

ارزیابی شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر آسایش انسان

(مطالعه موردی: منطقه آزاد اروند)

فائزه هدایتی راد^{*۱}

f.hedayati.rad@gmail.com

مهران شبانکاری^۲

محمد رضا ضراغامیان^۳

صفورا ابرقویی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: شناخت پتانسیل‌های طبیعی، به‌عنوان بستر فعالیت‌های انسانی پایه و اساس غالب برنامه‌ریزی‌های محیطی و آمایش سرزمین را تشکیل می‌دهد. در این راستا ویژگی‌های اقلیمی و اغلب عناصر آن در پراکندگی فضایی و شکل‌گیری رفتار محیطی جوامع انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند، تا آن‌جا که امروزه مطالعات و بررسی‌های بیوکلیمای انسانی و استفاده از توانمندی‌های مختلف آن پایه و اساس برنامه‌ریزی‌های شهری، عمرانی، سکونت‌گاهی، معماری، جهان‌گردی و غیره است.

روش بررسی: در این پژوهش، آسایش یا عدم آسایش انسان در منطقه آزاد اروند بر اساس مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی بیکر، ترجونگ، دمای مؤثر، اقلیم توریستی (TCI)، نظر متوسط پیش‌بینی‌شده (PMV) و دمای معادل فیزیولوژیک (PET) با استفاده از داده‌های آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۱) ایستگاه هواشناسی آبادان مورد بررسی قرار گرفت و بهترین زمان برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردش‌گری در این شهر تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های بیوکلیمایی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایش منطقه آزاد اروند را دارند و با وجود تفاوت‌های جزئی، نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی این شهر ارائه می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که منطقه آزاد اروند در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط داغ تا بسیار خنکی برخوردار است، طی فصول بهار و تابستان

*۱- (مسئول مکاتبات): کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۲- دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، ایران.

۳- کارشناس ارشد ایمنی و بازرسی فنی، دانشگاه صنعت نفت، ایران.

۴- کارشناس ارشد شبيلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و با آغاز فصل پاییز در ماه‌های گذار از گرما به سرما (مهر ماه) اقلیم منطقه آزاد اروند به شرایط آسایش انسانی نزدیک می‌شود. در اواخر پاییز و سراسر زمستان با شرایط منحصر به فرد آسایش انسانی، بهترین شرایط زیست اقلیمی برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردش‌گری در منطقه آزاد اروند فراهم است.

واژه‌های کلیدی: خوزستان، ارزیابی محیط‌زیست، آسایش بیوکلیمایی، منطقه آزاد اروند.

Evaluation of the bioclimatic indices influencing human comfort

(Case study: Arvand Free Zone)

Faezeh Hedayati Rad ^{1*}

f.hedayati.rad@gmail.com

Mehran Shabankari ²

Mohamadreza Zarghamiyan ³

Safoura Abarghoei ⁴

Abstract

Background and Objective: Identification of climatic potentials as a context of human activities, constitutes a bedrock for majority of environmental plannings and land use plannings. In this regard, climatic features and their dominant elements play an important role in spatial distribution and development of environmental behavior of human societies, so that weather cognition and the use of its various potencies are considered as a base for urban development planning, construction, habitat, architectural and tourism expansion.

Methodes: In this study, the human comfort or discomfort at Arvand Free Zone was evaluated based on bio-climatic indices, Terjung, Neurotic strain, Baker, effective temperature, (TCI), (PET) and (PMV) using data from 60 years (1951-2010). Moreover, using the climatological parameters obtained from synoptic station of Abadan, the best time for environmental activities in this city was determined. The results showed that the used bioclimatic indices are able to reveal comfortable and uncomfortable periods in Abadan and despite trivial differences, all indices present the same aspects of climatical comfort of this city.

Results: The analysis showed that Abadan mostly had a wide range of variety during the year and changes from hot to very cool weather. During spring and summer, it is excluded from the limits of bioclimatic comfort. In the late fall and throughout winter, Abadan climate with its unique conditions for human comfort, is the best season for environmental and tourism activities.

Keywords: Khuzestan, Environmental Assessment, Bioclimatic Comfort, Arvand Free Zone.

1- MSc of Environment, Department of Environmental, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran. * (*Corresponding Author*)

2- Assistant Professor, Department of Geography, Isfahan University, Iran.

3- MSc of Safety and Technical Inspection, Petroleum University of Technology, Iran.

4- MSc of Fishery, Department of Environmental, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran.

مقدمه

شناخت پتانسیل‌های اقلیمی، به‌عنوان بستر فعالیت‌های انسانی، پایه و اساس غالب برنامه ریزی های محیطی و آمایش سرزمین را تشکیل می‌دهد، چنان‌چه تضمین توفیق کامل غالب برنامه‌ریزی های توسعه شهری، عمرانی، سکونت‌گاهی، معماری و جهان‌گردی هنگامی به-دست می‌آید که با شناخت آب و هوا و استفاده از توان‌های گوناگون آن همراه باشد.

یکی از عوامل مؤثر بر زندگی، آسایش و سلامتی انسان، شرایط جوی و اقلیمی است که امروزه در قالب شاخه‌ای از علم با عنوان زیست اقلیم انسانی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد (۱). بیوکلیماتولوژی، علم مطالعه و ارزیابی تأثیر آب و هوا بر روی موجودات زنده اعم از گیاهان، جانوران و انسان است. با توجه به این‌گرایش منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد، یا به عبارت دیگر انسان در آن شرایط احساس گرما و سرما نکند. حالت خنثی بودن حرارتی نیز شرایطی است که ارگانیسم انسانی می‌تواند بیلان حرارتی خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند، بدون این‌که دچار کمبود یا مازاد انرژی شود. در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دیدگاه اقلیمی چهار عنصر دما، باد، رطوبت و تابش نقش عمده‌ای دارند. در این عناصر دما و رطوبت تأثیر بیشتری بر سلامت و راحتی انسان دارند و به همین دلیل بیشتر مدل‌ها و شاخص‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار شده است.

طی سال‌های اخیر روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای شناخت و درجه تأثیر عناصر اقلیمی بر روی ارگانیسم انسان ابداع و در مورد سنجش شرایط آسایش و راحتی انسان پژوهش‌های متعددی انجام گردیده است. قدیمی‌ترین مطالعات شامل مطالعه مدل اولگی است که در دهه‌ی شصت با ارایه‌ی نمودار زیست اقلیمی به تعیین نقش جداگانه و مشخص عوامل پرداخت. او بر اساس آزمایش‌ها و محاسباتی که در چهار منطقه مختلف اقلیمی آمریکا انجام داد، نتیجه گرفت که نیاز به ظرفیت و مقاومت حرارتی مناطق یکسان نیست. در همین دهه گیونی تقسیم بندی بیوکلیمایی را مطرح کرد و طی آزمایش‌های متعددی که روی انسان انجام داد، نمودار بیوکلیمایی را ارایه نمود (۲).

هونام^(۳) نیز با استفاده از شاخص دمای مؤثر، آسایش اقلیمی شهری «آلیس اسپرینگز^۴» را مورد مطالعه قرار داد و مشاهده کرد که قسمت قابل توجهی از فصل گرم سال در این شهر از لحاظ آسایش اقلیمی نامساعد است (۴). به منظور تعیین شاخص‌های قابل اطمینان برای حفاظت از فشارهای حرارتی در نیجریه، شاخص‌های مختلف از جمله شاخص ماهانی، اوانز و همکاران، نمودار زیست اقلیم و حرارت مؤثر را با هم مقایسه کردند. موریلون-گالوز^۵ (۵) اطلس بیوکلیمای انسانی مکزیکو را با تحلیل داده‌های اقلیمی دوره ۱۹۸۰-۱۹۵۱م. و براساس شاخص‌های الگی و گیونی تهیه نمودند.

بودن و گراب^۶ (۶) نیز به بررسی آسایش حرارتی در پنج شهر تونس از دو منطقه پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود از حدود ۲۰۰ نفر در خصوص شرایط زندگی طبیعی خود در محیط کار و محل زندگی در هر ماه از یک سال سوال کرده و نتایج آن را با شاخص‌های آسایش حرارتی مقایسه کردند. نتایج مطالعه نشان دهنده وجود ارتباط معنی‌دار بین شرایط آسایش حرارتی اعلام شده با شاخص‌های آسایش حرارتی بود. توی و همکاران^۷ (۷) به مطالعه و تعیین آسایش بیوکلیماتیک در شهر ارزوم در سه منطقه شهری، روستایی و شهری جنگلی ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند که مناطق شهری جنگلی سازگاری بیشتری با شاخص آسایش حرارتی مورد استفاده دارد.

در سال‌های اخیر مطالعه اقلیم شناسی منطقه استراحتی اریزونای آمریکا (۸)، مطالعه آسایش حرارتی در دریاچه سان مون^۹ تایوان (۹) و تعیین آسایش زیست اقلیمی در مسیر ارزوم با سیستم اطلاعات جغرافیایی (۹) انجام شده است.

