام عباس فلاح قاهره: دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، خراسان رضوی، ایران
فهیمة شاکری: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، خراسان رضوی، ایران
مرضیه عباسی نیا: دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
محمد جواد قنادزاده: استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران
رضا تاجیک: استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران
مهدی اصغری: *نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران
 asghari@arakmu.ac.ir, masghari2011@gmail.com

چکیده

کلیدواژه‌ها

آسایش حرارتی،
شاخص زیست اقلیمی بیکر،
شاخص فشار عصبی،
محیط‌های روباز،
طبقه‌بندی اقلیمی

زمینه و هدف: عدم وجود آسایش حرارتی در محیط‌های روباز می‌تواند سبب بروز اختلالات و بیماری‌ها، تاثیر منفی بر بهره‌وری و عملکرد و حتی از عواملی است که می‌تواند سبب مرگ و میر گردد. لذا ارزیابی آن با توجه به موارد اشاره شده اهمیت دارد. آسایش حرارتی از طریق شاخص‌های تئوری و تجربی زیادی محاسبه می‌گردد. لذا در این مطالعه از دو شاخص اقلیمی بیکر و فشار عصبی برای ارزیابی میزان آسایش و عدم آسایش در سه اقلیم مختلف ایران استفاده شده است.

روش بررسی: در این مطالعه، ارزیابی آسایش حرارتی در سه اقلیم مختلف ایران بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن شامل اقلیم نیمه خشک و سرد (شهر اراک)، ناحیه اقلیمی مرطوب جنب حاره‌ای (شهر ساری) و ناحیه اقلیمی گرم و خشک (شهر بندرعباس) با استفاده از دو شاخص آسایش زیست اقلیمی بیکر و فشار عصبی انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های اشاره شده از داده‌های هواشناسی اخذ شده از سازمان هواشناسی کل کشور بصورت روزانه شامل درجه حرارت، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ استفاده گردید. سپس میانگین پارامترهای اشاره شده بصورت روزانه طی ۱۵ سال مورد محاسبه قرار گرفت. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای اکسل و SPSS ویرایش ۲۲ انجام و از آزمون‌های آماری توصیفی و رگرسیون خطی استفاده گردید.

نتایج: میانگین شاخص بیکر در شهر اراک $۱۵/۷۶ \pm ۶/۳$ ، ساری $۱۳/۷۳ \pm ۵/۲$ و بندرعباس $۸/۹۳ \pm ۵/۵$ میکروکالری بر سانتیمتر مربع بر ثانیه بدست آمد. مطابق نتایج بدست آمده از این شاخص، هر سه اقلیم مورد بررسی شرایط خنک تا داغ، گرم و شرجی را شامل می‌شوند. میانگین شاخص فشار عصبی در ماه‌های با دماهای زیر ۲۰ درجه سانتی گراد در شهر اراک برابر با $۶۷۲ \pm ۱۴۳/۸$ ، در شهر ساری $۶۰۵ \pm ۱۱۵/۶$ و در شهر بندرعباس برابر $۵۶۷ \pm ۴۶/۷$ کیلوکالری بر ساعت بر متر مربع و در ماه‌های با دمای بالای ۲۰ درجه سانتی گراد بترتیب برابر با $۰/۳۷ \pm ۲/۵$ ، $۵/۴ \pm ۴۲/۹$ و $۱۱/۶۴ \pm ۷$ بود. تفسیر این شاخص نشان داد که مناطق مورد مطالعه دارای شرایط اقلیمی سرد (اراک) تا شرایط عدم آسایش کامل (بندرعباس) را در بر می‌گیرند. همچنین بین دو شاخص مورد مطالعه همبستگی بسیار بالایی در سه اقلیم مختلف مشاهده گردید ($R^2 > ۰/۹$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص‌های آسایش مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایش را در سه اقلیم مختلف کشور را دارند و با وجود تفاوت‌های جزئی، نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی شهرهای مورد بررسی را ارائه می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که مناطق مورد مطالعه در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط داغ تا بسیار خنکی برخوردار هستند. در مورد مزیت استفاده از این شاخص‌ها باید اشاره نمود که می‌توان از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان‌های هواشناسی برای پیش‌بینی و اعلام به موقع وضعیت استرس‌های گرمایی و سرمایی و آسایش حرارتی در مناطق مختلف استفاده نمود.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Fallah Ghalhari GhA, Shakeri F, Abbasinia M, Ghanadzadeh MJ, Tajik R, Asghari M. Becker and neurotic pressure bioclimatic indices in the assessment of thermal comfort in outdoor environments based on meteorological data: case study in three different climates of Iran. Iran Occupational Health.2019 (Apr-May);16(1):33-46.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با **CC BY-NC-SA 1.0** صورت گرفته است.

مقدمه

امروزه انسان‌ها در معرض عوامل زیان‌آور متعددی از جمله مواجهه با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (۱)، صدا و ارتعاش (۲، ۳)، آلودگی نوری (۴)، بوی نامطبوع (۵)، عوامل خطر ارگونومیکی (۶) و استرس‌های حرارتی (۷) قرار دارند. استرس‌های حرارتی و شرایط اقلیمی نامناسب از جمله عواملی است که مواجهه با آن می‌تواند تأثیرات زیان‌باری را در تمام جنبه‌های زندگی انسان از جمله سلامتی، ایمنی، بهره‌وری و آسایش افراد ایجاد نماید.

برخورداری از یک شرایط زیستی راحت و بدون تنش در محیط زندگی و شغلی مورد توجه هر انسانی است، زیرا شرایط آب و هوایی مهم‌ترین عامل مؤثر بر فعالیت روزانه و طولانی مدت انسان است. امروزه مطالعه تأثیر وضعیت اقلیمی بر روی زندگی و رفتار انسانی در قالب یکی از شاخه‌های علمی با عنوان زیست اقلیم انسانی (بیوکلیماتولوژی) مطالعه و بررسی می‌شود (۷).

منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد یا به عبارت دیگر انسان در آن شرایط احساس سرما و احساس گرما نکند. در چندین شرایطی است که ارگانیسم انسانی می‌تواند تعادل حرارتی خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند، بدون اینکه دچار کمبود، یا مازاد انرژی شود (۸). آسایش حرارتی انسان نتیجه تعادل انرژی بین سطح بدن و محیط زیست است که بر فیزیولوژی، روانشناسی و رفتار انسان اثرگذار هستند (۹).

انسان در هر شرایطی متأثر از حرارت پیرامون خویش است، به نحوی که عوامل اقلیمی گاهی با اثرات نامطلوب منجر به تغییراتی بر پیکر انسان نظیر هیپرترمی، هیپوترمی، آنفولانزا، بیماری‌های قلبی، سکته مغزی، آسم و غیره می‌شوند. مطالعات پزشکی نشان می‌دهد که با افزایش و یا کاهش درجه حرارت محیط و یا با تغییر فصول، امراض مختلفی شایع می‌شوند (۱۰).

