



Evaluation of human comfort conditions based on bioclimatic indicators (Case study: Si Sakht tourist city)

Mostafa Bastamijo¹, Seyed Fakhreddin Afzali^{*2}

¹ MSc student Environmental Science and Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

² Associate Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received Date: 06 March 2025 Accepted Date: 26 April 2025

Abstract

Background and Aim: Climatic characteristics and most of its elements play a decisive role in the spatial distribution and formation of environmental behavior of human societies, so that nowadays, studies and investigations of human bioclimate and the use of its various capabilities are the basis of urban, development, settlement, architecture, and tourism planning. Accordingly, the aim of this study is to investigate and analyze human comfort based on bioclimatic models and indicators.

Methodology: The research method is descriptive-analytical. This study was conducted in 2024 in the city of Sisakht, using climatic data such as temperature, relative humidity, wind speed and air pressure for the period from 2006 to 2024. The required data was collected from the Sisakht synoptic station. After collecting data, human comfort or discomfort was analyzed based on the bioclimatic models and indices of Terjung, Baker, nervous stress, and thermohygrometric for different seasons of the year. This analysis included examining the temporal and spatial changes of the indices to determine which month and hours of the day have the most favorable climatic conditions for tourists. Finally, the models and indices were examined and compared to determine the most effective and efficient method for assessing the bioclimatic conditions of the city of Sisakht.

Finding and Results: The results of this study showed that Sisakht has bioclimatic diversity throughout the year, ranging from hot to very cold conditions; during the winter and summer seasons, it is outside the range of bioclimatic comfort, and with the beginning of the spring and autumn seasons, in the months of transition from cold to heat (April) and heat to cold (November), the climate of Sisakht approaches human comfort conditions. In general, spring, with its unique conditions of human comfort, is the best season for environmental activities and tourism in the city of Sisakht. Also, considering the climatic characteristics of the studied area, the Baker method, neurotic pressure, and then the Terjung method are more suitable and reliable in evaluating the bioclimatic conditions of the city of Sisakht than other bioclimatic indicators.

Keywords: Models, indicators, Bioclimate, Sisakht city.

* Corresponding Author Email: fafzali@gmail.com

ttt e tsss att::: Bastami Joe, M. and Afzali, S. F. (2026). Evaluating human comfort conditions based on bioclimatic indicators (Case study: Si Sakht tourist city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(4), 114-126.



ارزیابی شرایط آسایش انسانی بر اساس شاخص های زیست اقلیمی (مطالعه موردی: شهر توریستی سی سخت)

مصطفی بسطامی جوا^۱، دکتر سید فخرالدین افزلی^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۲ دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: ویژگی های اقلیمی و اغلب عناصر آن در پراکندگی فضایی و شکل گیری رفتار محیطی جوامع انسانی نقش تعیین کننده ای ایفا می کنند، تا آنجا که امروزه مطالعات و بررسی های بیوکلیمای انسانی و استفاده از توانمندی های مختلف آن پایه و اساس برنامه ریزی های شهری، عمرانی، سکونتگاهی، معماری، جهانگردی و غیره است. بر این اساس هدف این مطالعه بررسی و تحلیل آسایش انسانی بر اساس مدل ها و شاخص های زیست اقلیمی می باشد.

روش شناسی: روش پژوهش توصیفی - تحلیلی و از حیث نوع پژوهش کاربردی است. این مطالعه در سال ۱۴۰۳ در شهر سی سخت، با استفاده از داده های اقلیمی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و فشار هوا برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ انجام شد. داده های مورد نیاز از ایستگاه سینوپتیک سی سخت جمع آوری شد. پس از جمع آوری داده ها، آسایش یا عدم آسایش انسان بر اساس مدل ها و شاخص های زیست اقلیمی ترجونگ، بیکر، فشار عصبی و ترموهیگرومتریک برای فصول مختلف سال تحلیل شد. این تحلیل شامل بررسی تغییرات زمانی و مکانی شاخص ها بود تا مشخص شود که در کدام ماه و ساعات شبانه روز شرایط اقلیمی برای گردشگران مطلوب تر است. در نهایت مدل ها و شاخص ها برای تعیین موثرترین و کارآمدترین روش برای ارزیابی شرایط بیوکلیمایی شهر سی سخت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

یافته ها و نتایج: بررسی ها نشان داد که سی سخت در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط گرم تا بسیار خنکی برخوردار است؛ طی فصول زمستان و تابستان از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و با آغاز فصول بهار و پاییز در ماه های گذار از سرما به گرما (فروردین) و گرما به سرما (آبان) اقلیم سی سخت به شرایط آسایش انسانی نزدیک می شود. در مجموع بهار با شرایط منحصر بفرد آسایش انسانی، بهترین فصل برای انجام فعالیتهای محیطی و گردشگری در سی سخت است. همچنین با توجه به ویژگیهای آب و هوایی منطقه مورد مطالعه، روشهای بیکر، فشار عصبی و بعد از آن روش ترجونگ نسبت به دیگر شاخصهای زیست اقلیمی، در ارزیابی شرایط بیوکلیمایی شهر سی سخت مناسبتر و از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردارند.

واژگان کلیدی: مدل ها، شاخص ها، زیست اقلیم، شهر سی سخت.

*نویسنده مسئول: fafzali@gmail.com

ارجاع به این مقاله: بسطامی جوا، مصطفی و افزلی، سید فخرالدین (۱۴۰۴). ارزیابی شرایط آسایش انسانی بر اساس شاخص های زیست اقلیمی (مطالعه موردی: شهر توریستی سی سخت). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۴)، ۱۱۴-۱۲۶.