دب و همکاران (۱۱) در مطالعه‌ای با بررسی آسایش حرارتی در محل پایانه راه آهن هند پرداختند و بیان نمودند که یکی از جنبه‌های مهم در خصوص رضایت مسافر در این مکان‌ها، وجود یک محیط قابل قبول گرمایی است. لذا با به کارگیری شاخص PET، رضایت مسافران را در ایستگاه جنوب هند در ماه ژوئن ارزیابی کردند.

1 - Hounam

2 - Alice springs

3 - Morillon & Galvez

4 - Bouden & Ghrab

5 - Toy

6 - Sun moon

شرقی- غربی است. فاصله‌گذاری بین ساختمان‌ها، بافت فشرده و متراکم و اندازه بازشوها در اندازه کوچک مناسب‌تر است. دیوارهای داخلی و خارجی و بام‌ها، باید از مصالح سنگین ساخته شوند تا زمان تاخیر این مصالح بیشتر از ۸ ساعت باشد. گروه دیگری از مطالعات نیز به بررسی اقلیم زیستی کشور در رابطه با فعالیت گردش‌گری پرداخته‌اند (۲۷)، (۲۸)، (۲۹)، (۳۰)، (۳۱). شرایط اقلیم آسایشی چهار شهر اصلی گردش‌گری مشهد، اصفهان، رشت و کیش، به وسیله شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ارزیابی شد و نتایج نشان داد که بهترین مقصد برای گذراندن سفرهای نوروزی جزیره کیش است. اولویت دوم سفرهای نوروزی، رشت است. شهرهای مشهد و اصفهان در هنگام تعطیلات نوروزی دارای محدودیت تنش سرمایی هستند. برای مسافرت‌های تابستانه به شهرهای مشهد و رشت تنها در نیمه دوم شهریور ماه شرایط نسبتاً مناسب دارند. جزیره کیش و اصفهان در طی این زمان به دلیل دارا بودن تنش‌های گرمایی توصیه نمی‌گردند. جزیره کیش طی فصل سرد سال در شرایط کاملاً راحت و مناسبی قرار دارد و بهترین مقصد برای گردش‌گران زمستانی است (۳۲). اقلیم آسایش گردش‌گری استان چهارمحال و بختیاری بر اساس شاخص TCI بررسی شده و این نتیجه حاصل شد که ماه‌های می، جولای و ژوئن بهترین شرایط را برای حضور گردش‌گران دارد. منطقه آزاد اروند از لحاظ وجود تنوع و تعداد جاذبه‌های طبیعی، صنعتی و مناطق عملیاتی از شرایط منحصر به فرد گردش‌گری برخوردار است. بر این اساس ضمن تاکید بر ضرورت شناخت و ارزیابی اقلیم آسایش آن، در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن بهره‌گیری از معتبرترین مدل‌های تجربی، شرایط اقلیم زیستی شهر از نظر کیفیت حرارتی و آثار فیزیولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و الگوی مناسبی به منظور تعیین درجه آسایش (راحتی)، یا عدم آسایش در طول ماه‌ها و فصول مختلف برای برنامه‌ریزی محیطی و گردش‌گری ارائه گردد.

داده‌ها و روش‌شناسی

منطقه آزاد اروند در شمال غربی خلیج فارس (جنوب غرب استان خوزستان) به وسعت بیش از ۱۷۰ کیلومترمربع، در محل تلاقی اروندرود و کارون واقع و دارای مرز مشترک با کشور عراق

پینگ لین و همکاران (۱۲) در مقاله ای با عنوان اثر سایه در دراز مدت بر آسایش در فضای باز (مطالعه موردی: تایوان) با استفاده از شاخص PET و SVF (درصد آسمان باز)، نشان دادند که مقادیر بالای SVF در تابستان و مقادیر پایین آن در زمستان باعث ناراحتی انسان می‌شود.

پری^۱، (۱۳) در پژوهشی وضعیت اقلیم گردش‌گری در مناطق گرم و خشک به‌ویژه نواحی مدیترانه‌ای را مطالعه کرد و بیان کرد که بدترین شرایط در این نواحی برای گردش‌گر زمانی است که موج هوای گرم این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی اقلیم زیستی کشور دارای تنوع موضوعی خاص است و می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم نمود. بخشی از این مطالعات به ارزیابی اقلیم زیستی محض پرداخته و شرایط راحتی انسان را در ایام مختلف سال در مناطق مورد مطالعه خود تبیین نموده است (۱۴)، (۱۵)، (۱۶)، (۱۷)، (۱۸)، (۱۹)، (۲۰). در این مطالعات میزان راحتی انسان در شرایط اقلیمی مختلف در شهرهای شیراز و بندرعباس بررسی شد و بیان گردید که دمای ظاهری شیراز به دلیل رطوبت نسبی کم، پایین‌تر از دمای مشاهده شده‌ی این شهر است و تا اندازه‌ای در احساس رضایت‌مندی هوا در این شهر مؤثر است. خطر وقوع گرم‌زدگی، آفتاب‌زدگی، انقباض حرارتی عضلات و تحلیل رفتگی حرارتی به‌ترتیب در شهرهای بندرعباس و شیراز در روزها و ماه‌های گرم تابستان، به ویژه در روزهای مربوط به ماه‌های تیر و مرداد بیش‌تر است. تعیین دمای ظاهری پیشینه‌ی روزانه در این شهرها مشخص کرد که تنش گرمایی به دلیل بالا بودن دما، در ساعات گرم روز به‌صورت جدی سلامت مردم را تهدید می‌کند. طیف دیگری از مطالعات انجام گرفته در رابطه با معماری و ساختمان است (۲۱)، (۲۲)، (۲۳)، (۲۴) و (۲۵). این‌گونه مطالعات به ارزیابی زیست اقلیم ساختمان از طریق شاخص‌هایی مانند ماهانی، گیونی، تروچونگ و غیره پرداخته‌اند (۲۶). ضمن بررسی تاثیر عناصر اقلیمی در معماری شهر لالی نتایج نشان داد که آسایش حرارتی در لالی طی بیش‌تر شب‌ها مناسب بوده ولی در بیش‌تر ماه‌های سال آسایش حرارتی در روز مناسب نیست. بهترین جهت قرارگیری ساختمان‌ها، جهت شمالی- جنوبی با کشیدگی

سایر روش ها این است که از کلیه مشخصه‌های اقلیمی، یعنی دما، رطوبت، باد، تابش و ساعات آفتابی که مجموعه شرایط دمایی بدن انسان را کنترل می‌کنند، هم‌زمان استفاده شده است. با استفاده از این شاخص می‌توان مناسب‌ترین منطقه را برای اقامت و سکونت افرادی که از حساسیت و بیماری‌های مربوط به نوعی هوا و اقلیم رنج می‌برند، مشخص کرد (۱۴). علاوه بر این می‌تواند در تعیین محل مناسب برای احداث ساختمان‌های حساس از قبیل آسایش‌گاه‌ها، بیمارستان‌ها، تفریح‌گاه‌ها، صنعت گردش‌گری و برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای کاربرد فراوانی داشته باشد (۳۵).

شاخص ترجونگ بر اساس ضریب راحتی و ضریب تأثیر خنک-کندگی باد استوار است که با توجه به داده‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه جدول (۱)، بررسی و نتایج آن‌ها به صورت جداول و نمودار ارائه شده است. برای تعیین ضریب راحتی از شکل (۱) استفاده می‌شود. این نمودار در واقع نشان دهنده میزان آسایشی است که انسان در شرایط ترکیب‌های متفاوت دما، رطوبت و شرایط متعارف، یعنی پوشش معمولی و عدم فعالیت فیزیکی به دست می‌آورد (۲). در شکل (۱)، محور افقی، معرف دما بر حسب درجه فارنهایت و خطوط منحنی، معرف رطوبت نسبی بر حسب درصد است. محل برخورد این دو عنصر در شرایط متفاوت، در محدوده‌های مختلفی قرار می‌گیرد که با اعداد و نمادهایی نشان داده شده است جدول (۲).

است. منتهی‌الیه مرزهای غربی و شرقی منطقه را به ترتیب مرز بین‌المللی ایران-عراق در محل گمرک مرزی و پالایش‌گاه آبادان تشکیل می‌دهند (۳۳).

داده‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل تمامی اندازه‌گیری‌های ماهانه عناصر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان و عمدتاً ایستگاه منطقه آزاد اروند با دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۱) می‌باشد که به عنوان پایگاه اطلاعاتی مورد پردازش قرار گرفته است (۳۴).

روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر استفاده از روابط ریاضی، مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی و نرم افزارهای رایانه‌ای است که آسایش انسان را با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه که توانایی‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد، ارزیابی می‌نماید. در این مقاله با استفاده از شاخص‌های ترجونگ، دمای مؤثر، بیکر، (TCI)، (PMV) و (PET) شرایط آسایش انسانی منطقه آزاد اروند طی ۱۲ ماه سال محاسبه و بررسی شده است و بهترین زمان (ماه‌ها) برای برنامه‌ریزی فعالیت‌های محیطی-گردش‌گری مشخص گردیده است.

شاخص ترجونگ

شاخص ترجونگ یکی از مهم‌ترین روش‌های زیست اقلیمی برای ارزیابی آسایش انسان محسوب می‌شود. امتیاز این روش نسبت به

جدول ۱- داده های ماهانه متغیرهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک آبادان

Table1-Monthly data of meteorological variables of Abadan synoptic station.