در بعضی موارد، تغییر در محیط طبیعی به صورت مستقیم مخاطره ایجاد می‌کند. اگر دمای داخلی بدن به پایین‌تر از ۲۶-۲۱ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر از ۴۳-۴۰ درجه سانتی‌گراد برود، اغلب تخریب تغییرناپذیر و مرگ به وقوع خواهد پیوست و در پاره‌ای موارد باعث بروز

مخاطره زیستی یا بیماری می‌شود (۱۱). علاوه بر این، بسیاری از جغرافی‌دانان معتقدند که با انحراف محدوده دمای مطلوب که بین ۲۵ - ۱۸ درجه سانتی‌گراد است، تعداد مرگ و میرها افزایش می‌یابد. همچنین اثر استرس‌زای دما بر مرگ و میر توسط محققان فراوانی به اثبات رسیده است، به این صورت که هر قدر دما از محدوده آسایش انسان بیشتر فاصله گیرد، میزان استرس و بیماری‌های زمینه‌ای بیشتر و در نتیجه تعداد فوت‌شدگان نیز افزایش می‌یابد (۴). همچنین عدم آسایش محیط بر بهره‌وری و عملکرد انسان هم تأثیرگذار می‌باشد (۱۲).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که تغییرات دمایی شدید در طول سال منجر به بیماری‌های مختلف و حتی مرگ افراد می‌شود (۱۳). برای مثال Nastos به بررسی نقش اقلیم در میزان مرگ و میر شهر آتن یونان با استفاده از شاخص‌های آسایش حرارتی در یک دوره زمانی ۱۰ ساله پرداخت و نتایج نشان داد که ارتباط آماری معناداری بین دمای هوا، شاخص‌های مورد بررسی و میزان مرگ و میر در هر روز وجود دارد (۱۴). از گروه‌های حساس در جامعه نسبت به مسائل اقلیمی و تغییرات آن، می‌توان به شاغلین فضای روباز، سالمندان، کودکان و ... اشاره نمود (۱۵، ۱۶). لذا می‌توان اظهار داشت که قشر وسیعی از جامعه در معرض مواجهه با شرایط آب و هوایی نامساعد قرار دارند (۱۷).

برای ارزیابی میزان راحتی و آسایش انسان، شاخص‌ها و مدل‌های مختلفی توسط پژوهشگران مختلف به کار گرفته شده است. در بیشتر ارزیابی‌ها سعی شده تا با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی مانند دما، رطوبت، باد، تابش خورشیدی و یا ترکیبی از آن‌ها میزان آسایش برآورد گردد (۱۸). این شاخص‌ها داده‌های اقلیمی را به شکلی ارائه می‌کنند که نشان‌دهنده واکنش افراد به شرایط اقلیمی است و در طبقه‌بندی عددی، درجاتی را در یک طیف در برمی‌گیرند. این شاخص‌ها تفسیر تأثیرات پیچیده عناصر جوی را از آسایش انسان آسان‌تر می‌کنند و امکان مقایسه مکان‌های مختلف را از دیدگاه اقلیم آسایشی فراهم می‌آورند (۱۹).

امروزه مطالعات و بررسی‌های زیست اقلیمی، از دیدگاه راحتی و آسایش انسانی پایه و اساس بسیاری از

جدول ۱- موقعیت و مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه

تعداد	ایستگاه	موقعیت در کشور ایران	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	اراک	مرکز	۳۴/۰۶	۴۹/۴۲	۱۷۰۰
۲	بندرعباس	جنوب	۲۷/۱۳	۵۶/۱۸	۱۶
۳	ساری	شمال	۳۴/۳۶	۵۳/۳۷	۲۰

روش بررسی

بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن^۱، ۱۰ نوع اقلیم متفاوت در ایران وجود دارد. بر اساس این طبقه‌بندی، ۸۰ درصد از مساحت ایران دارای آب و هوای خشک، ۱۶/۷ درصد آب و هوای معتدل و ۲/۳ درصد دارای آب و هوای سرد است (۲۲). در مطالعه حاضر ۳ شهر از ۳ ناحیه مختلف اقلیمی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. بدین منظور شهر اراک به ترتیب به نمایندگی از ناحیه مرکز ایران از ناحیه اقلیمی نیمه خشک و سرد، شهر بندرعباس به نمایندگی از سواحل جنوبی کشور از ناحیه اقلیمی گرم و خشک و شهر ساری به نمایندگی از سواحل شمالی کشور از ناحیه اقلیمی مرطوب جنب حاره‌ای انتخاب شده‌اند (۲۲). موقعیت شهرهای مورد مطالعه در شکل ۱ و مشخصات جغرافیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. داده‌های مورد نیاز جهت محاسبه شاخص آسایش حرارتی شامل متوسط درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی بر حسب درصد و سرعت جریان هوا بر حسب متر بر ثانیه در مقیاس روزانه طی دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۰ میلادی به مدت ۱۵ سال از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید.

- شاخص زیست اقلیمی بیکر: از این روش جهت ارزیابی دامنه تحریکات بیوکلیمای انسانی در محیط‌های مختلف استفاده می‌شود که توسط بیکر (۱۹۷۲) ارائه شده است این شاخص به شاخص قدرت سردکنندگی^۲ محیط معروف است. این روش به این دلیل انتخاب شده که در میان تمام عناصر اقلیمی در رابطه با ترکیب بیوکلیمای انسانی که تلفیقی از کمیت‌های دما و جریان باد است، جامع‌تر و مناسب‌تر می‌باشد و از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۲۳).

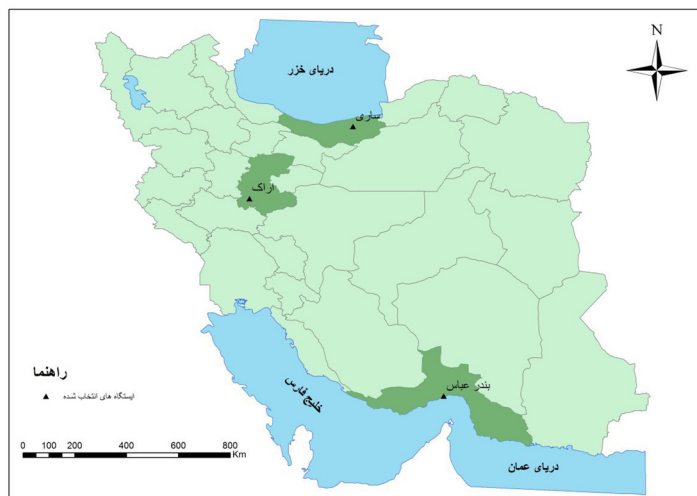
$$\text{CPI} = (0.26 + 0.34V^{0.632}) \times (36.5 - T) \quad (1)$$