مقدمه و بیان مسأله

امروزه بررسی وضعیت بیوکلیمایی انسانی پایه و اساس بسیاری از برنامه ریزی های عمران ناحیه ای، بویژه در زمینه مسائل شهری و سکونتگاهی، معماری، جهانگردی و بهداشتی و درمانی و ... است و نتایج حاصل از این گونه مطالعات در اسکان بشر در مناطق جدید و نیز توسعه سکونتگاه های موجود بهره برداری می شود (Hamed et al, 2022: 2). 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 چنین شرایطی است که ارگانیسم انسانی می تواند بیلان حرارتی خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند بدون اینکه دچار کمبود یا مازاد انرژی شود (Gaitán et al, 2023: 2). بنابراین لازم است این شرایط به صورت محلی مورد ارزیابی قرار گیرد. از میان تمامی عناصر اقلیمی چهار عنصر درجه حرارت، رطوبت، تابش و باد بیشترین تأثیر را بر بدن انسان دارند. گردش خون، تنفس و همچنین عملکرد سیستم های عصبی تا حد زیادی تحت تأثیر این عوامل محیطی است (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۱).

در بین عناصر اقلیمی ذکر شده، دما و رطوبت تأثیر بیشتری در آسایش انسان دارند. بر این اساس بیشتر مدل های سنجش آسایش انسان بر پایه ی این دو عنصر استقرار یافته است (علیجانی، ۱۳۷۳: ۴۸). طبق تعریف، شریط آسایش حرارتی، محدوده ای از دما و رطوبت است که در آن ساز و کار تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت باشد (Sosa-Guillén et al, 2024: 3). آسایش زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک) انسانی به تعادل حرارتی بدن انسان با محیط پیرامون وابسته است. هر چند که نظرات متفاوتی در مورد میزان دمای مناسب برای راحتی انسان وجود دارد، اما بیشترین پیشنهادات، درجه حرارت های بین ۵۸ تا ۸۰ درجه فارنهایت مطرح شده است. تعادل آسایش زیست اقلیمی زمانی به وقوع می پیوندد که تعادل دمای جذب شده و دفع شده بین پوست و محیط ایجاد شود و سبب متعادل ماندن دمای درونی بدن انسان در حدود ۳۷ درجه سانتیگراد شود (قنبری و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۴) و مجموعه شرایط حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد مردم جامعه مناسب باشد. به عبارت دیگر انسان در آن شرایط، نه احساس گرما و نه احساس سرما کند (جهانبخش، ۱۳۷۷: ۶۶). این تعادل آسایشی در فضای درون و بیرون از ساختمان متفاوت است و شرایط آسایش و راحتی برای انسان در هر دو محیط مهم است.

پژوهش های فراوانی در جهان در خصوص زیست اقلیم در زمینه های گوناگون انجام گرفته است. ترجونگ ۱ در سال ۱۹۶۸ نمودار ضریب راحتی و آسایش انسان را با توجه به پارامترهای اقلیمی دما و رطوبت طراحی کرد. فانگر ۲ در سال ۱۹۷۲، محدوده آسایش را بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط ارائه کرد (Fanger, 1972, 43-255). اولگی ۳ روشی را مطرح کرد که نه تنها همانند روش فانگر معیارهای آسایش متعددی را مدنظر قرار داده بود، بلکه پیشنهادی را برای کاربرد این روش در عرضهای جغرافیایی دیگر (عرض های زیر ۴۰ درجه) ارائه داد (Sobh et al, 2022: 3). از مطالعات دیگر می توان به پژوهش های بیکر ۴ (۱۹۷۲)، پری ۵ (۲۰۰۱)، پتر هاپ ۶ (۱۹۹۹)، مازاراکیس ۷ و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد.

در ایران نیز با بکارگیری الگوها و شاخص های متعددی همچون ترجونگ، بیکر، فشار عصبی و غیره مطالعات متعددی در این زمینه انجام گرفته است. کاویانی (۱۳۷۱) در مورد تهیه نقشه بیوکلیمای تابستانه و زمستانه برای سواحل شمال و جنوب ایران و همچنین بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی در ایران (۱۳۷۲)، جهانبخش (۱۳۷۷) در مورد زیست اقلیم تبریز، قائمی (۱۳۷۹) درباره اثر عوامل اقلیمی روی انسان، محمدی و همکاران (۱۳۸۷) پیرامون شاخص های زیست اقلیمی موثر بر ارزیابی آسایش انسان در شهر قم، رضانی گورابی (۱۳۸۸) در مورد شناخت پتانسیل آسایش بیوکلیماتیک انسانی تالاب انزلی، گل رخ و همکاران (۱۳۹۰) درباره شرایط

1-Terjung

2-Fanger

3-Olgyay

r-Becker

5-Perry

6-Peter Hoppe

7-Matzarakis

زیست اقلیمی بجنورد مطالعات راهگشایی انجام داده‌اند. در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن بهره‌گیری از معتبرترین مدل‌های تجربی، شرایط اقلیم زیستی شهر سی سخت از نظر کیفیات حرارتی و آثار فیزیولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و الگوی مناسبی به منظور تعیین درجه آسایش (حرارتی)، یا عدم آسایش در طول ماه‌ها و فصول مختلف برای برنامه‌ریزی محیطی و گردشگری ارائه گردد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر سی سخت در موقع جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در استان کهگیلویه و بویراحمد قرار گرفته است (سالنامه آماری استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۸۷: ۳۱). شهر سی سخت از نظر تقسیمات سیاسی کشور مرکز شهرستان دنا، و از نظر طبیعی بین کوه‌های دنا محصور شده است. حوزه شهری سی سخت در پهنه کوهستانی زاگرس مرتفع و چین‌خورده واقع شده است. این محدوده بوسیله پهنه‌های توپوگرافی پیچیده و پرشیب احاطه شده است (سازمان گردشگری، ۱۳۸۵).

نقشه شماره (۱): موقعیت جغرافیایی شهر سی سخت



مأخذ: سازمان مسکن و شهرسازی استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۸۷

روش پژوهش

روش پژوهش در این پژوهش روش (ترکیبی) و با نگرش سیستمی، روش توصیفی و تحلیلی است. روش جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش ترکیبی از روش‌های کتابخانه‌ای، توصیفی، میدانی، بررسی اسناد و مدارک و طبقه‌بندی داده‌ها می‌باشد. داده‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل تمامی اندازه‌گیری‌های ماهانه عناصر اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهر سی سخت با دوره آماری ۱۷ ساله (۱۳۸۵-۱۴۰۲) می‌باشد که به عنوان پایگاه اطلاعاتی مورد پردازش قرار گرفته است. روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر استفاده از روابط ریاضی، مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی (ترجونگ، بیکر، فشار عصبی و ترموهیگرومتریک) که آسایش انسان را با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه که توانایی‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد، ارزیابی می‌نماید.