ماه	T (C)	RH (mean)%	SP HPA	R (mm)	S (Hr)	W (KNOTS)
دی	۱۲/۷	۷۰	۱۰	۳۳/۴	۱۸۷	۴/۹
بهمن	۱۴/۸	۶۱	۹/۹۶	۲۱/۲	۲۰۱	۶
اسفند	۱۹/۲	۵۲	۱۱/۰۴	۲۰/۷	۲۳۰	۶/۴
فروردین	۲۵	۴۴	۱۳/۱۲	۱۴/۵	۲۳۲	۶/۷
اردیبهشت	۳۱	۳۳	۱۳/۷۰	۳/۶	۲۸۱	۷/۳
خرداد	۳۵	۲۷	۱۳/۹۵	۰	۳۱۶	۹/۴
تیر	۳۶/۶	۲۹	۱۶/۲۰	۰	۳۲۱/۵	۸/۶
مرداد	۳۶/۱	۳۱	۱۷/۱۳	۰	۳۱۱	۷/۷
شهریور	۳۲/۹	۳۴	۱۵/۳۹	۰/۱	۲۹۶/۵	۶
مهر	۲۷/۳	۴۵	۱۴/۹۵	۴/۲	۲۶۸	۴/۴
آبان	۲۰	۵۸	۱۲/۸۲	۲۰/۳	۲۰۹	۴/۷
آذر	۱۴/۳	۷۰	۱۱/۰۱	۳۶/۴	۱۸۵	۴/۶

جدول ۲- مفاهیم، نمادها و علائم شاخص ضریب راحتی

Table2- Concepts, symbols and symptoms of comfort coefficients index.

سمبل	احساس غالب	گروه	
-۶	ماورای سرما	Uc	Ultra cold
-۵	فوق العاده سرد	Ec	Extremely cold
-۴	بسیار سرد	Vc	Very cold
-۳	سرد	Cd	Cold
-۲	بسیار خنک	K	Keen
-۱	خنک	C	Cool
۰	مطبوع	M	Moderate
+۱	گرم	W	Warm
+۲a	داغ	H	Hot
+۲b	بسیار داغ	S	Very hot
+۳	فوق العاده داغ	Eh	Extremely hot

تعیین ضریب راحتی روز

در روش تر جونگ، برای تعیین ضریب راحتی روز، در ماه‌های مختلف سال از میانگین حداکثر دمای روزانه بر حسب درجه فارنهایت و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه بر حسب درصد استفاده می‌شود.

تعیین ضریب راحتی شب

برای تعیین ضریب راحتی شبانه بر پایه شاخص تر جونگ از میانگین حداقل دما بر حسب درجه فارنهایت و میانگین حداکثر رطوبت نسبی بر حسب درصد استفاده می‌شود.

شاخص بیکر

برای ارزیابی آسایش انسان در منطقه آزاد اروند از شاخص بیوکلیمای بیکر (۱۹۷۲) نیز استفاده شده است. این روش به دلیل این 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. بیکر برای محاسبه قدرت خنک‌کنندگی محیط (Cp) از رابطه زیر استفاده کرده است:

$$\text{Cp} = (0.126 + 0.134 \times V^{0.622}) \times (36/5 - t) \quad \text{رابطه ی (۱)}$$

$$\text{Cp} = (0.126 + 0.134 \times V^{0.622}) \times (36/5 - t)$$

در رابطه فوق :

V: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

t: معدل دمای روزانه بر حسب درجه سلسیوس

در رابطه (۱) قدرت خنک‌کنندگی محیط با توجه به اختلاف بین دمای بدن و دمای هوا بر حسب $\text{mcal/cm}^2/\text{Sec}$ نشان داده شده است. بیکر درجات خنک‌کنندگی محیط و آستانه‌های تحریک بیوکلیمای انسانی (آسایش انسان) را به صورت جدول (۳) ارائه کرده است.

جدول ۳- درجات قدرت خنک‌کنندگی محیط و آستانه‌های بیوکلیمایی بر حسب روش بیکر

Table 3- Levels of environment cooling power and bioclimatic thresholds based on indice Baker

شماره محدوده	میزان CP	شرایط محیطی	شرایط بیوکلیمای انسانی
A	۴-۰	داغ، گرم، شرجی و نامطبوع	فشار بیوکلیمایی
B	۹-۵	گرم قابل تحمل	محدوده آسایش بیوکلیمایی
C	۱۹-۱۰	ملایم و مطبوع	محدوده آسایش بیوکلیمایی
D	۲۹-۲۰	خنک	تحریک ملایم
E	۳۹-۳۰	سرد و کمی فشار دهنده	تحریک متوسط تا شدید
F	۴۹-۴۰	خیلی سرد	به طور متوسط آزاردهنده
J	۵۹-۵۰	سرد نامطبوع	به شدت آزاردهنده
H	>۵۰	سرماي زياد غير قابل تحمل	غير قابل تحمل

شاخص زیست اقلیمی TCI

شاخص اقلیم توریستی (TCI) به وسیله میسز کوفسکی^۱ ابداع شده است. این شاخص ترکیبی، عناصر اقلیمی را که بیشترین ارتباط را با کیفیت تجربه توریستی برای غالب توریست‌ها دارد، به طور سیستماتیک بررسی می‌کند. امتیاز روش (TCI) نسبت به سایر روش‌ها این است که این شاخص از کلیه متغیرهای مهم اقلیمی یعنی دما، رطوبت، بارش، باد و ساعات آفتابی که مجموعه شرایط حرارتی بدن انسان را کنترل می‌کنند، در ارتباط با فعالیت‌های محیطی استفاده می‌کند (۲۸).

در این شاخص به علت محدودیت داده‌های هواشناسی، تعداد متغیرهای مورد استفاده به ۷ مورد کاهش یافته است. این متغیرها عبارتند از: میانگین حداکثر ماهانه دمای روزانه، میانگین دمای روزانه، حداقل رطوبت نسبی روزانه (به درصد)، میانگین رطوبت نسبی، بارش (mm)، ساعات آفتابی و میانگین سرعت باد (km/h یا m/s).

این ۷ متغیر تشکیل ۵ زیر شاخص را در (TCI) می‌دهند. با یک سیستم رتبه‌دهی استاندارد که میزان آن از ۵ (مقدار مطلوب و ایده آل) تا ۳- (فوق العاده نامطلوب و نامساعد) می‌باشد، پایه عمومی و کلی برای اندازه‌گیری هر زیر شاخص فراهم شده است (۳۶). این زیر شاخص‌ها عبارتند از:

- شاخص آسایش روزانه (CID): برای محاسبه این زیر شاخص از

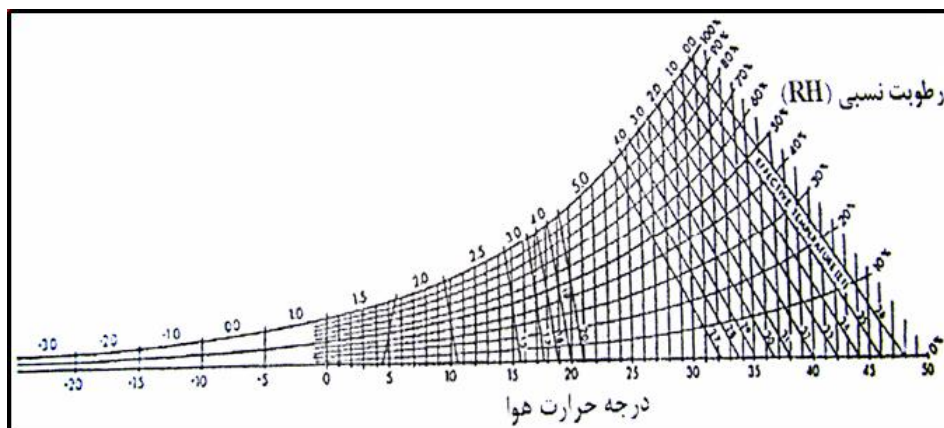
متغیرهای حداکثر دمای روزانه و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه استفاده شده است. این زیر شاخص شرایط آسایش گرمایی را در مواقعی که حداکثر فعالیت محیطی وجود دارد، نشان می‌دهد و سهم آن در (TCI)، ۴۰ درصد است. برای اندازه‌گیری آسایش حرارتی از متغیرهای دما و رطوبت بر مبنای نمودار ضریب راحتی، (شکل ۵) استفاده شده و ارقام آن از محل تقاطع دما و رطوبت نسبی به دست می‌آید (۳۷). در شاخص آسایش، مساعدترین و بهینه‌ترین منطقه از لحاظ آسایش گرمایی محدوده بین ۲۷-۲۰ درجه سانتی-گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۳۰ درصد است که مقدار (TCI) آن با ارزش ۵ مشخص می‌شود.