در رابطه فوق V: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

برنامه‌ریزی‌های مدیریتی به‌ویژه بهداشتی و درمانی است. لذا با توجه به این رویکرد در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از بانک داده‌های سازمان هواشناسی سه اقلیم مختلف کشور (شهر اراک، بندرعباس و ساری) و پارامترهای محیطی ثبت شده توسط این سازمان، آسایش حرارتی با استفاده از دو شاخص زیست اقلیمی بیکر و فشار عصبی در طی یک دوره ۱۵ ساله مورد ارزیابی قرار گیرد و از این داده‌ها برای برنامه‌ریزی‌های آینده، راهبردهای پیشگیرانه و اقدامات کنترلی به‌منظور حفاظت افراد در فضاهای روباز استفاده نمود. داده‌های هواشناسی این مزیت را دارند که بصورت پیوسته ثبت شده و یک بانک داده جامع، ارزان و دقیق را در شرایطی اختیار ما قرار می‌دهند. همچنین امکان سنجش شرایط حرارتی توسط شاخص‌های آسایش در محیط‌های روباز با استفاده از پارامترهای جوی که به صورت روزانه توسط ایستگاه‌های هواشناسی در اکثر شهرستان‌های کشور اندازه‌گیری و ثبت می‌شود، می‌تواند به عنوان مزیت دیگر شناخته شود (در ارزیابی‌های محیطی می‌توان از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی هر منطقه نیز استفاده نمود) (۲۰، ۲۱). در این مطالعه سه شهر اراک (مرکز ایران)، ساری (شمال کشور) و بندرعباس (جنوب کشور) با توجه به تعداد بالای شاغلین فضای روباز که در شغل‌هایی مانند کشاورزی، باغبانی، ماهیگیری و شیلات، پالایشگاه، ترانزیت، معادن روباز، ساخت و ساز و توریسم به فعالیت مشغولند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین لازم به ذکر است که بررسی روند تغییرات دمایی و شاخص‌های حرارتی مورد استفاده در طی سال‌های متفاوت می‌تواند به عنوان یک راهنما و راهکار مدیریتی به کار گرفته شود، زیرا مطالعات مختلف نشان داده‌اند که تغییرات دمایی شدید در طول سال منجر به بیماری‌های مختلف و حتی مرگ افراد می‌شود.

¹ Köppen

² Cooling Power Index



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

شاخص فشار عصبی: این شاخص نوع فشار فیزیولوژیکی وارد آمده برای برقراری آسایش بین جذب و دفع گرما را مشخص می‌کند. هدف این شاخص تشریح سطح آسایش با استفاده از دما، رطوبت و باد است. در درجه حرارت‌های بالا، چهار عنصر اقلیمی، دما، رطوبت، سرعت جریان هوا و تابش نقش ایفا می‌کنند اما در دماهای پایین، به ترکیب دو عامل دما و سرعت جریان هوا توجه شده بدون آنکه عامل رطوبت در نظر گرفته شود. مهم‌ترین نکته در این روش این است که نتایج محاسبات در دو اقلیم گرم و سرد به ترتیبی است که برای اقلیم سردسیر شاخص فشار عصبی برای ماه‌های با دماهای متوسط ماهانه کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌شود. برای اقلیم‌های گرمسیری نیز، شاخص برای ماه‌های با متوسط ماهانه بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌گردد (۲۵).

T: معدل دمای روزانه برحسب درجه سانتی‌گراد
CPI: قدرت خنک‌کنندگی محیط بر حسب میکروکالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه
قدرت خنک‌کنندگی محیط با توجه به اختلاف بین دمای بدن و دمای هوا بر حسب میکروکالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه است. بیکر درجات خنک‌کنندگی محیط و آستانه‌های تحریک بیوکلیمای انسانی را به صورت جدول ۲ ارائه نمود (۲۴).
بر طبق روش بیکر چنانچه CPI کمتر از ۵ باشد سبب فشار بیوکلیمایی و شرایط نامطلوب خواهد بود و آن به دلیل دمای بالا می‌باشد و اگر بیش از ۲۰ باشد به دلیل پروتد بالا سبب تحریک آرام فشار بیوکلیمایی و عدم آسایش انسانی می‌شود. وقتی CPI بین ۵ تا ۲۰ قرار دارد شرایط آسایش بیوکلیمایی وجود خواهد داشت (۲۴).

جدول ۲- درجات قدرت خنک‌کنندگی محیط و آستانه‌های بیوکلیمایی بر حسب روش بیکر (۲۴)

میزان CPI (میکرو کالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه)	شرایط محیطی	شرایط بیوکلیمای انسانی
۴-۰	داغ، گرم، شرجی و نامطلوب	فشار بیوکلیمایی
۹-۵	گرم قابل تحمل	محدوده آسایش بیوکلیمایی
۱۹-۱۰	ملایم مطبوع	محدوده آسایش بیوکلیمایی
۲۹-۲۰	خنک	تحریک ملایم
۳۹-۳۰	سرد	تحریک متوسط تا شدید
۴۹-۴۰	خیلی سرد	به طور متوسط آزاردهنده
۵۹-۵۰	سرد نامطبوع	به شدت آزاردهنده
۷۰-۶۰	سرمازی زیاد غیرقابل تحمل	غیر قابل تحمل

جدول ۳- درجه بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی (۲۶)

ضرایب آسایش مربوط به دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد	ضرایب آسایش مربوط به دماهای بیشتر از ۲۰ درجه سانتیگراد
ضریب آسایش (H)	ضریب آسایش (CI)
آهنگ سرمایش	آهنگ گرمایش
کمتر از ۳۹۵	خنک با شرایط عدم آسایش
مطبوع	خنک
۳۹۶-۵۴۰	آسایش
خنک	گرم با شرایط آسایش
۵۴۱-۷۹۰	گرم با شرایط عدم آسایش
خیلی خنک	شرایط عدم آسایش زیاد
سرد	شرایط عدم آسایش کامل
۷۹۱-۹۹۹	بیشتر از ۱۵
خیلی سرد	
۱۰۰۰-۱۱۹۹	
سرماي گزنده	
۱۲۰۰-۱۴۳۹	
سطح پوست به سرعت یخ می زند	
۱۴۴۰ و بیشتر	

یافته‌ها

در جدول ۴ میانگین و انحراف معیار پارامترهای دما (درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی (درصد) و سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه) در سه اقلیم مورد بررسی در ماه‌های مختلف سال نشان داده شده است.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشخص است، در شهر اراک بیشترین میانگین دما در طی سال‌های مورد بررسی در ماه جولای ($1/165 \pm 28/0$ °C) بوده است و همچنین کمترین میانگین دما مربوط به ماه ژانویه که برابر ($1/14/94 \pm 1$ °C) است. همچنین بیشترین میزان رطوبت هوا در ماه ژانویه ($70/3 \pm 67/87$) و کمترین میزان رطوبت هوا مربوط به ماه جولای ($22/1 \pm 96/25$) است. در شهر ساری بیشترین میانگین دما در ۱۵ سال در ماه آگوست ($27/0 \pm 55/57$ °C) بوده است و همچنین کمترین میانگین دما مربوط به ماه ژانویه که برابر ($7/0 \pm 9/68$ °C) است. همچنین بیشترین میزان رطوبت هوا در ماه دسامبر ($81/2 \pm 2/6$) و کمترین میزان رطوبت هوا مربوط به ماه آگوست ($73/1 \pm 7/94$) است. در شهر بندرعباس بیشترین میانگین دما در طی ۱۵ سال در ماه جولای ($34/0 \pm 27/26$ °C) بوده است و همچنین کمترین میانگین دما مربوط به ماه ژانویه که برابر ($17/0 \pm 44/62$ °C) است. همچنین بیشترین میزان رطوبت هوا در ماه آگوست ($68/2 \pm 39/41$) و کمترین میزان رطوبت هوا مربوط به ماه دسامبر ($4 \pm 57/0$) است.

نتایج مربوط به شاخص بیکر در ماه‌های مختلف در طول سال‌های مورد بررسی در جدول ۵ ارائه شده است. در شهر اراک بیشترین میانگین این شاخص در طی

(به عبارتی دیگر دو رابطه مجزا برای محاسبه شاخص فشار عصبی در ماه‌هایی که میانگین دمای آن‌ها از ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمتر است و در ماه‌هایی که میانگین دمای آن‌ها بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد است، تدوین شده است).