یافته های پژوهش

-شاخص ترجو نگ

شاخص ترجو نگ یکی از مهمترین روشهای زیست اقلیم انسانی برای ارزیابی آسایش انسان محسوب می شود (محمدی، ۱۳۸۶: ۱۸۶). استفاده از این روش موجب شناخت شرایط زیست اقلیمی منطقه مورد مطالعه می شود که می تواند راهگشای مشکلات مربوط به مسکن، از جمله مسائل مربوط به انرژی باشد. علاوه بر این می تواند در صنعت جهانگردی و گردشگری و همچنین در زمینه برنامه ریزی های شهری و منطقه ای کاربرد فراوانی داشته باشد (Chou et al, 2023: 2). امتیاز این روش نسبت به سایر روشها این است که از کلیه فاکتورهای مهم اقلیمی از جمله دما، رطوبت، باد، تابش و ساعات آفتابی که مجموعه شرایط حرارتی بدن انسان را کنترل می کنند، همزمان استفاده شده است (کاویانی، ۱۳۷۲: ۷۸). در عین حال به منظور سهولت محاسبه در ساختار نمودار دو مؤلفه میانگین دمای روزانه بر حسب فارنهایت و میانگین رطوبت نسبی ماهانه بر حسب درصد به کار برده می شود. به طوری که این نمودار در واقع بیان کننده ضرایب راحتی انسان در شرایط ترکیب های متفاوت دما و رطوبت و شرایط متعارف (پوشش معمولی و عدم فعالیت فیزیکی) می باشد (Hatef et al, 2024: 4). در این نمودار محور افقی معرف دما بر حسب فارنهایت و خطوط منحنی، معرف رطوبت نسبی بر حسب درصد است. محل برخورد این دو پارامتر اقلیمی در شرایط متعارف، در محدوده های مختلفی قرار می گیرد که با اعداد و نمادهایی نشان داده شده است (جدول ۱). با توجه به شکل ۲ و جدول ۱، ضریب راحتی و آسایش انسان برای شهر سی سخت در قالب جدول ۲ تنظیم شده است.

جدول ۱. ضرایب، نمادها و علائم شاخص ضریب راحتی

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

منبع: McGregor, 1993

جدول ۲. متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی (درصد) و ضریب آسایش شبانه روزی سی سخت بر اساس شاخص ترجو نگ (۱۴۰۲-۱۳۸۵)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
پارامتر												
درجه حرارت (F)	۵۲/۴۳	۶۳/۷۵	۷۱/۲۵	۸۰/۲۵	۷۸/۶۰	۷۰/۱۵	۶۰/۳۱	۴۹/۴۲	۴۱/۸۱	۳۵/۹	۳۸/۷۶	۴۵/۴۴
رطوبت نسبی (%)	۵۲	۴۲	۳۰/۲	۲۷/۲	۲۷/۴	۲۷/۹	۴۰/۳	۶۰/۱	۶۳/۱	۷۱	۶۴/۱	۵۷/۱
ضریب راحتی	بسیار خنک	خنک	مطبوع گرم	مطبوع	مطبوع	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک

منبع: محاسبات نگارندگان.

بر اساس جدول (۲)، در منطقه مورد مطالعه اولین ماه فصل بهار (فروردین) و تمام ماه های پاییز (مهر، آبان و آذر) و زمستان (دی، بهمن و اسفند)، در محدوده ۲- قرار می گیرد که نشان دهنده شرایط فیزیولوژیکی بسیار خنک در طول شبانه روز است. در این بین شرایط دی ماه به محدوده آسایشی سرد بسیار نزدیک است. در شهر سی سخت اردیبهشت ماه با قرارگیری در محدوده ۱-، معرف شرایط فیزیولوژیکی خنک است. همچنین ماه های خرداد، مرداد و شهریور با قرارگیری در محدوده آسایش صفر، در گروه مطبوع

ضریب آسایش ترجونگ قرار می‌گیرند. در این بین تیر ماه با قرارگیری در محدوده ۱، با شرایط فیزیولوژیکی گرم و نزدیک به محدوده داغ مشخص شده است.

الف) تعیین ضریب راحتی روز بر اساس روش ترجونگ

بر اساس روش ترجونگ برای تعیین ضریب راحتی روز در ماه‌های مختلف سال، از میانگین حداکثر دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه به درصد استفاده می‌شود. بر این اساس ضریب آسایش روز برای شهر سی سخت در قالب جدول ۳ طراحی شده است.

جدول ۳. متوسط حداکثر درجه حرارت (فارنهایت) و حداقل رطوبت نسبی (درصد) و ضریب آسایش روز شهر سی سخت

پارامتر	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریو	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین حداکثر درجه حرارت (F)	۶۶/۳۲	۷۷/۲۳	۸۸/۳	۹/۲۲	۹۱/۶۷	۸۶/۴۱	۷۴/۷۱	۶/۳۲	۵۰/۱۱	۴۴/۱	۴۸/۶	۵۴/۶۲	
میانگین حداقل رطوبت نسبی (%)	۲۹	۲۰	۱۴	۱۴	۱۲	۱۱	۱۸	۳۰	۴۳	۵۲	۴۳	۳۶	
ضریب راحتی	خنک	مطبوع	گرم	گرم	گرم	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	

ب) تعیین ضریب راحتی شب بر اساس روش ترجونگ

برای تعیین ضریب راحتی شب در ماه‌های مختلف سال، از میانگین حداقل دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداکثر رطوبت نسبی روزانه به درصد استفاده می‌شود. جدول ۴، راحتی و آسایش شب را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. شرایط فیزیولوژیک شهر سی سخت بر اساس شکل ۲ و خصوصیات اقلیمی شهر محاسبه و تعیین شده و نتایج زیر به دست آمده است.