- شاخص آسایش شبانه روزی (CIA): متغیرهایی که در این زیر شاخص استفاده می‌شوند شامل میانگین دمای روزانه و میانگین رطوبت نسبی روزانه می‌باشند. این شاخص چون شرایط آسایش حرارتی را در کل شبانه روز نشان می‌دهد، حتی در مدتی که افراد در حال استراحت هستند، اهمیت کم‌تری نسبت به شاخص قبلی داشته و فقط سهم ۱۰ درصدی در (TCI) دارد. برای محاسبه شاخص آسایش ۲۴ ساعته از متغیرهای میانگین روزانه دما و میانگین رطوبت نسبی روزانه بر مبنای نمودار ضریب راحتی (شکل ۵) استفاده می‌شود (۳۷). در مجموع می‌توان گفت که سهم دو شاخص (CID) و (CIA) در مقدار (TCI) یک منطقه ۵۰ درصد است.

آسایش به همراه دارد. ساعات آفتابی نیز مانند بارش دارای وزن ۲۰ درصدی در (TCI) است. در کل بیش‌ترین نور آفتاب، بیش‌ترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد. در فرمول (TCI) از متغیر میانگین ساعات آفتابی در روز (تقسیم میانگین ماهانه ساعات آفتابی بر تعداد روزهای هر ماه) و برای تعیین رتبه از جدول مربوطه استفاده می‌گردد، (۳۷).

- بارش (P): بارش به‌طور کلی اثری منفی در تفریحات و فعالیت‌های محیطی دارد. در سیستم رتبه‌دهی، با افزایش بارش، مقدار رتبه آن کاهش می‌یابد که تأثیر منفی افزایش بارش را در لذت، تفریح و آسایش اقلیمی افراد نشان می‌دهد. سهم این زیر شاخص در (TCI) ۲۰ درصد است.

- ساعات آفتابی (S): به‌طور کلی نور خورشید در فعالیت‌های محیطی اثر مثبت دارد اما در اقلیم‌های داغ اثر ناراحت کننده داشته و عدم



شکل ۱- نمودار سایکرومتریک شاخص آسایش حرارتی بر اساس دمای مؤثر (ASHRAE,2001)

Figure1- Zoning status of Arvand free zone in Khuzestan based on indice Terjung in cold seasons

رابطه‌ی (۲):

$$TCI = 2(\text{CID} + \text{CIA} + 2P + W)$$

شاخص دمای مؤثر^۱

مبنای این روش نیز بر استفاده از دمای هوا و رطوبت قرار دارد و با کمک این دو پارامتر امکان بررسی وضعیت آسایش اقلیمی فراهم می‌شود. دمای مؤثر با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$ET = T - .4(T - 10)\left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

در این رابطه T: دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد، RH: رطوبت نسبی بر حسب درصد و ET: مقدار دمای مؤثر است. جدول (۴) آسایش انسان بر اساس دمای مؤثر را نشان می‌دهد.

- جریان هوا، میانگین سرعت باد (W): اثر این متغیر بستگی به دمای هوا دارد. در اقلیم داغ به علت تبخیر و خنک‌کنندگی دارای اثر مثبت می‌باشد ولی در اقلیم سرد به علت اثر خنک‌کنندگی باد تأثیر منفی در آسایش دمایی انسان دارد. هم‌چنین هر چه قدر سرعت باد افزایش یابد، باعث افزایش عدم آسایش می‌شود و به عنوان یک عامل منفی در امر فعالیت‌های محیطی رتبه آن در فرمول (TCI) کم‌تر می‌شود. با توجه به اثرات متفاوت باد در احساس آسایش اقلیمی در مناطق مختلف، ۴ نوع سیستم رتبه‌بندی باد برای (TCI) در نظر گرفته شده است (۳۷).

برای محاسبه شاخص اقلیم توریستی، متغیرهای یاد شده از جدول (۱) استخراج شده، سپس با توجه به اهمیت نسبی‌شان در آسایش محیطی، وزن‌دهی و رتبه‌بندی می‌شوند و مقادیر زیر شاخص‌ها به دست می‌آید و در نهایت در رابطه (۲) قرار می‌گیرند تا مقدار (TCI) محاسبه شود جدول (۸).

1 - Temperature effective

جدول ۴- آسایش انسان بر اساس دمای مؤثر

Table4- Human comfort based on the effective temperature.

ضریب راحتی	دمای مؤثر بر حسب سانتی‌گراد
بسیار گرم	>۳۰
شرجی	۲۷/۵-۳۰
خیلی گرم	۲۵/۶ تا ۲۷/۵
گرم	۲۲/۲ تا ۲۵/۶
آسایش	۱۷/۸ تا ۲۲/۲
خنک	۱۵/۵ تا ۱۷/۸
خیلی خنک	۱/۶۷ تا ۱۵/۵
سرد	۱۰- تا ۱/۶۷
خیلی سرد	-۲۰ تا -۱۰
بسیار سرد	< -۲۰

شکل را تشکیل می دهند، به طوری که میزان نارضایتی افراد در مقادیر بالا و پایین (PMV) افزایش می یابد. شاخص (PMV) از طریق معادله زیر قابل محاسبه است:

$$PMV = (0.303e^{-0.036m} + 0.028) [(M-W) - H - E_c - C_{rec} - E_{rec}]$$

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256t_{sk} - 3373 - p_a) + E_{sw}$$

$$E_c = 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \times (M-W) - p_a] + 0.42(M-W - 58.15)$$

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256t_{sk} - 3373 - p_a) + E_{sw}$$

$$C_{rec} = 0.0014M (34 - T_a)$$

مقدار H مستقیماً قابل اندازه گیری بوده و از طریق معادله زیر نیز قابل محاسبه است:

$$H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl}$$

$$C_{rec} = \text{تبادل حرارت همرفتی تعرق} = E_{rec} = \text{تبادل حرارت}$$

$$\text{تبخیری تعرق} = E_{sw} = \text{تلفات حرارت تبخیری تعرق} = E_c = \text{تبادل}$$

حرارت تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت حرارتی

خنثی قرار دارد، $I_{cl} = \text{تابش لباس به طور متوسط برای تمام}$

بدن، $M = \text{آهنگ سوخت و ساز بدن}$ ، $H = \text{تلفات حرارت خشک}$

به صورت همرفت، هدایت و تابش، $W = \text{نیروی مکانیکی مؤثر}$ ،

$e = \text{تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست}$ ، همگی بر حسب

وات بر متر مربع.

شاخص های نظر متوسط پیش بینی شده (PMV) و دمای

معادل فیزیولوژیک (PET)

الگوی نظر متوسط پیش بینی شده توسط فانگر در سال ۱۹۷۰ طراحی شد. این شاخص چهار متغیر دمای هوا، میانگین دمای تابشی و رطوبت نسبی و دو متغیر شخصی شامل مقاومت لباس و سطح فعالیت را به صورت یک شاخص مرکب در نظر می گیرد که آسایش حرارتی را با آن می سنجد. شاخص (PMV) ضرابی را تعیین می کند که مطابق با مقیاس حرارتی آشرا سنجیده می شود و نشانگر احساس حرارتی متوسط توسط دسته بزرگی از اشخاص در یک فضای معین است (۳۸)، (۳۹).

شاخص مذکور، آسایش حرارتی را به صورت عدم تعادل بین جریان حرارت واقعی از بدن در یک محیط حرارتی معین و جریان حرارت مورد نیاز برای شرایط بهینه (مثل شرایط خنثی) در یک فعالیت معین، ارایه می دهد. شاخص (PMV) شرایط حرارتی را بر اساس مقیاس هفت طبقه ای آشرا نشان می دهد.

از طرفی فانگر در سال ۱۹۷۰ یک شاخص وابسته به (PMV) را تحت عنوان (ppd) یا درصد پیش بینی شده افراد ناراضی از محیط حرارتی ارایه کرد. این شاخص از طریق شاخص (PMV) محاسبه می شود و درصد افرادی را که از محیط حرارتی ناراضی هستند، پیش بینی می کند. این دو شاخص یک رابطه U

انرژی بدن انسان مشتق شده اند مثل (PMV)، شاخص (PET) یک مزیت مهم دارد که مقیاس درجه‌بندی آن بر اساس درجه سانتی‌گراد است. در نتیجه مقایسه و برنامه‌ریزی به خصوص برای برنامه‌ریزان شهری بسیار ساده‌تر و جامع‌تر است.

شاخص (PET) کاربران را قادر می‌سازد تا اثرات مرکب شرایط حرارتی فضاهای آزاد را با تجارب فضاهای سرپوشیده مقایسه کنند. همچنین عناصر هواشناسی که بر بیلان انرژی انسان تأثیر می‌گذارند مثل دمای هوا، سرعت باد، تأثیر امواج کوتاه و بلند خورشیدی و نیز اثرات مقاومت حرارتی لباس و تولید حرارت داخلی بدن انسان را نیز لحاظ می‌کند (۳۸).

برای محاسبه دمای معادل فیزیولوژیک مراحل زیر باید طی شود: ۱- شرایط حرارتی بدن بر اساس الگوی MEMI جهت ترکیب با شاخص‌های جوی محاسبه شود. ۲- مقادیر محاسبه شده دمای متوسط پوست و دمای مرکزی بدن وارد الگوی MEMI شده و معادلات بیلان انرژی بدن انسان حل شوند. ۳- برای محاسبه دمای معادل فیزیولوژیک امروزه نرم افزارهای مختلفی طراحی و ارائه شده است که الگوی RayMan یکی از مناسب‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود.

t_{cl} = دمای سطح لباس ، t_{sk} = دمای متوسط پوست و Ta = دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد.