شاخص فشار عصبی برای دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد از روابط ۲ الی ۴ محاسبه می‌شود: (۲۶).

$$I = (0.5 + U^2 \times 10^{-4}) (T - 80 + 0.11U) \quad (2)$$

$$dI = -0.35V^{0.5} (20 + 0.5U - 0.2T) \quad (3)$$

در این رابطه I شاخص دمای مؤثر، T دما به فارنهایت، U رطوبت نسبی به درصد و V سرعت باد بر حسب فوت می‌باشد.

این شاخص به صورت زیر ارائه می‌گردد.

$$CI = I - dI \quad (4)$$

در این رابطه، CI شاخص عددی آسایش، I شاخص دمای مؤثر و مقدار رطوبت با فرض شرایط هوای ساکن و آرام و dI شاخصی است که در اثر سرمایش اضافی ناشی از حرکت هوا می‌باشد.

میزان این شاخص برای دماهای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد.

$$H = (0.57 \times V^{0.42}) (36.5 - T) \times 36 \quad (5)$$

H قدرت خنک‌کنندگی بر حسب کیلوکالری بر ساعت بر متر مربع، T دمای هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد و V سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه است. جدول شماره ۳ درجه‌بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی را نشان می‌دهد.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MicrosoftOffice Excel 2010 و SPSS ۱۸ انجام گرفت.

جدول ۴- میانگین پارامترهای محیطی در ماه‌های مختلف سال در سه اقلیم متفاوت در سال‌های مورد بررسی

ماه	پارامتر	اراک	ساری	بندرعباس
ژانویه	دما (°C)	-۱/۱۴±۱/۹۴	۸۷/۹±۰/۶	۱۷/۴۴±۰/۶۲
	رطوبت نسبی (%)	۷۰/۶۷±۳/۸۷	۷۹/۵۳±۲/۲۰	۶۳/۱±۴/۴
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۹۷±۰/۳۰	۱/۵۴±۰/۱۸	۲/۷۳±۰/۱۷
فوریه	دما (°C)	۲/۸۴±۲/۴۸	۸/۵۲±۰/۹۰	۱۹/۷۵±۱/۲۲
	رطوبت نسبی (%)	۶۰/۵۴±۶/۷	۸۰/۳۸±۲/۱۰	۶۵/۱±۴/۲
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۷۶±۰/۴۶	۱/۷۷±۰/۲۰	۳/۱۱±۰/۲۴
مارس	دما (°C)	۹/۱۲±۱/۱۶	۱۱/۵۵±۱	۲۳/۱۹±۱
	رطوبت نسبی (%)	۴۶/۱±۲/۷۳	۷۸/۹۴±۲/۹۰	۶۴/۴۰±۲/۷۱
	سرعت جریان هوا (m/s)	۲/۴۳±۰/۴۳	۲±۰/۱۸	۳/۳۳±۰/۲
آوریل	دما (°C)	۱۳/۹±۱/۵۳	۱۵/۷۴±۱/۵۰	۲۷/۵±۱/۱۸
	رطوبت نسبی (%)	۴۶/۵±۳/۴۰	۷۸/۳۴±۲/۶۰	۵۹/۶۸±۲/۲
	سرعت جریان هوا (m/s)	۲/۳۳±۰/۳۷	۲/۰۱±۰/۲۲	۳/۴۸±۰/۱۶
می	دما (°C)	۱۹/۱±۲	۲۰/۸۶±۱/۸۰	۳۱/۶±۰/۹
	رطوبت نسبی (%)	۳۶/۹۳±۵/۴۱	۷۶±۲/۶۰	۵۷/۴±۲/۳۳
	سرعت جریان هوا (m/s)	۲/۳۲±۰/۲۴	۱/۹۹±۰/۱۷	۳/۵±۰/۱۳
ژوئن	دما (°C)	۲۵/۲±۱/۳۷	۲۴/۸۷±۰/۷۹	۳۳/۷۳±۰/۵
	رطوبت نسبی (%)	۲۴/۷±۱/۵۵	۷۳/۸±۱/۹۰	۶۰/۳±۳/۳۷
	سرعت جریان هوا (m/s)	۲/۱±۰/۱۷	۱/۸۶±۰/۱۵	۳/۶۲±۰/۱۳
جولای	دما (°C)	۲۸/۱±۰/۶۵	۲۷±۰/۷۵	۳۴/۲۷±۰/۲۶
	رطوبت نسبی (%)	۲۲/۹۶±۱/۲۵	۷۳/۷۴±۱/۷۵	۶۶/۵۱±۲/۴۶
	سرعت جریان هوا (m/s)	۲/۰۴±۰/۱۸	۱/۷±۰/۱۷	۳/۸۶±۰/۱۷
آگوست	دما (°C)	۲۶/۸±۱/۱۱	۲۷/۵۵±۰/۵۷	۳۳/۵۸±۰/۵۶
	رطوبت نسبی (%)	۲۳/۱±۲/۴۴	۷۳/۷±۱/۹۴	۶۸/۳۹±۲/۴۱
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۷۵±۰/۱۹	۱/۶۱±۰/۱۷	۳/۸۳±۰/۱۶
سپتامبر	دما (°C)	۲۲/۲±۱/۸۴	۲۴/۴۶±۱/۳۶	۳۲/۱۲±۰/۶۱
	رطوبت نسبی (%)	۲۵/۲۵±۲/۸۰	۷۷/۶±۱/۳۰	۶۷/۲۲±۲/۳۷
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۶۶±۰/۲۴	۱/۵۵±۰/۱۴	۳/۳۷±۰/۲۱
اکتبر	دما (°C)	۱۵/۶۰±۲/۳۸	۱۹/۶۰±۱/۶۰	۲۹/۲۳±۱/۲
	رطوبت نسبی (%)	۳۹/۲۲±۸	۷۹±۱/۸۰	۶۴/۹۷±۲/۶۶
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۴۹±۰/۲۶	۱/۴۵±۰/۲۳	۲/۹۸±۰/۲
نوامبر	دما (°C)	۷/۰۴±۲/۱	۱۳/۵۱±۱/۸۰	۸/۸۳±۱/۲۳
	رطوبت نسبی (%)	۶۲/۳±۳/۵۳	۸۰/۷۳±۱/۶۷	۵۸/۹۶±۲/۸
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۰۵±۰/۲۴	۱/۳۶±۰/۲۴	۳/۰۴±۰/۲۵
دسامبر	دما (°C)	۲/۲۶±۱/۲۱	۹/۳۳±۰/۸۶	۱۹/۳۵±۱/۱۶
	رطوبت نسبی (%)	۶۸/۶۶±۲/۳۱	۸۱/۲۰±۲/۶۰	۵۷±۴
	سرعت جریان هوا (m/s)	۱/۳۲±۰/۲۷۰	۱/۳۲±۰/۲۹	۲/۹۱±۰/۳۲

این شاخص در طی سال‌های مورد بررسی در ماه فوریه (۲۰/۱±۹/۳) و کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه آگوست (۶/۰±۴۴/۵) بود. با توجه به نتایج، در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس بیانگر شرایط خنک، ماه‌های آوریل و می، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای وضعیت ملایم و مطبوع و ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر نشانگر هوای گرم قابل تحمل