جدول ۴. متوسط حداقل درجه حرارت (فارنهایت) و حداکثر رطوبت نسبی (درصد) و ضریب آسایش شب شهر سی سخت

پارامتر	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین حداقل درجه حرارت (F)	۴۲/۱	۴۹/۴۴	۵۶/۶	۶۱/۳۳	۶۱/۶۱	۵۳/۴	۴/۵۲	۳۵/۴۶	۲۹/۵	۲/۱۳	۲/۱۲	۳۵/۷۱	
میانگین حداکثر رطوبت نسبی (%)	۷۷	۶۲	۴۵	۴۳	۴۴	۴۶	۵۸	۷۷	۸۷	۹۲	۸۸	۸۲	
ضریب راحتی	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	خنک	خنک	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	سرد	سرد	سرد	بسیار خنک	

– شاخص زیست اقلیمی بیکر

برای ارزیابی آسایش انسان در شهر سی سخت، از شاخص بیوکلیمای بیکر نیز استفاده شده است. در این شاخص از میان تمامی عناصر اقلیمی در ارتباط با بیوکلیمای انسانی، از کمیت‌های دما و جریان باد استفاده می‌شود که جامع‌تر و مناسب‌تر است. در این شاخص برای محاسبه قدرت خنک‌کنندگی محیط (Cooling power) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{رابطه ۱: } cp = (0.26 + 0.34v^{0.632}) \times (36.5 - t)$$

در این رابطه:

Cp = قدرت خنک کنندگی محیط

V = میانگین ماهانه سرعت باد (متر در ثانیه)

t = میانگین دمای روزانه (درجه سلسیوس)

بیکر درجات قدرت خنک کنندگی محیط و آستانه های تحریک بیوکلیمای انسانی (آسایش انسان) را به صورت جدول شماره ۵ ارائه کرده است.

جدول ۵. درجات قدرت خنک کنندگی محیط و آستانه بیوکلیمایی بر حسب بررسی بیکر

گروه	مقدار cp	شرایط محیطی	شرایط بیوکلیمایی انسانی
A	۵-۰	داغ، گرم، شرجی و نامطلوب	فشار بیوکلیمایی
B	B_1 ۱۰-۵	گرم قابل تحمل	محدوده آسایش بیوکلیمایی
	B_2 ۲۰-۱۰	ملایم مطبوع	محدوده آسایش بیوکلیمایی
C	۳۰-۲۰	خنک	تحریک ملایم
D	D_1 ۴۰-۳۰	سرد و کمی فشار دهنده	تحریک متوسط تا شدید
	D_2 ۵۰-۴۰	خیلی سرد	بطور متوسط آزار دهنده
	D_3 ۶۰-۵۰	فوق العاده سرد	شدیداً آزار دهنده

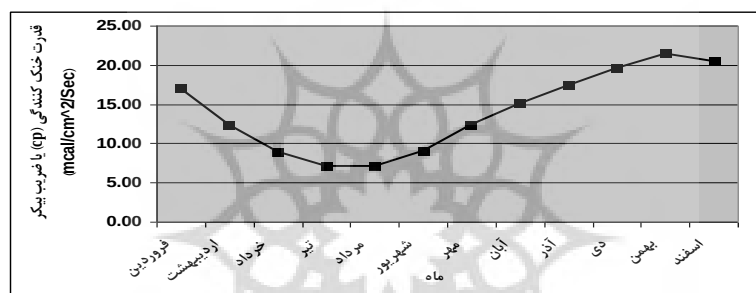
منبع: Becker et al, 2003

بر اساس روش بیکر (جدول شماره ۵)، چنانچه مقدار CP کمتر از ۵ یا بیشتر از ۲۰ باشد، فشار بیوکلیمایی و عدم آسایش زیست اقلیمی وجود خواهد داشت. در حالت اول به دلیل درجه حرارت زیاد شرایط نامطبوع ایجاد می شود و در حالت دوم که CP بیشتر از ۲۰ می شود، به دلیل بروود محیط شرایط عدم آسایش به وجود می آید (لشکری و همکاران، ۱۳۸۳: ۳۷).

با توجه به جدول ۶ و همچنین منحنی ضریب زیست اقلیمی بیکر (شکل ۳)، مشاهده می شود که در ماه های فصل زمستان مقدار cp در حد ۲۰ و بیش از ۲۰ میکرو کالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه است که نشان دهنده تحریک ملایم زیست اقلیمی ناشی از خنکی و سرمای این فصل از سال است. در فصل بهار به تدریج از مقدار cp کاسته می شود. به طوری که شرایط محیطی از حالت تحریک و فشار نسبی به حالت شرایط ملایم و مطبوع که محدوده شرایط آسایش بیوکلیمایی است، تغییر می کند (محدوده B_2). روند کاهش به گونه ای است که مقدار cp در خرداد به رقم ۸/۹۱ می رسد. همچنین در ماه های تیر و مرداد و شهریور، مقدار cp به دلیل درجه حرارت بالای فصل تابستان در منطقه مورد مطالعه به شدت کاهش می یابد و به ترتیب به ۷/۱، ۷/۰۶ و ۹/۰۷ میکرو کالری بر سانتیمتر مربع می رسد. بنابراین در این فصل از سال و همچنین ماه آخر بهار (خرداد)، با توجه به جدول شماره ۵، شرایط محیطی دارای گرمای قابل تحمل است که در ماه های تیر و مرداد به محدوده شرایط محیطی گرم و داغ بسیار نزدیک است. در فصل پاییز با کاهش نسبی درجه حرارت، میزان قدرت خنک کنندگی محیط افزایش می یابد. این مقدار در ماه های مهر، آبان و آذر به ترتیب ۱۲/۳۹، ۱۵/۱۱ و ۱۷/۳۷ میکرو کالری می باشد. این مقدار شاخص با توجه به جدول شماره ۵، دارای شرایط محیطی ملایم و مطبوع بوده و از نظر شرایط بیوکلیمایی در محدوده آسایش قرار دارد.