Pa = رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)

اکنون تعداد زیادی شاخص دما- فیزیولوژیک وجود دارد که در مطالعات آب و هواشناسی، توریسم، برنامه‌ریزی شهری، پزشکی، زیست‌محیطی و نظایر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص (PET) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آن‌ها عبارت از دمایی است که در آن بیلان انرژی انسان برای شرایط فضای سرپوشیده معادل دمای پوست و میزان تعریق تحت شرایط واقعی فضاهای آزاد مورد بررسی است. شاخص مذکور کاربران گوناگون را قادر می‌سازد تا اثرات ترکیبی شرایط حرارتی پیچیده در فضاهای آزاد را با تجارب منازل و مکان‌های کسب و کار، مقایسه نمایند. علاوه بر این (PET) را می‌توان در تمام اقلیم‌ها و در تمام سال مورد استفاده قرار داد. شاخص‌های جوی مؤثر بر بیلان انرژی بدن انسان شامل دما و رطوبت هوا، سرعت باد، امواج کوتاه و بلند هر کدام به شکلی مناسب در این شاخص منعکس است. همچنین مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت و تولید حرارت داخلی نیز در شاخص به خوبی لحاظ گردیده است (۳۳). به گفته هوپ (۳۹) در مقایسه با شاخص‌های حرارتی که از بیلان

جدول ۵- مقادیر آستانه شاخص‌های PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان

Table5-Values of PET and PMV index threshold in different levels of human sensitivity

رنگ مشخصه	مقدار شاخص (PMV)	مقدار شاخص (PET)	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
	-	-	خیلی سرد	تنش سرمای بسیار شدید
	-۳/۵	۴	سرد	تنش سرمای شدید
	-۲/۵	۸	خنک	تنش سرمای متوسط
	-۱/۵	۱۳	کمی خنک	تنش سرمای اندک
	-۰/۵	۱۸	راحت	بدون تنش سرما
	۰/۵	۲۳	کمی گرم	تنش گرمای اندک
	۱/۵	۲۹	گرم	تنش گرمای متوسط
	۲/۵	۳۵	خیلی گرم	تنش گرمای شدید
	۳/۵	۴۱	داغ	تنش گرمای بسیار شدید

یافته ها

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص ترجونگ در منطقه مورد

مطالعه

بر اساس جدول (۶) و شکل (۱) در منطقه‌ی مورد مطالعه پنج ماه از سال، یعنی ماه‌های آبان، اسفند، دی، بهمن و آذر در محدوده ۱- تا ۲- قرار می‌گیرند که معرف شرایط فیزیولوژیک خنک تا بسیار

خنک است. ماه فروردین در محدوده صفر قرار می‌گیرد که دارای شرایط فیزیولوژیک مطبوع می‌باشد. ماه‌های اردیبهشت و مهر در محدوده ۱+ واقع می‌شوند که وضعیت گرم را نشان می‌دهد و در نهایت ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور در محدوده ۲a+ قرار می‌گیرند که معرف شرایط فیزیولوژیک داغ است.

جدول ۶- ضرایب راحتی منطقه آزاد اروند بر اساس شاخص ترجونگ

Table6- Coefficients of comfort Arvand free zone based on indice Terjung.

ماه / پارامتر	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	مرداد	فروردین	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	مهر
محدوده ضریب راحتی ترجونگ	-۲	۱-	۱+	a۲+	a۲+	a۲+	a۲+	۱+	۰	۱-	-۲	-۲	محدوده ضریب راحتی ترجونگ
گروه ضریب راحتی ترجونگ	K	C	W	H	H	H	H	M	W	M	C	K	گروه ضریب راحتی ترجونگ
احساس غالب	بسیار خنک	خنک	گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	مطبوع	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	احساس غالب
محدوده ضریب راحتی (روز)	۰	۱+	a۲+	a+۲	a+۲	a+۲	a+۲	۱+	a۲+	۰	۰	۱-	محدوده ضریب راحتی (روز)
گروه ضریب راحتی (روز)	M	W	H	H	H	H	H	H	M	W	M	C	گروه ضریب راحتی (روز)
احساس غالب در روز	مطبوع	گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	داغ	داغ	مطبوع	مطبوع	مطبوع	خنک	احساس غالب در روز
محدوده ضریب راحتی (شب)	-۲	-۲	۰	۰	+۱	+۱	+۱	۰	۰	۱-	-۲	۲-	محدوده ضریب راحتی (شب)
گروه ضریب راحتی (شب)	K	K	M	W	W	W	M	M	M	C	K	K	گروه ضریب راحتی (شب)
احساس غالب در شب	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع	مطبوع	گرم	گرم	گرم	مطبوع	مطبوع	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	احساس غالب در شب

تعیین ضریب راحتی روز

بر اساس جدول (۶) ضریب آسایش روز در منطقه آزاد اروند طی ماه دی در محدوده ۱- واقع شده که شرایط خنک را نشان می‌دهد. ماه-

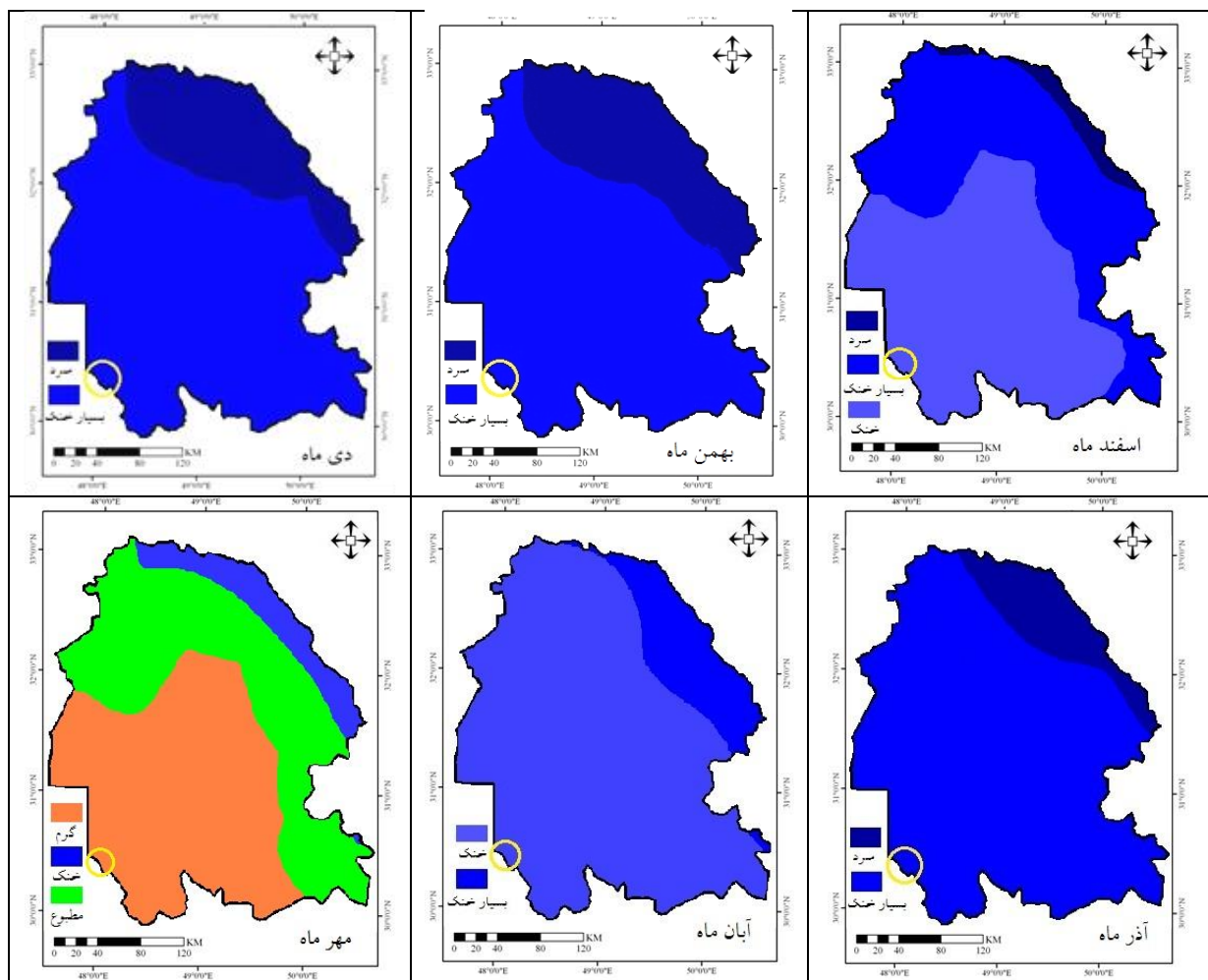
های بهمن، اسفند و آذر در محدوده صفر قرار می‌گیرند که شرایط فیزیولوژیک مطبوع است، ماه‌های فروردین و آبان در محدوده ۱+ واقع می‌شوند که وضعیت گرم را نشان می‌دهند و شش ماه

اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر در محدوده ۲a+ قرار می‌گیرند که معرف شرایط فیزیولوژیک داغ هستند.