سال‌های مورد بررسی در ماه فوریه (۲۴/۲±۸۷/۴۶) و کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه جولای (۶/۰±۶۴/۵۲) بود. نتایج نشان داد که در ماه ژانویه فوریه، مارس و دسامبر شرایط محیطی خنک، ماه‌های آوریل، می، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شرایط ملایم و مطبوع و ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست نشانگر هوای گرم قابل تحمل است. در شهر ساری بیشترین میانگین

جدول ۵- میانگین شاخص بیکر در ماه های مختلف سال در سه اقلیم متفاوت

ماه	اراک	ساری	بندرعباس
ژانویه	۲۲/۱۳±۲	۲۰/۲±۱/۱۴	۱۷/۱۷±۰/۷۲
	خنک	خنک	ملايم مطبوع
فوریه	۲۴/۸۷±۲/۴۶	۲۰/۹±۱/۳	۱۶±۱/۴
	خنک	خنک	ملايم مطبوع
مارس	۲۳/۳۵±۲	۱۹/۵۶±۱	۱۳/۱۳±۱
	خنک	خنک	ملايم مطبوع
آوریل	۱۸/۹۲±۱/۷	۱۶/۳۳±۱/۳	۹±۱
	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع	گرم قابل تحمل
می	۱۴/۶±۲	۱۲/۲±۱/۶	۵±۰/۹۶
	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع	داغ، گرم و شرعی
ژوئن	۹/۱۱±۱/۱۸	۸/۸۷±۰/۷۵	۲/۸۴±۰/۵
	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	داغ، گرم و شرعی
جولای	۶/۶۴±۰/۵۲	۷±۰/۷۳	۲/۳۵±۰/۲۸
	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	داغ، گرم و شرعی
آگوست	۷/۱۸±۰/۸۲	۶/۴۴±۰/۵	۳±۰/۵۹
	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	داغ، گرم و شرعی
سپتامبر	۱۰/۴±۱/۴	۸/۵۲±۰/۹۵	۴/۳۳±۰/۵
	ملايم مطبوع	گرم قابل تحمل	داغ، گرم و شرعی
اکتبر	۱۴/۵۵±۱/۹	۱۱/۶±۱/۱	۶/۸±۱
	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع	گرم قابل تحمل
نوامبر	۱۷/۹±۱/۶	۱۵/۴±۱/۴	۱۲±۱/۶
	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع
دسامبر	۱۹/۹±۲/۱۷	۱۷/۹۴±۱/۵	۱۵/۹±۱/۵
	خنک	ملايم مطبوع	ملايم مطبوع

دارای وضعیت خیلی خنک، سه ماه می، سپتامبر و اکتبر، خنک و ماه های ژوئن، جولای و آگوست گرم با شرایط آسایش به حساب می آیند. در شهر ساری پنج ماه ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر بیانگر شرایط خیلی خنک، سه ماه می، اکتبر و نوامبر، دارای وضعیت خنک، ماه های ژوئن و سپتامبر گرم با شرایط آسایش و دو ماه جولای و آگوست گرم با شرایط عدم آسایش دارند. نتایج در شهر بندرعباس نشان داد که ماه های ژانویه و فوریه دارای شرایط خیلی خنک، ماه دسامبر خنک، دو ماه مارس و نوامبر دارای وضعیت گرم با شرایط آسایش، دو ماه آوریل و اکتبر، گرم با شرایط عدم آسایش و ماه می، ژوئن، دسامبر بیانگر شرایط ملايم و مطبوع، ماه های آوریل و اکتبر گرم وضعیت قابل تحمل و پنج ماه می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر دارای شرایط عدم آسایش کامل می باشد. نتایج همبستگی بین شاخص های بیکر و فشار عصبی

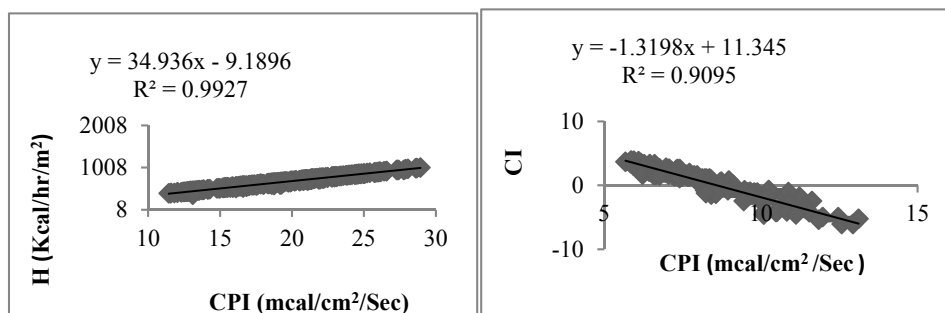
می باشد. در شهر بندرعباس بیشترین میانگین این شاخص در طی سال های مورد بررسی در ماه ژانویه (۱۷/۱۷±۰/۷۲) و همچنین کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه جولای (۲/۳۵±۰/۲۸) به دست آمد. همان طور که از جدول مشخص است ماه های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر بیانگر شرایط ملايم و مطبوع، ماه های آوریل و اکتبر گرم وضعیت قابل تحمل و پنج ماه می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر دارای شرایط محیطی داغ، گرم و شرعی می باشد.

نتایج مربوط به شاخص فشار عصبی در ماه های مختلف در طول سال های مورد بررسی در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج بررسی ها با استفاده از شاخص فشار عصبی در شهر اراک نشان داد که دو ماه فوریه و مارس دارای شرایط سرد، ماه های ژانویه، آوریل، نوامبر و دسامبر

جدول ۶- میانگین شاخص فشار عصبی در ماه‌های مختلف سال در سه اقلیم متفاوت

ماه	اراک	ساری	بندرعباس
ژانویه	۷۵۱±۸۴/۹ (H)	۷۰۳±۴۱/۳ (H)	۵۹۶/۱۷±۲۴/۲ (H)
فوریه	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک
مارس	۸۶۴±۸۴/۵ (H)	۷۲۸/۵±۴۸/۶ (H)	۵۵۴±۴۷/۷ (H)
آوریل	سرد	خیلی خنک	خیلی خنک
می	۸۱۱/۷±۶۹/۶ (H)	۶۸۲/۲۴±۳۶/۵ (H)	۰/۷۵±۱/۷ (CI)
ژوئن	سرد	خیلی خنک	گرم با شرایط آسایش
جولای	۶۵۸/۵±۶۰ (H)	۵۶۹/۶±۴۵/۹ (H)	۶/۹±۱/۶ (CI)
اگوست	خیلی خنک	خیلی خنک	گرم با شرایط عدم آسایش
سپتامبر	۵۰۸/۶±۷۰/۷ (H)	-۲/۳۵±۳/۳ (CI)	۱۲/۶±۱/۵ (CI)
اکتبر	خنک	خنک	شرایط عدم آسایش زیاد
نوامبر	-۰/۰۰۸±۱/۳۵ (CI)	۵/۱±۱/۴ (CI)	۱۶/۷۱± ۱/۲ (CI)
دسامبر	آسایش	گرم با شرایط آسایش	شرایط عدم آسایش کامل
	۲/۸۴±۰/۵ (CI)	۹/۱۱±۱/۱۳ (CI)	۱۹/۸± ۰/۸ (CI)
	گرم با شرایط آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	شرایط عدم آسایش کامل
	۱/۵۷±۱ (CI)	۱۰/۱±۰/۷ (CI)	۱۹/۳±۰/۵۵ (CI)
	گرم با شرایط آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	شرایط عدم آسایش کامل
	-۳±۱/۷ (CI)	۵±۲/۶ (CI)	۱۶/۴±۱/۵ (CI)
	خنک	گرم با شرایط آسایش	شرایط عدم آسایش کامل
	۵۰۵/۴۵±۶۷/۷ (H)	۴۰۲/۷±۳۹ (H)	۱۰/۸۵±۲ (CI)
	خنک	خنک	گرم با شرایط عدم آسایش
	۶۱۲±۶۲ (H)	۵۳۴±۵۰ (H)	۱/۲۵±۳ (CI)
	خیلی خنک	خنک	گرم با شرایط آسایش
	۶۷۴±۹۲ (H)	۶۲۰±۵۹ (H)	۵۴۰±۵۰/۵ (H)
	خیلی خنک	خیلی خنک	خنک