جدول ۶. درجات قدرت سرد کنندگی محیط (میزان CP) به روش بیکر برای شهر سی سخت طی سالهای ۱۴۰۲-۱۳۸۵

پارامتر	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
متوسط حداقل دما	۶/۲	۹/۳	۱۳/۶	۱۷/۲	۱۶/۱	۱۲/۳	۶/۸	۲/۱	۰/۱	-۳/۴	-۰/۱	۱/۹	۱/۹
متوسط حداکثر دما	۱۹/۱	۲۵/۴	۳۱/۷	۳۴/۲	۳۳/۴	۳۰/۵	۲۳/۲	۱۶/۳	۱۰/۳	۷/۴	۹/۲	۱۳/۳	۱۳/۳
میانگین دما (°C)	۱۲/۵	۱۷/۳	۲۲/۴	۲۵/۴	۲۵/۶	۲۰/۶	۱۵/۵	۹/۵	۵/۳	۲/۱	۳/۴	۷/۹	۷/۹
متوسط سرعت باد (m/sec)	۱/۸۱	۱/۵۴	۱/۴۷	۱/۷۵	۱/۴۹	۱/۲۶	۱/۲۰	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۹۵	۱/۴۷	۱/۸۲	۱/۸۲
در شب	۲۲/۹۴	۱۸/۶۱	۱۵/۱۳	۱۳/۳۴	۱۳/۰۹	۱۴/۹۹	۱۷/۸۶	۱۹/۹۵	۲۱/۰۲	۲۳/۰۸	۲۶/۱۶	۲۵/۰۶	۲۵/۰۶
مقدار Cp	C	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	C	C	C	C
در روز	۱۲/۵۴	۷/۳۲	۳/۰۶	۱/۹۵	۱/۹۸	۳/۸۷	۸/۰۲	۱۱/۸۹	۱۵/۰۲	۱۷/۳۲	۱۸/۲۱	۱۷/۱۱	۱۷/۱۱
گروه	B ₂	B ₁	A	A	A	A	A	A	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂



شکل ۱. روند ماهانه تحریکات زیست اقلیم انسانی شهر سی سخت بر حسب شاخص بیکر

بر اساس شاخص بیکر، در سی سخت قدرت خنک‌کنندگی محیط در طول روز، در ماه‌های آبان تا فروردین در محدوده گروه B₂ (ملایم مطبوع)، اردیبهشت و مهر در گروه B₁ (گرم قابل تحمل) و ماه‌های خرداد تا شهریور در محدوده A (داغ، گرم، شرجی و نامطلوب) قرار می‌گیرند. بنابراین در فصل تابستان و همچنین خرداد ماه، شاخص آسایش منطقه مورد مطالعه در طول روز به دلیل درجه حرارت بالا، دارای شرایط محیطی گرم و داغ و نامطبوع بوده و از نظر شرایط بیوکلیمایی انسانی در وضعیت فشار قرار دارد. همچنین با توجه به جدول شماره ۶، قدرت خنک‌کنندگی محیط در طول شب در منطقه مورد مطالعه، نسبت به روز تغییر می‌کند. به طوری که در طول شب، ماه‌های آذر تا فروردین در شرایط بیوکلیمایی تحریک و فشار نسبی قرار دارند. از این لحاظ، ماه‌های اردیبهشت تا آبان در محدوده آسایش زیست اقلیمی قرار دارند. به طور کلی در ارزیابی شاخص بیکر می‌توان گفت که با توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه، نتایج این مدل مناسب منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

-شاخص فشار عصبی

یکی از روش‌های تعیین دمای مؤثر، استفاده از شاخص فشار عصبی است که هدف آن تشریح درجات آسایش با استفاده از عناصر دما، رطوبت و باد است (Nazari et al, 2025: 4).

شاخص فشار عصبی برای دماهای بالاتر از ۲۰°C به صورت زیر بیان می‌شود:

$$CI = I - DI$$

رابطه ۲:

که CI شاخص عددی آسایش، I شاخص دمای مؤثر و رطوبت با فرض شرایط آرام هوا و DI شاخص دیگری است که اثر سرمایش اضافی ناشی از حرکت هوا را اضافه می‌کند. میزان I و DI خود به ترتیب برابر است با:

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

$$dI = 0/357V^{0.5}(20 + 0.5u - 0.2T)$$

که T درجه حرارت (t_f)، u رطوبت نسبی بر حسب درصد و V سرعت باد بر حسب میل بر ساعت است (محمدی، ۱۳۸۶: ۱۸۸).

شاخص فشار عصبی برای دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی گراد از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$H = 0.57V^{0.42}(36.5 - T) \times 36 \quad \text{رابطه ۳:}$$

که H قدرت خنک کنندگی بر حسب کیلو کالری بر ساعت در متر مربع، T دمای هوا بر حسب سانتی گراد و V سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه است. جدول ۷، درجه بندی ضریب آسایش شاخص فشار عصبی را نشان می دهد. همچنین با توجه به فرمول های محاسبه شاخص فشار عصبی، ضریب آسایش برای ماه های مختلف سال شهر سی سخت در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۷. درجه بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی

ضریب آسایش مربوط به دماهای بالاتر از ۲۰ °C		ضریب آسایش مربوط به دماهای پایین تر از ۲۰ °C	
ضریب آسایش (CI)	آهنگ گرمایش	ضریب آسایش (H)	آهنگ سرمایش
کمتر از ۵-	خنک با شرایط عدم آسایش	۵۴۰-۳۹۵	خنک
۱- تا ۵-	خنک	۷۹۰-۵۴۰	خیلی خنک
۰	آسایش	۱۰۰۰-۷۹۰	سرد
۱ تا ۵	گرم با شرایط آسایش	۱۲۰۰-۱۰۰۰	خیلی سرد
۵ تا ۱۰	گرم با شرایط عدم آسایش	۱۴۴۰-۱۲۰۰	سرما می گذرنده
۱۰ تا ۱۵	شرایط عدم آسایش زیاد	+۱۴۴۰	سطح پوست به سرعت یخ می زند
بیشتر از ۱۵	کاملاً شرایط عدم آسایش	-	-