تعیین ضریب راحتی شب

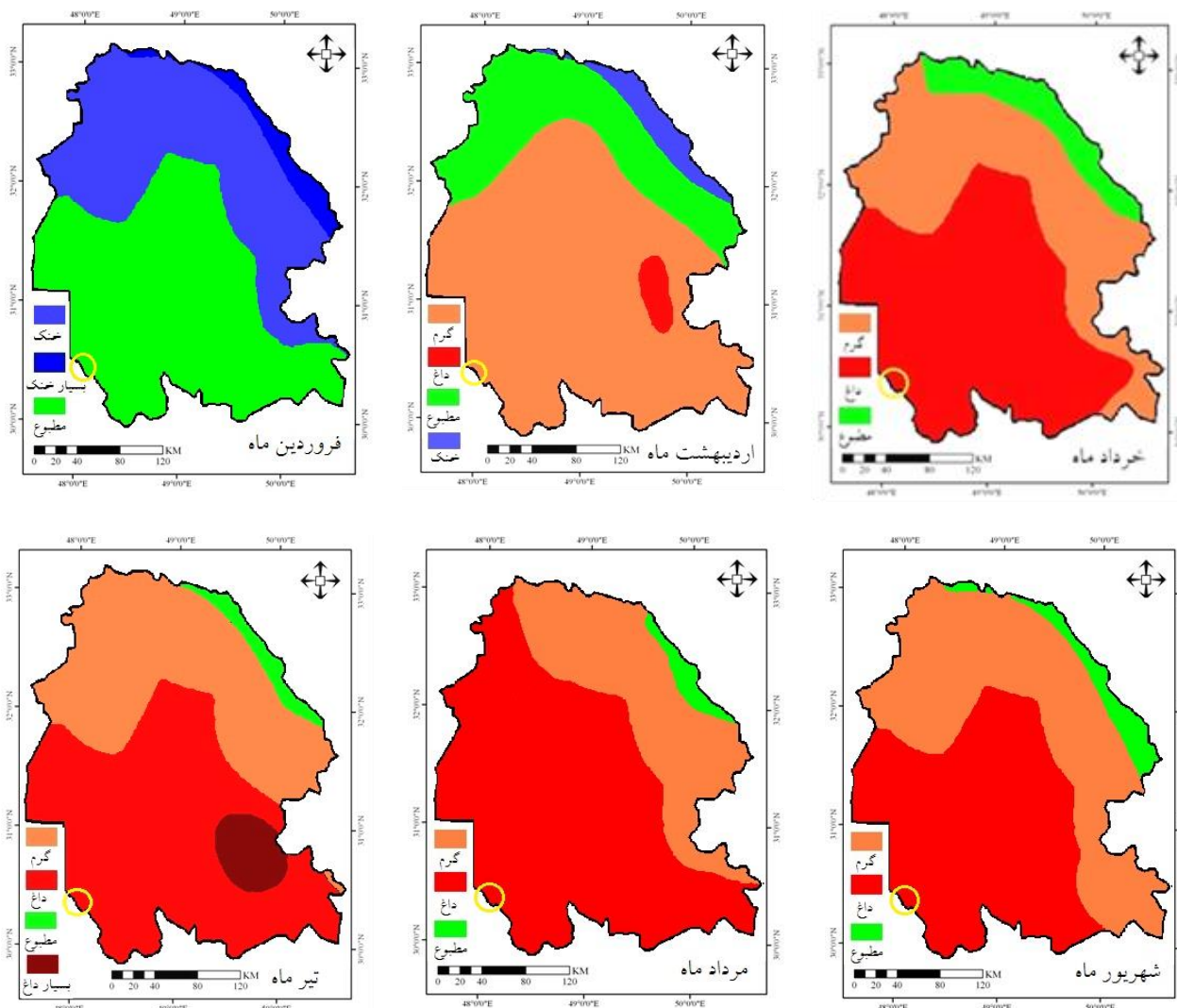
ضریب آسایش شب منطقه آزاد ازند طی ماه‌های دی، بهمن، اسفند، آبان و آذر در محدوده ۲- قرار می‌گیرند که بیان‌گر شرایط فیزیولوژیک بسیار خنک می‌باشد، ماه فروردین در محدوده ۱- واقع شده که ضریب راحتی خنک را نشان می‌دهد، ماه‌های اردیبهشت، شهریور و مهر در محدوده صفر قرار می‌گیرند که دارای شرایط فیزیولوژیک مطبوع هستند و ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در محدوده

۱+ واقع شده‌اند که وضعیت هوای گرم را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص ترجونگ برای منطقه آزاد ازند طی ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد که در دوره سرد سال (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) منطقه آزاد ازند با داشتن هوای خنک تا بسیار خنک، بهترین شرایط آسایشی برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردش‌گری را دارد و در دوره گرم سال (فروردین تا مهر) با داشتن شرایط بیوکлимایی گرم و نامطلوب از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است، شکل‌های (۳) و (۴).



شکل ۲- موقعیت منطقه آزاد ازند در پهنه بندی زیست اقلیمی استان خوزستان بر اساس روش ترجونگ در دوره سرد سال

Figure2- Zoning status of Arvand free zone in Khuzestan based on indice Terjung in cold seasons



شکل ۳- موقعیت منطقه آزاد اروند در پهنه بندی زیست اقلیمی استان خوزستان بر اساس روش ترجونگ در دوره گرم سال

Figure3- Zoning status of Arvand free zone in Khuzestan based on indice Terjung in warm seasons

آید. با استفاده از داده های اقلیمی جدول (۱)

و به کمک شاخص بیکر مقدار خنک کنندگی محیط در ماههای مختلف سال برای منطقه آزاد اروند محاسبه و به صورت جدول (۷) تنظیم شده است.

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص بیکر

بر اساس جدول (۳) در روش بیکر، چنانچه مقدار CP کمتر از ۵ و یا بیش تر از ۲۰ باشد، فشار بیوکلیمایی وجود خواهد داشت. در حالت اول به دلیل درجه حرارت زیاد شرایط نامطلوب ایجاد می شود و در حالت دوم به دلیل پرودت محیط، شرایط عدم آسایش به وجود می-

جدول ۷- میزان CP برای ماههای مختلف سال در منطقه آزاد اروند (بر حسب میکرو کالری بر سانتی متر مربع)

Table7- The CP values of different months in Arvand free zone (in micro-calorie per square centimeter)

ماه	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
CP	۲۳/۱	۱۷/۴	۹/۴	۳/۵	۰/۴	-۰/۱۴	۲/۱	۷/۱	۱۴/۳	۲۱/۱	۲۵/۵	۲۵/۶
شرایط	خنک	مطبوع	گرم	داغ، گرم	داغ، گرم	داغ، گرم	داغ، گرم	گرم	مطبوع	خنک	خنک	خنک

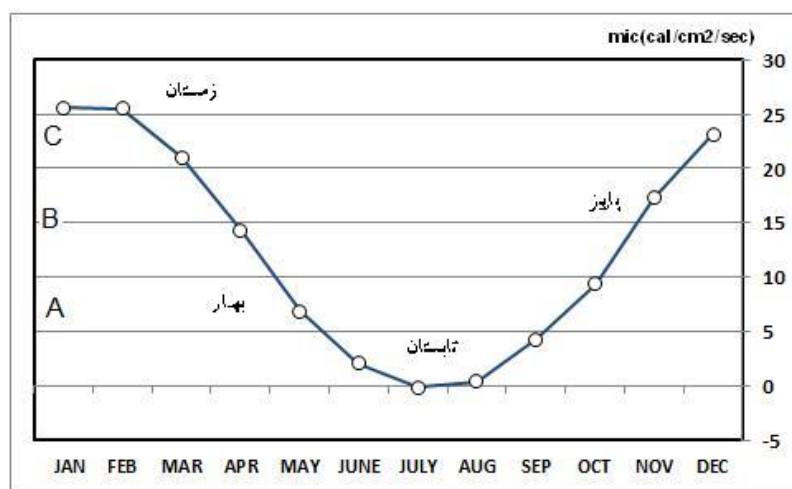
در ماه‌های تیر و مرداد به $0/14$ و $0/4$ میکروکالری می‌رسد. در نتیجه شرایط محیطی منطقه آزاد اروند داغ، شرجی و نامطبوع بوده و در محدوده فشار بیوکلیمایی قرار دارد (محدوده‌ی حرف A).

در فصل پاییز، میزان قدرت خنک‌کنندگی محیط افزایش می‌یابد و مقدار cp در ماه‌های مهر، آبان و آذر به ترتیب به $9/4$ ، $17/3$ و $23/1$ میکروکالری می‌رسد در نتیجه شرایط محیطی منطقه آزاد اروند با تغییر به آب و هوای ملایم و مطبوع، در محدوده‌ی آسایش اقلیمی قرار می‌گیرد (محدوده‌ی حرف C).

نتایج حاصل از شاخص بیکر نشان می‌دهد که فصول زمستان و پاییز مناسب‌ترین زمان برای فعالیت‌های گردش‌گری در منطقه آزاد اروند است.