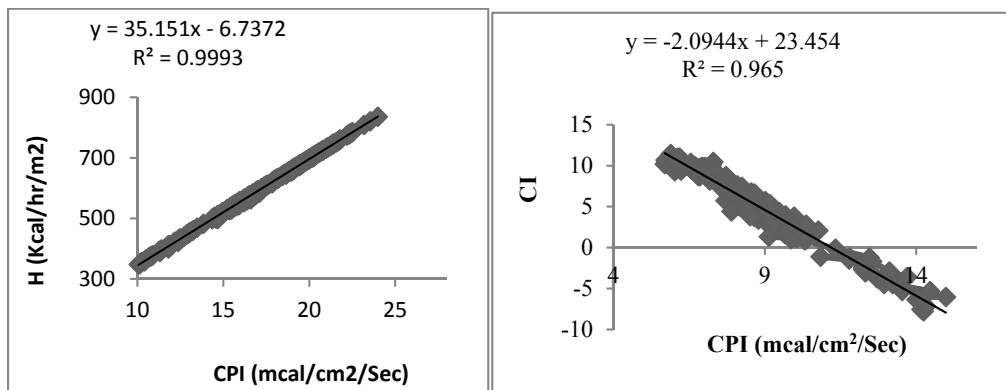
شکل ۲- همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی در اقلیم نیمه خشک و سرد (اراک)

داده‌های سازمان هواشناسی و پارامترهای محیطی ثبت شده توسط این سازمان، دو شاخص آسایش حرارتی بیکر و فشار عصبی که دارای پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی محیط‌های روباز می‌باشد را مورد ارزیابی قرار داده و از این داده‌ها برای تدوین برنامه‌های پیشگیری، سازماندهی و مباحث حفاظتی استفاده نمود. داده‌های هواشناسی این مزیت را دارند که بصورت پیوسته ثبت

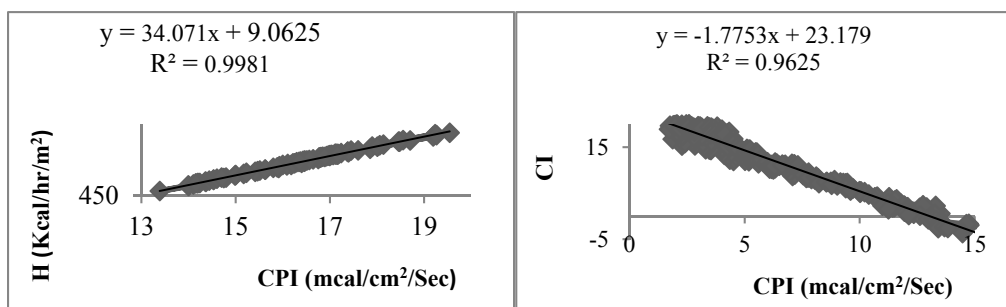
در سه اقلیم مورد بررسی در شکل ۲ تا ۴ آمده است. بر اساس نمودارهای ۲ الی ۴، بین دو شاخص مورد استفاده در این مطالعه، همبستگی بسیار بالایی در سه اقلیم مختلف مشاهده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از بانک



شکل ۳- همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی در اقلیم مرطوب جنب حاره ای (ساری)



شکل ۴- همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی در اقلیم گرم و خشک (بندرعباس)

شاغلین مشاغل روباز در نظر گرفته شود تا از استرس گرمایی محافظت شوند (۳۰، ۳۱).

نتایج بررسی آسایش حرارتی با استفاده از شاخص بیکر نشان داد در شهر اراک به‌عنوان نماینده اقلیم نیمه خشک و سرد بیشترین میانگین این شاخص در طی سال‌های مورد بررسی در ماه فوریه (۲۴/۲±۸۷/۴۶) و کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه جولای (۶/۰±۶۴/۵۲) بود. همچنین نتایج نشان داد که در ماه ژانویه فوریه، مارس و دسامبر شرایط محیطی خنک، ماه‌های آوریل، می، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شرایط ملایم و مطبوع و ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست نشانگر هوای گرم قابل تحمل است. با توجه به نتایج به دست آمده نزدیک به ۲۷ درصد از روزهای سال دارای شرایط گرم، قابل تحمل (آسایش بیوکلیمایی)، ۴۲ درصد از روزها دارای وضعیت ملایم و مطبوع (آسایش بیوکلیمایی) و در حدود ۳۱٪ دیگر شرایط خنک (تحریک ملایم) وجود دارد. می‌توان بیان نمود که در حدود ۷۰ درصد از روزهای سال، آسایش حرارتی به چشم می‌خورد. نتایج مطالعه لشکری و همکاران با عنوان تحلیل شرایط بیوکلیمای انسانی استان

شده و یک بانک داده جامع، ارزان و دقیق را در شرایطی اختیار ما قرار می‌دهند (۲۱، ۲۷). لذا در این مطالعه برای محاسبه شاخص‌های اشاره شده از داده‌های هواشناسی روزانه در سه اقلیم مختلف کشور استفاده شد.

نتایج این مطالعه (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان دما در طی سال‌های مورد بررسی در سه شهر مورد مطالعه مربوط به ماه‌های جولای و آگوست و کمترین میزان دما هم مربوط به ماه ژانویه می‌باشد. Basu و همکاران در پژوهش خود بر این عقیده‌اند که افزایش دما احتمال خطر مرگ و میر و میزان آسیب‌پذیری مبتلایان بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی را بالا می‌برد (۲۸). مطالعات انجام شده توسط Maeda و همکاران نشان داد که میزان مرگ و میر در اثر گرمادگی به علت افزایش در میزان دمای هوا در ماه جولای و آگوست از دیگر ماه‌های سال بیشتر است (۲۹). این نتایج نشان می‌دهد که افراد در دو ماه اشاره شده، بیشتر از ماه‌های دیگر در خطر استرس گرمایی و بیماری‌های ناشی از گرما قرار دارند؛ بنابراین در این ماه‌های سال بایستی تدابیر حفاظتی مخصوصاً برای

مارس شرایط خنک و سرد و دو ماه جولای و آگوست، داغ و نامطبوع می‌باشد ولی دو ماه ژوئن و اکتبر شرایط گرم ولی قابل تحملی دارند (۳۳). مطالعه احمدی و همکاران نیز در شهر ایلام نشان‌دهنده این نتایج بود که شهر ایلام در ماه‌های دی، فروردین و آذر دارای وضعیت هوای سرد و تحریک بیوکلیمایی متوسط تا شدید است، ماه‌های بهمن و اسفند با هوای خیلی سرد تحریک بیوکلیمایی به طور متوسط فشاردهنده است. ماه‌های اردیبهشت، مهر و آبان با هوای خنک دارای تحریک بیوکلیمایی ملایم، ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور با وضعیت هوای ملایم و مطبوع از آسایش بیوکلیمایی برخوردار می‌باشند (۳۴).