منبع: محمدی، ۱۳۸۶: ۱۸

جدول ۸. ضریب آسایش و درجه بندی آسایش ایستگاه سی سخت بر اساس شاخص فشار عصبی (۱۳۸۵-۱۴۰۲)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
ضریب آسایش شبانه روز	۵۹۷/۶	۴۳۲/۹	-۱/۸۵	۲/۷۷	۱/۶۵	-۲/۷	۴۲۸/۸	۵۲۲/۹	۵۹۵/۷	۶۶۷/۳	۷۴۶/۵	۷۱۷/۷
درجه بندی آسایش شبانه روز	خیلی خنک	خنک	خنک	گرم	گرم	خنک	خنک	خنک	خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک
ضریب آسایش روز	-۳/۱	۶/۹	۱۱/۰۲	۱۳/۸	۱۳/۹	۹/۸	۲/۵۵	۳۹۳/۴	۴۷۸/۲	۵۶۱/۱	۶۱۱/۹	۵۶۴/۷
درجه بندی آسایش روز	خنک	گرم با شرایط عدم آسایش	شرایط عدم آسایش زیاد	شرایط عدم آسایش زیاد	شرایط عدم آسایش زیاد	گرم با شرایط عدم آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	خنک	خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک
ضریب آسایش شب	۷۶۴/۳	۶۲۱/۷	۵۲۲/۷	۴۶۱/۷	۴۵۲/۳	۵۱۴/۳	۶۰۴/۳	۶۵۲/۲	۶۹۸/۹	۸۶۳/۳	۸۷۸	۷۶۸
درجه بندی آسایش شب	خیلی خنک	خیلی خنک	خنک	خنک	خنک	خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	سرد	سرد	خیلی خنک

با توجه به نتایج بدست آمده بر پایه شاخص فشار عصبی، ایستگاه سی سخت در ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین دارای درجه آسایش خیلی خنک در طول شبانه روز می باشد. در ماه های اردیبهشت و خرداد و همچنین ماه های شهریور، مهر و آبان شرایط بیوکلیمایی خنک بر منطقه حاکم است. ماه های تیر و مرداد نیز بر اساس شاخص فشار عصبی دارای شرایط گرمای قابل تحمل می باشند.

همچنین بر اساس جدول ۸، شرایط بیوکلیمایی در منطقه مورد مطالعه با افزایش و کاهش دما در طول شب و روز، نسبت به شرایط زیست اقلیم شبانه روزی تفاوت پیدا می کند. به طوری که در ماه های خرداد، تیر و مرداد به دلیل گرمای زیاد در طول روز،

شرایط عدم آسایش زیاد و در طول شب، شرایط آسایشی خنک به وجود می‌آید. در طول شب به دلیل سرمای زیاد در ماه‌های دی و بهمن، شرایط سرد و نزدیک به شرایط عدم آسایش وجود دارد. قابل ذکر است که برای میانگین، حداقل یا حداکثر دماهای زیر ۲۰ درجه از شرایط آهنگ سرمایش و برای دماهای بالای ۲۰ درجه سانتیگراد از شرایط و فرمول‌های مربوط به آهنگ گرمایش استفاده شده است.

با توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه، شاخص فشار عصبی و نتایج حاصل از آن در ارتباط با ضرایب آسایش انسانی منطقه سازگاری داشته و می‌تواند یکی از شاخص‌های مناسب برای ارزیابی ضریب آسایش انسانی شهر سی سخت باشد.

- شاخص ترموهیگرومتریک

در این شاخص از دمای خشک و دمای نقطه شبنم استفاده شده که کاربرد آن بیشتر در مناطق گرم است و جریان باد را مد نظر قرار نداده است و به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود (Fernández et al, 2025: 5).

$$DI = 0/99 Td + 0/36 Tdp + 41/5$$

رابطه ۴:

DI = شاخص ترموهیگرومتریک

Td = دمای خشک بر حسب درجه سانتیگراد

Tdp = دمای نقطه شبنم بر حسب درجه سانتیگراد

در این شاخص در صورتی که مقدار DI بین ۶۰ تا ۷۵ باشد، شرایط بیوکلیمایی انسانی مطابق است با احساس راحتی (A) و اگر کمتر از ۶۰ باشد، احساس سرما (B) و بیش از ۷۵، حدود ۵۰ درصد مردم به دلیل گرما از ناراحتی رنج می‌برند (C) و نهایتاً اگر این ضریب از ۸۰ بگذرد، صد در صد افراد به دلیل گرما از ناراحتی رنج می‌برند (D). جدول شماره (۹) پارامترهای شاخص آسایش ترموهیگرومتریک را برای شهر سی سخت نشان می‌دهد.

جدول ۹. پارامترهای شاخص آسایش ترموهیگرومتریک برای شهر سی سخت (۱۴۰۲-۱۳۸۵)

پارامتر	ماه فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دمای خشک	۱۳/۱	۱۸/۹	۲۳/۸	۲۶/۱	۲۵/۸	۲۱/۷	۱۵/۱	۸/۶	۴/۲	۲/۵	۴/۳	۷/۹
دمای نقطه شبنم	۱/۵	۱/۵	۱	۳/۲	۲/۶	-۰/۳	-۱	-۱/۲	-۲	-۳	-۲/۹	-۱/۴
شاخص	۵۵	۶۰/۸	۶۵/۶	۶۹/۱	۶۷/۹	۶۲/۹	۵۶/۸	۵۰/۱	۴۵/۹	۴۲/۹	۴۳/۱	۴۹/۱
ترموهیگرومتریک	B	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
نماد ترموهیگرومتریک	B	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B

بر اساس جدول ۹، میزان DI در ماه‌های مربوط به فصول پاییز و زمستان و نیز در فروردین ماه، زیر شاخص ۶۰ قرار دارند که بیان‌کننده شرایطی است که انسان در فضای آزاد احساس سرما می‌کند. مقدار شاخص ترموهیگرومتریک ماه‌های آذر، دی و بهمن نسبت به دیگر ماه‌ها کمتر می‌باشد که نشان‌دهنده آن است که هوا در این سه ماه سردتر از بقیه ماه‌ها می‌باشد و افراد جامعه در این سه ماه نسبت به ماه‌های دیگر احساس سرمای بیشتری می‌کنند.