بر اساس ارقام به‌دست آمده در جدول (۷)، نمودار روند ماهانه تحریک بیوکلیمایی منطقه آزاد اروند ترسیم شده است. بررسی شکل (۵) آشکار می‌سازد که در دوره سرد سال، طی ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند که محدوده آن با حرف D نشان داده شده است، مقدار cp منطقه آزاد اروند بیش از 25 میکروکالری بر سانتی‌متر مربع در ثانیه است که نشان دهنده‌ی تحریک ملایم زیست اقلیم انسانی ناشی از خنکی و سرمای فصل زمستان می‌باشد. با آغاز بهار به تدریج از مقدار cp کاسته می‌شود، به گونه‌ای که شرایط محیطی از حالت ملایم و مطبوع و محدوده آسایش به حالت شرایط داغ و گرم که محدوده‌ی فشار بیوکلیمایی است، تغییر می‌یابد (محدوده‌ی بین حرف A و B).

در تابستان مقدار cp به‌شدت کاهش می‌یابد به‌طوری‌که مقدار آن



شکل ۴- روند ماهانه تحریکات زیست اقلیم انسانی در منطقه آزاد اروند

Figure 4- Monthly trend of bio-stimulation of human climate in Arvand free zone.

مرزی است. طی ماه‌های اردیبهشت تا مهر منطقه آزاد اروند با داشتن رتبه توصیفی نامطلوب تا بسیار نامطلوب از شرایط مناسبی برای آسایش انسانی برخوردار نیست. بر این اساس بهترین فصول گردش‌گری در منطقه آزاد اروند زمستان و نیمه دوم پاییز است (جدول ۸).

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص زیست اقلیمی TCI

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص اقلیم گردش‌گری برای منطقه آزاد اروند طی ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد که ماه‌های (آذر، اسفند) و (دی و بهمن) به ترتیب با قرار گرفتن در گروه رتبه توصیفی خیلی خوب و خوب از شرایط نسبتاً مناسبی برای فعالیت‌های محیطی برخوردار می‌باشند. آبان ماه دارای شرایط قابل قبول و فروردین ماه دارای شرایط حد بحرانی و

جدول ۸- رتبه ها، مؤلفه ها و مقادیر ماهانه شاخص اقلیم گردش گری در منطقه آزاد اروند

Table8- Monthly grades, components and values of tourism climate indicators in Arvand free zone

مؤلفه ها / ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
R	۳	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۳
S	۳	۳	۳/۵	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۴	۳	۳
W	۴	۳/۵	۳/۵	۲/۵	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
CLA	۲/۵	۳/۷۵	۴/۵	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۵	۴/۵	۲/۷۵
CID	۳/۵	۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۵	۴/۵
شاخص TCI	۶۵	۶۴/۵	۷۰	۴۱	۲۲	۲۰	۲۰	۲۰	۲۳	۳۷	۵۷	۷۳/۵
رتبه توصیفی	خوب	خوب	خیلی خوب	حد بحرانی و مرزی	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	نامطلوب	قابل قبول	خیلی خوب
رتبه عددی	۶	۶	۷	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۵	۷

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص دمای مؤثر

در خارج از محدوده آسایش است. در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و آذر نیز با داشتن شرایط خنک تا خیلی خنک، منطقه آزاد اروند از محدوده آسایش فاصله می‌گیرد (جدول ۹).

بر اساس ضرایب آسایش انسانی در این روش (جدول ۴)، طی ماه‌های فروردین، مهر و آبان منطقه آزاد اروند در شرایط آسایش قرار دارد. طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور منطقه آزاد اروند دارای شرایط گرم تا خیلی گرم بوده و

جدول ۹- وضعیت آسایش اقلیمی بر اساس دمای مؤثر در منطقه آزاد اروند

Table9- The condition of climatic comfort based on the effective temperature in Arvand free zone.

ماه / پارامتر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
مقدار دمای مؤثر	۱۲/۱۳	۱۳/۷۵	۱۶/۶	۲۰/۱	۲۲/۷	۲۵/۱	۲۵/۱	۲۵/۳	۲۳/۸	۲۱/۶	۱۷/۵	۱۳/۴۵
وضعیت آسایش	خیلی خنک	خیلی خنک	خنک	آسایش	گرم	گرم	خیلی گرم	خیلی گرم	گرم	آسایش	آسایش	خیلی خنک

دهد که طول دوره آسایش اقلیمی و زمان مناسب برای انجام فعالیت‌های محیطی کوتاه بوده و در دو بازه زمانی مجزا از یک-دیگر در اواخر زمستان و اواخر پاییز به وقوع می‌پیوندد. منطقه آزاد اروند تنها در اسفند ماه شرایط بدون تنش و بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی را دارد. ماه‌های دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک و آبان و فروردین ماه با برخورداری از تنش گرمایی اندک تا متوسط در رتبه دوم اقلیم آسایش قرار دارند. در دوره گرم سال، طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور منطقه آزاد اروند با داشتن شرایط تنش گرمایی بسیار شدید در خارج از محدوده آسایش اقلیمی قرار دارد. عمده‌ترین محدودیت زیست اقلیمی و گردش‌گری منطقه آزاد اروند مربوط به تنش گرمایی است. در این شاخص در هیچ یک از ماه‌های سال تنش سرمای بسیار شدید در منطقه آزاد اروند وجود ندارد (جدول (۵ و ۱۰).

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های نظر متوسط پیش بینی شده (PMV) و دمای معادل فیزیولوژیک (PET) منطقه آزاد اروند با شاخص دمای معادل فیزیولوژیک در مقیاس زمانی ماهانه نشان می‌دهد که طول دوره آسایش اقلیمی و زمان مناسب برای انجام فعالیت‌های گردش‌گری کوتاه است و در دو بازه زمانی مجزا از یک‌دیگر در اواخر زمستان و اواخر پاییز به وقوع می‌پیوندد. منطقه آزاد اروند تنها در ماه‌های اسفند و آذر در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. ماه‌های دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک و آبان و فروردین با برخورداری از تنش گرمایی اندک تا متوسط در رتبه دوم اقلیم آسایش قرار دارند. در دوره گرم سال بالاترین تنش گرمایی وجود دارد و طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور منطقه آزاد اروند با داشتن شرایط تنش گرمایی بسیار شدید در خارج از محدوده آسایش اقلیمی قرار دارد، (جدول (۵ و ۱۰).

بررسی شرایط اقلیم آسایش منطقه آزاد اروند با شاخص نظر متوسط پیش بینی شده در مقیاس زمانی ماهانه نشان می-

جدول ۱۰- شاخص‌های آسایش اقلیمی (PMV)، (PET) برای منطقه آزاد اروند

Table 10- The final results of climatic comfort index (PMV, PET) of Arvand free zone.

ماه / شاخص	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	مهر	مهر
(PMV)	-۱	۰/۴	۲/۳	۳/۴	۴/۱	۴/۲	۳/۷	۲/۸	۱/۳	-۰/۱	-۱/۲	-۱/۵
درجه تنش	تنش سرمای اندک	تنش گرمای اندک	تنش گرمای شدید	تنش گرمای شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای شدید	تنش گرمای متوسط	بدون تنش سرما	تنش سرمای اندک	تنش سرمای اندک
حساسیت حرارتی	کمی خنک	کمی گرم	خیلی گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	خیلی گرم	گرم	راحت	کمی خنک	کمی خنک
(PET)	۱۷/۱	۲۳/۹	۳۴/۷	۴۰/۸	۴۴/۴	۴۴/۷	۴۲/۱	۳۶/۷	۲۸/۵	۲۰/۲	۱۵/۸	۱۴/۵
درجه تنش	بدون تنش سرما	تنش گرمای اندک	تنش گرمای شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای بسیار شدید	تنش گرمای شدید	تنش گرمای متوسط	بدون تنش سرما	تنش سرمای اندک	تنش سرمای اندک
حساسیت حرارتی	راحت	کمی گرم	خیلی گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	خیلی گرم	گرم	راحت	کمی خنک	کمی خنک

جدول (۱۱) مقایسه ضرایب آسایش منطقه آزاد اروند بر اساس شاخص های زیست اقلیمی را نشان می دهد.

جدول ۱۱- مقایسه ضرایب آسایش منطقه آزاد اروند بر اساس شاخص های زیست اقلیمی

Table 11- Comparison of coefficients of comfort Arvand free zone based on bioclimatic indices.

ماه / شاخص	ژانویه	فوریه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مرداد	شهریور	مهر	مهر	آبان	آذر
ترجونگ	بسیار خنک	بسیار خنک	خنک	مطبوع	گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	گرم	بسیار گرم
بیکر	خنک	ملایم و مطلوب	گرم	داغ، گرم	داغ، گرم	داغ، گرم	گرم	ملایم و مطبوع	خنک	خنک	خنک
PET	کمی خنک	کمی خنک	راحت	گرم	خیلی گرم	داغ	داغ	داغ	خیلی گرم	کمی گرم	راحت
PMV	کمی خنک	کمی خنک	راحت	گرم	خیلی گرم	داغ	داغ	داغ	خیلی گرم	کمی گرم	کمی خنک
TCI	خوب	خوب	خیلی خوب	حد بحرانی	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	بسیار نامطلوب	نامطلوب	قابل قبول	خیلی خوب
دمای مؤثر	خیلی خنک	آسایش	آسایش	گرم	خیلی گرم	خیلی گرم	گرم	گرم	آسایش	خنک	خیلی خنک

بحث و نتیجه گیری

منطقه آزاد اروند در طول سال و مقایسه آن با نتایج جدول (۱۱) نشان می دهد که سه شاخص (PET)، (TCI) و (PMV) کارایی بیش تری برای تبیین شرایط مناسب آسایش محیطی - گردشگری این شهر ارائه می دهند. عمده ترین محدودیت زیست اقلیمی منطقه آزاد اروند مربوط به تنش گرمایی است. در شاخص های مورد بررسی در هیچ یک از ماه های سال تنش سرمای شدید در منطقه آزاد اروند وجود نداشته است.