نتایج بررسی‌ها با استفاده از شاخص فشار عصبی در شهر اراک نشان داد که دو ماه فوریه و مارس دارای شرایط سرد، ماه‌های ژانویه، آوریل، نوامبر و دسامبر دارای وضعیت خیلی خنک، سه ماه می، سپتامبر و اکتبر، خنک و ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست گرم با شرایط آسایش به حساب می‌آیند. در شهر ساری پنج ماه ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر بیانگر شرایط خیلی خنک، سه ماه می، اکتبر و نوامبر، دارای وضعیت خنک، ماه‌های ژوئن و سپتامبر گرم با شرایط آسایش دو ماه جولای و آگوست گرم با شرایط عدم آسایش دارند. نتایج در شهر بندرعباس نشان داد که ماه‌های ژانویه و فوریه دارای شرایط خیلی خنک، ماه دسامبر خنک، دو ماه مارس و نوامبر دارای وضعیت گرم با شرایط آسایش، دو ماه آوریل و اکتبر، گرم با شرایط عدم آسایش و ماه می، ژوئن، دسامبر بیانگر شرایط ملایم و مطبوع، ماه‌های آوریل و اکتبر گرم وضعیت قابل تحمل و پنج ماه می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر دارای شرایط آسایش کامل می‌باشد.

مطالعاتی با استفاده از این شاخص در حوزه‌های مختلف از جمله حوزه گردشگری در کشورمان صورت گرفته است که به چند مطالعه در این زمینه اشاره می‌شود. به نتایج مطالعه مولی نژاد با عنوان مطالعه رابطه اقلیم و آسایش انسان در محیط شهری با استفاده از شاخص فشار عصبی در شهر تهران نشان داد که نواحی شمالی تهران در دوره گرم سال ضریب آسایش مناسبی دارند، اما نواحی جنوبی به علت دارا بودن ضریب شاخص عصبی بالا در شرایط عدم آسایش قرار

آذربایجان غربی به روش بیکر نشان داد که حداقل در طول ۵ ماه از سال در تمام سطح استان شرایط بیوکلیمای نامطلوب سرد تا خیلی سرد حاکم است که با احتساب تفاوت‌های ایستگاهی ۶۷ درصد از طول سال در محدوده شرایط سرما می‌باشد (۳۲).

در شهر ساری به‌عنوان نماینده اقلیم مرطوب جنب حاره‌ای بیشترین میانگین این شاخص در طی سال‌های مورد بررسی در ماه فوریه ($20/1 \pm 9/3$) و کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه آگوست ($6/0 \pm 44/5$) بود. با توجه به نتایج، در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس بیانگر شرایط خنک، ماه‌های آوریل و می، اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای وضعیت ملایم و مطبوع و ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر نشانگر هوای گرم قابل تحمل می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که ۳۳/۵ درصد از روزهای سال دارای شرایط گرم، قابل تحمل (آسایش بیوکلیمایی)، ۵۲/۵ درصد از روزها دارای وضعیت ملایم و مطبوع (آسایش بیوکلیمایی) و در حدود ۱۴٪ دیگر شرایط خنک (تحریک ملایم) وجود دارد.

در شهر بندرعباس به‌عنوان نماینده اقلیم گرم و خشک بیشترین میانگین این شاخص در طی سال‌های مورد بررسی در ماه ژانویه ($17/0 \pm 17/72$) و همچنین کمترین میانگین این شاخص مربوط به ماه جولای ($2/0 \pm 35/28$) به دست آمد. ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر بیانگر شرایط ملایم و مطبوع، ماه‌های آوریل و اکتبر گرم وضعیت قابل تحمل و پنج ماه می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر دارای شرایط محیطی داغ، گرم و شرجی می‌باشد. از سویی دیگر نتایج نشان‌دهنده این مطلب بود که ۳۶/۷ درصد از روزهای سال دارای شرایط داغ، گرم، شرجی و نامطلوب (فشار بیوکلیمایی)، ۲۱/۳ درصد از روزها دارای وضعیت گرم، قابل تحمل (آسایش بیوکلیمایی) و ۴۱٪ از روزها شرایط ملایم و مطبوع (آسایش بیوکلیمایی) وجود دارد. از شاخص بیکر در چند مطالعه برای مقاصد گردشگری نیز استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه جوان و همکاران در شهر ارومیه اشاره نمود. نتایج نشان داد که در ماه‌های نوامبر، دسامبر، آوریل و می، دارای شرایط ملایم و مطبوع و مناسب برای گردشگری است و ماه‌های ژانویه، فوریه و

شاخص‌های اشاره شده را پیش‌بینی نمود. امید است که از این طریق، بتوان گامی در جهت حفظ و صیانت از سلامت افراد و بخصوص نیروی انسانی مشاغل روباز برداشت. لازم به ذکر است که نمی‌توان از این شاخص‌ها برای ارزیابی استرین‌های گرمایی با دقت بالایی استفاده نمود و تنها به عنوان یک شاخص غربال‌گری مطرح خواهند بود.

References

1. Zamanian Z, Mortazavi SM, Asmand E, Nikeghbal K. Assessment of health consequences of steel industry welders' occupational exposure to ultraviolet radiation. *Int J Prev Med*. 2015; 6.
2. Dehghan SF, Nassiri P, Monazzam MR, Aghaei HA, Moradirad R, Kafash ZH, et al. Study on the noise assessment and control at a petrochemical company. *Noise Vibr World*. 2013; 44(1):10-18.
3. Zamanian Z, Nikravesi A, Monazzam MR, Hassanzadeh J, Fararouei M. Short-term exposure with vibration and its effect on attention. *J Environ Health Sci Engineer*. 2014; 12(1):135.
4. Zamanian Z, Dehghani M, Hashemi H. Outline of changes in cortisol and melatonin circadian rhythms in the security guards of Shiraz University of Medical Sciences. *Int J Prev Med*. 2013; 4(7):825.
5. Monazzam MA, Asghari M, Boubehrej M. Assessment of community response to odor annoyance in nearby residents of a vegetable oil processing plant. *Advances Environ Biol*. 2012; 6(5):1834-41.
6. Zakerian SA, Monazzam MR, Dehghan SF, Mohraz MH, Safari H, Asghari M. Relationship between knowledge of ergonomics and workplace conditions with musculoskeletal disorders among nurses: A questionnaire survey. *World Appl Sci J*. 2013; 24(2).
7. Fallah Ghalhari G, Mayvaneh F, Shakeri F. Evaluation of thermal comfort and human health using Universal Thermal Climate Index (UTCI) Case Study: Kurdistan province. *Iran J Health Environ*. 2015; 8(3):367-78.
8. Safaeipoor M, Shabankari M, Taghavi T. The effective bioclimatic indices on evaluating human comfort (a case study: Shiraz City). *Geogr Environ Plan J*. 2013; 50(2): 47-51.
9. Jendritzky G, de Dear R, Havenith G. UTCI—Why another thermal index? *Int J Biometeorol*. 2012; 56(3):421-28.
10. Mayvaneh F, Akbari E, Baaghdeh M. The Relationship between Thermal Comfort Indices and Mortality from Heart Disease. *Med J Mashhad Uni Med Sci*. 2015; 57(8):932-42.