میزان DI در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور بین شاخص ۶۰ تا ۷۵ قرار گرفته است. بنابراین در این ماه‌ها شرایط محیطی منطقه به صورتی است که انسان احساس راحتی می‌کند. در این بین، شرایط آسایش در ماه‌های تیر و مرداد، بسیار نزدیک به شرایطی است که ۵۰ درصد مردم به دلیل گرما از ناراحتی رنج می‌برند.

نتیجه گیری

ارزیابی شرایط زیست اقلیمی ضمن شناسایی شرایط آسایش یا عدم آسایش اقلیمی حاکم بر منطقه، با هدایت برنامه ریزان، ارزش افزوده سرمایه گذاری های ملی و منطقه ای را در پایداری و مناسب ترین حالت ممکن می سازد. امروزه نتایج حاصل از مطالعات بیوکلیمایی انسانی، در اسکان بشر در مناطق جدید و نیز توسعه سکونتگاه های موجود بهره برداری می شود.

با توجه به اینکه ارزیابی آسایش و عدم آسایش فیزیولوژی انسان به عوامل و مشخصه های اقلیمی و جوی بستگی دارد، بنابراین در این پژوهش برای تعیین و ارزیابی ضریب راحتی شهر سی سخت از شاخص های زیست اقلیمی ترجونگ، بیکر، فشار عصبی، ترموهیگرومتریک و شاخص سرما - باد استفاده شده است.

نتایج حاصل از مجموع ارزیابی ها نشان می دهد که طیف بیوکلیمای شهر سی سخت در طول سال از نامطلوب ترین نوع بیوکلیما در تیر و مرداد تا مطلوب ترین نوع بیوکلیما در فروردین و اردیبهشت تفاوت پیدا می کند. به طوری که ماه های فروردین، اردیبهشت، شهریور و مهر به ترتیب مناسب ترین ماه ها از نظر آسایش زیست- اقلیمی انسانی می باشند و ماه های تیر، مرداد و تا حدود زیادی خرداد، با عدم آسایش نسبی حاصل از گرمای بالا مشخص می شوند. سایر ماه ها نیز به دلیل سرمای زیاد دارای شرایط بیوکلیمایی خیلی خنک تا سرد ارزیابی می شوند که این نتیجه گیری با ویژگی های اقلیمی شهر سی سخت مطابقت دارد. همچنین نتایج بدست آمده نشان می دهد که وضعیت بیوکلیمایی این منطقه در طول شب و روز، با کاهش و افزایش دما، رطوبت و سایر پارامترهای اقلیمی تفاوت پیدا می کند.

جدول ۱۲. ضریب آسایش ماهانه ایستگاه سی سخت به روش های مختلف زیست اقلیمی (۱۴۰۲-۱۳۸۵)

شاخص	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
ترجونگ	بسیار خنک	خنک	مطبوع	گرم	مطبوع	مطبوع	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک
بیکر	ملایم مطبوع	ملایم مطبوع	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	ملایم مطبوع	ملایم مطبوع	ملایم مطبوع	ملایم مطبوع	ملایم مطبوع	خنک	خنک
فشار عصبی	خیلی خنک	خنک	خنک	گرم	گرم	گرم	خنک	خنک	خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک
ترموهیگرومتریک	احساس سرما	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس راحتی	احساس سرما	احساس سرما	احساس سرما	احساس سرما	احساس سرما

در مقایسه روش ها می توان گفت که با توجه به ویژگی های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه، روش های بیکر، فشار عصبی و بعد از آن روش ترجونگ نسبت به دیگر شاخص های زیست اقلیمی مناسب تر و از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردارند و می توانند در ارزیابی شرایط بیوکلیمایی شهر سی سخت مؤثر و کارآمد باشند.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: در مطالعه حاضر فرم های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی ها تکمیل شد. حامی مالی: هزینه های مطالعه حاضر توسط نویسندگان تامین شد. تعارض منافع: بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

منابع و مأخذ

ابراهیم زاده، عیسی، و آقاسی زاده، عبدالله. (۱۳۸۸). تحلیل عوامل موثر بر گسترش گردشگری در ناحیه ساحلی چابهار با استفاده از مدل راهبردی SWOT. مطالعات و پژوهش های شهری منطقه ای، (۱)، ۱۰۷-۱۲۸.

<https://sid.ir/paper/153035/fa>

اسفندیاری درآباد، فریبا و نظافت تکه، بهروز. (۱۴۰۴). ۶. توان سنجی ژئوتوریستی و ژئومورفولوژیکی مناطق حفاظت شده شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل های کمی. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، (۳)، ۷۸-۸۵.

https://www.srds.ir/article_216380.html

جهانبخش، سعید، ۱۳۷۷، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیازهای حرارتی ساختمان، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۸.

<https://ensani.ir/fa/article/233367>

رضانی گورابی، بهمن، ۱۳۸۸، شناخت پتانسیل آسایش بیوکلیماتیک انسانی تالاب انزلی، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۶.

<https://ensani.ir/file/download/article/20120426170259-5181-26.pdf>

صادقی روش، محمدحسن، ۱۳۸۹، ارزیابی ضرایب زیست اقلیمی مؤثر در آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر یزد)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۰، ص ۹۲-۷۷.

<https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage>

علیجانی، بهلول، ۱۳۷۳، نگرشی نو در کاربرد آب و هواشناسی در مدیریت منابع و توسعه کشور (نقش آب و هوا در طراحی مسکن)، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، ۳۵ صفحه. (35-61)

<https://ensani.ir/fa/article/233260>

قنبری، عبدالرسول، عفیفی، محمد ابراهیم و صادقی، غلامرضا، ۱۳۸۹، نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهر لار با توجه به شاخص های زیست اقلیمی، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۱۰.