منابع

۱- محمدی، ح و سعیدی، ع، ۱۳۸۷، شاخص های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان مطالعه موردی شهر قم، مجله محیط شناسی، سال ۳۴، شماره ۴۷.

2- Terjung, W.H.1968, World Patterns of the Monthly Comfort Index.

بررسی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که شاخص های زیست اقلیمی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره های آسایشی و عدم آسایش منطقه آزاد اروند را دارند و ابزار سودمندی برای تحلیل و معرفی اوقات مطلوب و نامطلوب جهت فعالیت های محیطی در این شهر می باشند.

ارزیابی آسایش انسانی منطقه آزاد اروند با استفاده از شاخص های زیستی اقلیمی نشان داد که در دوره سرد سال (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) منطقه آزاد اروند با داشتن هوای خنک تا بسیار خنک، بهترین شرایط آسایشی برای انجام فعالیت های محیطی و گردشگری را دارد و در دوره گرم سال (فروردین تا مهر) با داشتن شرایط بیوکلیمایی گرم و نامطلوب از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است.

منطقه آزاد اروند دارای دو دوره اوج آسایش زیست اقلیمی در اوایل تا اواسط پاییز و اواخر زمستان است. تجربه آب و هوای

- 11- Zengin Murat, Kopar Ibrahim, Karhan Faris, 2009, Determination of bioclimatic comfort in Erzurum-Rize expressway corridor using GIS, Building and Environment, Vol. xxx, (xx-xx), Article in Press.
- 12- Deb , Ch , Ramachandriah , A (2010) , Evaluation of thermal comfort in in a rail terminal location in India ,Bulding and Inviroment ,Valume 45 . pp 2571 – 2580.
- 13- Ping Lin, T, Matzarakis, A. Lung Huang, R. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort, Bulding and Inviroment, Valume 45. pp 213-221.
- ۱۴- کسمایی. م، ۱۳۷۲، پهنه‌بندی اقلیمی ایران- مسکن و محیط‌های مسکونی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۱۵- کاویانی. م، ۱۳۷۲، بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸.
- ۱۶- جهانبخش. س، ۱۳۷۷، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیازهای حرارتی ساختمان، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۸، ص ۶۸.
- ۱۷- پاینده. نصرالله و زکی. غلامرضا، ۱۳۸۴، محاسبه دمای مؤثر استاندارد با طراحی نرم افزار سلامت، مطالعه موردی: محاسبه دمای مؤثر ۱۳۰ ایستگاه سژنوپتیکی کشور پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۷، صص ۹۲-۷۳.
- ۱۸- ذولفقاری. حسن، ۱۳۸۶، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) متوسط نظر سنجی پیش‌بینی شده (PMV) پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۴۱-۱۲۹.
- ۱۹- محمدی. ح، ۱۳۸۶، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- 3- International journal of biometeorology ,vol., 12, n.2, pp.119-123,141. Topay, M 2007, the importance of climate for recreational planning in rural areas: case study of Mugla province. In proceedings of the First International Workshop on climate, tourism and recreation, www.mif.uni-freiburg.de/isb.
- 4- Hounam,C.E. 1967, Meteorological factors affecting comfort with special reference to Alice Springs,Australia, International journal of biometeorology,vol.,11,n.2,july.
- 5- Bogda M., Prucnal–O, 2003, Choice of thermal index forarchitecturaldesign with climate in Nigeria; Habitat international, 44.
- 6- Morillon-GalvezD, Saldana FloresR., 2004; Tejeda-MartinezAHumanbioclimatic atlas for Mexico; Solar Energy, Vol.76.
- 7- Bouden C., Ghrab N. 2005, an adaptive thermal comfort model for the Tunisiancontext: A field study result; Energy and Buildings, Vol. 37.
- 8- Toy S., Yilmaz S., Yilmaz h,2007; Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey; Building and Environment,Vol. 42.
- 9- Hartz Donna A., Brazel Anthony J., Heisler Gordon M., 2006, A case study in resort climatology of Phoenix, Arizona, USA, International Journal of Biometeorology, Vol 51: 73-83.
- 10- Lin Tzu -Ping, Matzarakis Andreas, 2008, Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan, International Journal of Biometeorology, Vol. 52, 281-290.

- ۲۰- محمودی. پیمان، ۱۳۸۷، گردش‌گری و تعیین محدوده‌ی آسایش اقلیمی آن در شهرستان مریوان با استفاده از شاخص‌های دمای مؤثر و تنش تجمعی، رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۲، صص ۴۹-۴۴.
- ۲۱- ناظم السادات. سید محمود و مجنونى هریس. ابوالفضل، ۱۳۸۶، مطالعه میزان شرایط آسایش انسانی در شرایط آب و هوایی مختلف، نواحی شهری شیراز، بندرعباس، بیرجند و اردبیل، مجله محیط-شناسی، شماره ۳۴، صص ۸۰-۷۱.
- ۲۲- رازجویان. محمود، ۱۳۷۵، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- ۲۳- عساکره. ح و موحدی. س، ۱۳۷۰، تعیین دمای مؤثر جهت طراحی اقلیمی در مناطق شمالی و جنوبی خوزستان، سپهر، شماره ۲۳.
- ۲۴- سلیقه. محمد، ۱۳۸۳، مدل‌سازی مسکن همساز با اقلیم شهر چابهار، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، صص ۱۷۰-۱۴۴.
- ۲۵- خوشحال. جواد، غازی. ایران و آرمین. عباسعلی، ۱۳۸۵، استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست اقلیم انسانی (مطالعه موردی اصفهان)، مجله پژوهشی اصفهان، شماره ۱، صص ۱۸۶-۱۷۱.
- ۲۶- شاه بختی. م، شفیعی. ز، ۱۳۸۹، تحلیل شاخص‌های زیست‌اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان در شهر بابلسر، دومین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، صص ۶۳-۵۹.
- ۲۷- صفایی پور. مسعود، ۱۳۸۹، بررسی تاثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری: مطالعه موردی شهر لالی، فصل‌نامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال اول، شماره ۲، صص ۱۰۳-۱۱۶.
- ۲۸- بذریاش. ر.، ملکی. ح و حسینی. ع، ۱۳۸۷، بررسی آسایش حرارتی در فضای آزاد جهت اکوتوریسم در شهرستان بابلسر، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۰، صص ۹۳ تا ۱۰۸.
- ۲۹- ساری صراف. بهروز و جلالی. طاهره، ۱۳۸۹، پهنه-بندی کلیماتوریسم منطقه ارسباران با استفاده از شاخص (TCI) مجله فضای جغرافیایی، شماره ۳۰، صص ۸۸-۶۳.
- ۳۰- فرج‌زاده. م و احمد آبادی. ع، ۱۳۸۸، ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردش‌گری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردش‌گری (TCI)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۱، بهار، صص ۳۱-۴۲.
- ۳۱- اسماعیلی. رضا، گندمکار. امیر و حبیبی نوخندان. مجید، ۱۳۸۹، ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردش‌گری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۵، صص ۴۷-۶۱.
- ۳۲- غیور. ح، گندمکار، ا و دهگانی. ز، ۱۳۹۰، بررسی اقلیم آسایش گردش‌گری استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص TCI، همایش گردش‌گری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی همدان.
- ۳۳- ویکی‌پدیا، ۱۳۹۲
- ۳۴- سازمان هواشناسی استان خوزستان، آمار روزانه عناصر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک در سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۰ میلادی.
- 35- Givoni. Baruch, 1997, Climate consideration in bulding and urban design, Wiley, New York.
- 36- Hamilton M.Daviad J.Maddison.richards.j-Tol, 2005, climate change and international tourism: Asmulation study Global Environmental change 15.pp253-266
- 37- Mieczkowski, Zو 1985 the tourism climatic index a methods of evaluation of world climate for tourism, Canadian Geographer, 29(3) wan. International Journal of Biometeorology 52, 281-290.

- tourism in the northwest of Iran. Meteorological Applications, 16: 545–555. Doi: 10.1002/met.15Olu Ola O.
- 40- Givoni. Baruch, 1997, Climate consideration in bulding and urban design, Wiley, New York.
- 38- Ashrae, 2001, Ashrae Fundamentals Handbook, American Society heating refrigerating and Air conditioning Inc. Atlanta.
- 39- Farajzadeh, M .and Matzarakis, A. 2009, Quantification of climate for