دارند. همچنین، در دوره سرد نواحی شمالی تهران در شرایط عدم آسایش خنک قرار دارند در حالی که نواحی جنوبی به مراتب شرایط آسایشی بهتری دارند. به طوری که با افزایش روند دمایی در ایستگاه‌ها انتظار می‌رود در آینده نزدیک، ماه‌های سرد شرایط مساعدتری برای آسایش و راحتی فیزیولوژی انسان داشته باشند و متقابلاً در ماه‌های گرم شرایط عدم آسایش تشدید شود (۲۶).

نتایج مطالعه جوان با استفاده از شاخص فشار عصبی در شهر ارومیه نشان داد که ماه‌های جولای و آگوست دارای شرایط آسایش و مناسب برای گردشگری است و چهار ماه می، ژوئن، سپتامبر و اکتبر، شرایط اقلیمی خنک و ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل خیلی خنک به حساب می‌آید (۳۳).

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص‌های آسایش بیوکلیمایی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایش را در سه اقلیم مختلف کشور را دارند و با وجود تفاوت‌های جزئی، نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی شهرهای مورد بررسی را ارائه می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که مناطق مورد مطالعه در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط داغ تا بسیار خنکی برخوردار هستند. در مورد مزیت استفاده از این شاخص‌ها باید اشاره نمود که می‌توان از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان‌های هواشناسی برای پیش‌بینی و اعلام به موقع وضعیت استرس‌های گرمایی و سرمایی و آسایش حرارتی در مناطق مختلف استفاده نمود. این امر خود کمک خواهد نمود تا در صورت اتخاذ اقدامات مدیریتی پیش‌گیرانه توسط سازمان‌ها و مراکز مربوطه، ریسک بروز شرایط استرس گرمایی و سرمایی، مشکلات و عوارض ناشی از آن در بین افراد و شاغلین فضای روباز در معرض کاهش یابد. همچنین مدیران و کارفرمایان محترم می‌توانند با استفاده از این نتایج تمهیدات و اقدامات مدیریتی و کنترلی لازم را جهت حفاظت شاغلین در ماه‌های مختلف سال مورد استفاده قرار دهند. از سویی دیگر با توجه به پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی کره زمین در دهه‌های آتی می‌توان با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف تغییر اقلیم میزان

³ Global Warming

11. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaie F, Abbassinia M, Chavoshi M, Asghari M. Heat stress Regulations and standards: The key to preventing heat-related illness. *Occup Med Quart J*. 2016; 8(4): 76-98.
12. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaie F, Abbasinia M, Chavoshi M, Taheri F, et al . Exposure to heat stress in the workplace: a systematic review study. *Iran Occup Health*. 2018; 15 (2):118-128.
13. Hartz DA, Golden JS, Sister C, Chuang WC, Brazel AJ. Climate and heat-related emergencies In Chicago, Illinois (2003–2006). *Int j biometeorol*. 2012; 56(1):71-83.
14. Nastos PT, Matzarakis A. The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoret Appl Climatol*. 2012; 108(3-4):591-9.
15. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaie F, Dehghan SF, Rafieepour A, Morteza pour AR, et al. Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for assessment of occupational heat stress in open-pit mines. *Indust Health*. 2017; 55(5):437-43.
16. Asghari M, Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaie F, Arabalibeik H, Shamsipour A, et al. Weighting Criteria and Prioritizing of Heat stress indices in surface mining using a Delphi Technique and Fuzzy AHP-TOPSIS Method. *J Enviro Health Sci Engineer*. 2017; 15(1):1.
17. Heidari HR, Golbabaie F, Arsang Jang S, Shamsipour AA. Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran. *Health Safe Work*. 2016; 6(3):29-42.
18. Kántor N, Unger J. The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment the mean radiant temperature. *Central Euro J Geosci*. 2011; 3(1):90-100.
19. Nassiri P, Monazzam M, Golbabaie F, Shamsipour A, Teimori G, Arabalibeik H, et al. Validity of Thermal Comfort Indices Based on Human Physiological Responses in Typical Open Pit Mines. *IntJ Occup Hyg*. 2017; 9(1):26-32.
20. Heidari H, Rahimifard H, Mohammadbeigi A, Golbabaie F, Sahranavard R, Shokri Z. Validation of air enthalpy in evaluation of heat stress using wet bulb globe temperature (WBGT) and body core temperature: A case study in a hot and dry climate. *JHSW*. 2018; 8 (1):81-92.
21. Hajizadeh R, Farhang Dehghan S, Mehri A, Golbabaie F, Beheshti MH, Haghghatjou H. Heat Stress Assessment in Outdoor Workplaces of a Hot Arid Climate Based on Meteorological Data: A Case Study in Qom, Iran. *J Mil Med*. 2015; 17 (2):89-95.
22. Fallah Ghalhari Gh, Esmaili R, Shakeri F. Assessing the seasonal variability of thermal stresses during the last half century in some climatic zones of Iran. *Iran J Health Enviro*. 2016; 9(2):233-46.
23. Nasiri B, Mirian M. Investigating the Effective Bioclimatic Factors on Tourism Industry (Case of Study: Zanjan, Iran). *Asian Social Science*. 2016; 12(4):108.
24. Hedayati Rad F, Shabankari M, Zarghamiyan MR, Abarghoei S. Evaluation of the bioclimatic indices influencing human comfort (Case study: Arvand Free Zone). *J Env Sci Tech*. 2016; 18(2):21-41.
25. Mohammadi H, Saeidi A. Effective bioclimatic indexes on human comfort assessment (case study: Ghom city). 2008; 34(47) 73-86.
26. Molanejad M. Relations between Climate and Human Comfort in Urban Environment Using Neurotic Pressure Index (Case study: Tehran City). *J Enviro Stud*. 2015; 41(1):55-7.
27. Ghalhari GF, Dehghan SF, Shakeri F, Abbasinia M, Asghari M. Thermal comfort and heat stress indices for outdoor occupations over 15 years: a case study from Iran. *Weather (In Press)*.
28. Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2002; 24(2):190-202.
29. Maeda T, Kaneko SY, Ohta M, Tanaka K, Sasaki A, Fukushima T. Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers. *J Occup Health*. 2006; 48:223–9.
30. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaie F, Shamsipour A, Arabalibeik H, Morteza pour A R, et al . Applicability of Modified discomfort index (MDI) in Outdoor occupational environments: a case study of an open pit mines in Tehran Province. *Iran Occup Health*. 2018; 15(1):135-145.
31. Farshad A, Montazer S, Monazzam MR, Eyvazlou M, Mirkazemi R. Heat stress level among construction workers. *Iran J Public Health*. 2014; 43(4):492.
32. Lashkari H, Davari R. Human Bioclimatical Analysis of West Azarbajejan Provinc with Backer Index. *Quarterly Geograph J Territory*. 2004;1(3):36-55.
33. Javan K, Mollazade V. Evaluation of tourism climate in urmia using bioclimatic indices. *Geograph J Chashmamandaz-E- Zagros*. 2013;5(16):83-96.
34. Ahmadi H, Shaemi A. Applying bioclimatic indices to assess the climatic comfort of Illam city. *J Physic Develop Plan*. 2013; 1(1):75-88.