<https://ensani.ir/fa/article/261691>

کاویانی، محمدرضا، ۱۳۷۱، ارزیابی اقالیم حیاتی و آستانه های تحریک آن در سواحل جنوبی خزر و دامنه های شمالی البرز میانی، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۲۹

<https://ensani.ir/fa/article/44425/>

کاویانی، محمدرضا، ۱۳۷۲، بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۲۸، ص ۱۰۸-۷۷.

<https://sid.ir/paper/428121/fa>

گلرخ، علیرضا و امیری، مسعود، ۱۳۹۰، بررسی شرایط زیست اقلیمی بجنورد و تحلیل آماری تغییرات آن با استفاده از شاخص دمای مؤثر، مقالات کامل همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.

<https://civilica.com/doc/123187/>

لشکری، حسن و داوری، رضا، ۱۳۸۳، تحلیل شرایط بیوکلیمایی انسانی استان آذربایجان غربی به روش بیکر، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۳، ص ۵۳-۳۴.

<https://sanad.iau.ir/fa/Journal/sarzamin/Article/823770>

هاشمی دیزج، عبدالرحیم و کاسر افندی، محمد . (۱۴۰۴). ۲۱. رابطه بین دموکراسی، انرژی سبز، تجارت خارجی و پایداری زیست محیطی در کشور عراق. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۲)، ۳۶۳-۳۸۰.

https://www.srds.ir/article_217775.html

محمدی، حسین، ۱۳۸۶، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.

<https://www.gisoom.com/book/1382338/>

محمدی، حسین و سعیدی، علی، ۱۳۸۷، شاخص های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر قم)، مجله محیط شناسی، دانشگاه تهران، سال ۳۴، شماره ۴۷، ص ۸۶-۷۳.

https://jes.ut.ac.ir/article_27298.html

ناظم السادات، سیدمحمدجعفر و مجنونی هریص، ابوالفضل، ۱۳۸۷، بررسی میزان راحتی انسان در شرایط اقلیمی مختلف (مطالعه موردی: شهرهای شیراز، بندرعباس، بیرجند و اردبیل)، مجله محیط شناسی دانشگاه تهران، سال ۳۴، شماره ۴۸، صص ۸۰-۷۱.

<https://www.sid.ir/paper/2856/fa>

Andreas Matzarakis & Frank Rutz & Helmut Mayer, (2007): Modeling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, Int. J Biometeorology 51: pp323–334. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-006-0061-8>

Becker, S., Potchter, O., Yaakov, Y. (2003): Calculated and Observed Human Thermal Sensation in an Extremely Hot and Dry Climate, Energy and Buildings, 35, Pp: 747–756. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802002281>

Chou, Chihchung, et al. (2023): "Comparison of five strategies for seasonal prediction of bioclimatic indicators in the olive sector." Climate Services 30: 100345. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880723000067>

De Freitas .C.R, (2003): Tourism climatology: evaluating environmental information for decisionmaking and business planning in the recreation and tourism sector; International journal Biometeorology, 48:45–54. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-003-0177-z>

Fernández, María Eugenia, Micaela Lopez, and Jorge Osvaldo Gentili. (2025): "The Influence of Urban Morphology and Meteorological Factors on Vertical Thermohygrometric Distributions in a Mid-Sized Latin American City." Environmental Processes 12.1: 5. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40710-025-00745-7>

Grigorieva, E. A., Matzarakis, A., (2010): Physiologically Equivalent Temperature in Extreme Climate Regions in the Russian Far East, In: Matzarakis, A., Mayer, H., Chmielewski, F-M. (Eds.), Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology. Ber. Meteoric. Inst. Univ. Freiburg No. 20, 386-391. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1076177>

Gaitán, Emma, and M^a Rosa Pino-Otín. (2023): "Using bioclimatic indicators to assess climate change impacts on the Spanish wine sector." Atmospheric Research 286: 106660. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809523000571>

Hamed, Mohammed Magdy, et al. (2022): "Thermal bioclimatic indicators over Southeast Asia: present status and future projection using CMIP6." Environmental Science and Pollution Research 29.60: 91212-91231. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22036-6>

- Hatef Rabiee, Zahra, et al. (2024): "Determining the tourism comfort climate of the mangrove forests of Nayband Bay based on Baker and Terjong indices." Nivar 48.124-125: 50-65. https://nivar.irimo.ir/article_192774_3615910b2de88e12d187d6c2311b8f61
- Indices of Khalkhal City and Their Impact on Ecotourism Planning." Nivar. https://nivar.irimo.ir/article_216968.html?lang=en
- Olgyay, V. (1973): Design with Climate, Princeton University Press, USA. <https://www.amazon.com/Design-Climate-Bioclimate-Architectural-Regionalism/dp/069116973X>
- Perry, A., (2001): more heat and drought: can Mediterranean tourism survive and prosper? In proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation, A. Matzarakis and C. de Freitas, eds., pp. 69-89, international society of biometeorology. <https://indico.ictp.it/event/a011110/contribution/4/material/0/0.pdf>
- Peter Hoppe, (1999): the physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, Int J Biometeorology 43:71–75. <https://link.springer.com/article/10.1007/s004840050118>
- Sosa-Guillén, Paula, et al. (2024): "Bioclimatic indicators dataset for the orographically complex Canary Islands archipelago." Scientific Data 11.1: 1-17. <https://www.nature.com/articles/s41597-024-04134-x>
- Sobh, Mohamed Tarek, et al. (2022): "Future projection of precipitation bioclimatic indicators over Southeast Asia using CMIP6." Sustainability 14.20: 13596. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/20/13596>
- Terjung, W.H. 1968., World Patterns of the Monthly Comfort Index. International journal of biometeorology, 119 –123, 141. <https://www.researchgate.net/publication/226218326>