



Geographic Notion

Vol.3. Spring 2008

Zanjan University

No.20

اندیشه جغرافیایی

سال دوم، شماره سوم، بهار ۱۳۸۷

دانشگاه زنجان

مقاله شماره ۲۰

تحلیل آسایش اقلیمی اصفهان

دکتر امیر حسین حلبیان^۱

چکیده

آگاهی از آسایش اقلیمی، نقش مهمی را در زندگی انسان و فعالیت‌های او بازی می‌کند. وضعیت سلامتی انسان‌ها، گردشگری، تفریح و ورزش در ارتباط مستقیم با آسایش اقلیمی هر مکان است. این پژوهش با هدف شناخت وضعیت آسایش اقلیمی ایستگاه اصفهان انجام شد. میزان آسایش اقلیمی این ایستگاه با استفاده از داده‌های روزانه متغیرهای اقلیمی و شاخص‌های دمای موثر استاندارد (SET*) و دمای معادل فیزیولوژیک (PET) تحلیل شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس شاخص SET*، ایستگاه اصفهان در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر و بر اساس شاخص PET نیز ماه‌های فروردین، مهر و اردیبهشت به ترتیب بالاترین میزان آسایش اقلیمی را دارند. به طور کلی بر اساس شاخص SET*، ۱۱ درصد و بر اساس شاخص PET، ۹ درصد از روزهای سال از وضعیت مطلوب اقلیمی برخوردارند.

واژگان کلیدی: دمای موثر استاندارد، دمای معادل فیزیولوژیک، آسایش اقلیمی، اصفهان.

^۱ - استادیار، گروه علمی جغرافیا، دانشگاه پیام نور. halabian_a@yahoo.com

مقدمه

هوا و اقلیم مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده فعالیت روزانه و طولانی مدت زندگی ما هستند. از زمان پیدایش انسان بر روی کره خاکی، آب و هوا در زندگی او موثر بوده است. تغییرات بارندگی، تابش پرتو خورشید و پارامترهای مختلف دیگر اقلیمی، با قدرت هر چه بیشتر بر زندگی انسان حکومت کرده است؛ به نحوی که از همان روزگاران نخست همیشه شاهد و ناظر تغییرات آب و هوا بوده و این عوامل روش زندگی او را تعیین کرده است. امروزه که تمدن بشری مراحل مختلف پیشرفت خود را طی کرده است، اثرهای آب و هوا بر زندگی بشر نه تنها کم نشده است، بلکه با توسعه تمدن اهمیت و ارزش بیشتری یافته است (محمدی، ۱۳۸۵، ۱). از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند آسایش و سلامتی انسان‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، شرایط آب و هوایی است. امروزه مطالعه تأثیر وضعیت جوی بر روی زندگی، سلامتی، آسایش و رفتار انسانی در قالب یکی از شاخه‌های علمی با عنوان زیست اقلیم انسانی مطالعه و بررسی می‌شود (بیر و هیگینز ترجمه بحرینی و کریمی، ۱۳۸۱). 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 می‌تواند بیلان حرارتی خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند، بدون اینکه دچار کمبود، یا مازاد انرژی شود (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷، ۷۳). در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دید اقلیمی چهار عنصر اقلیمی شامل دما، رطوبت، باد و تابش نقش عمده دارند. در بین این عناصر اقلیمی دما و رطوبت تأثیر بیشتری در سلامت و راحتی انسان دارند و به این دلیل بیشتر شاخص‌ها و مدل‌های سنجش آسایش انسان بر پایه این دو عنصر استوارند (جهانبخش، ۱۳۸۳، ۱). در حال حاضر مطالعات زیست اقلیم انسانی به عنوان پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌های عمران ناحیه‌ای به خصوص در

زمینه مسائل شهری و سکونتگاهی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن در اسکان بشر در مناطق جدید و نیز توسعه سکونتگاه‌های موجود بهره‌برداری می‌شود (جهانبخش، ۱۳۸۴). به منظور محاسبه محدوده‌های آسایش حرارتی کوشش‌های زیادی صورت گرفته است، ترجونگ^۱ (۱۹۶۶)، با استفاده از دو ضریب راحتی و خنک‌کنندگی به تقسیم بندی نواحی زیست اقلیمی ایالات متحده آمریکا پرداخت. گیونی^۲ (۱۹۷۶)، نمودار زیست اقلیمی کامل‌تری از نمودار اولگی ارائه داد که در آن از دمای ساختمان‌ها به جای دمای محیط بیرونی استفاده شده بود. تامسون و پری^۳ (۱۹۷۷)، در کتابی با عنوان آب و هواشناسی کاربردی، بخشی از کتاب خود را به بررسی شرایط آسایش و راحتی انسان اختصاص داده و ضریب محاسباتی مختلف دانشمندان دیگر را بررسی نمودند.

تام^۴ (۱۹۸۳)، جدولی ارائه داد که در آن شاخص‌های رطوبتی و شاخص‌های حرارتی را با هم جمع نمود و در آن با توجه به رطوبت هوا سطوح آسایش را درجه بندی نمود. بر اساس این درجه‌بندی دمای هوای زیر ۲۹ درجه را محدوده عدم آسایش و از ۳۴-۳۰ را محدوده خطر جدی برای سلامتی معرفی نمود. ماتزارکیس^۵ (۲۰۰۱)، با استفاده از نرم افزار RayMan داده‌های سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ را برای ۲۰۱ ایستگاه در مجارستان مورد مطالعه قرار داد. ایشان در این مطالعه عناصر حرارت، رطوبت نسبی، پوشش ابر و سرعت باد را بررسی نموده و از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)^۶ برای بررسی آسایش اقلیمی در این ایستگاه استفاده نمود. علاوه بر این نقشه آسایش اقلیمی این مناطق را ترسیم نمود. تورسون^۷ و همکاران (۲۰۰۳)، با استفاده از شاخص PET اثر محیط حرارتی بر میزان استفاده مردم از فضای پارک شهری گاتبرگ

-
1. Terjong
 2. Givoni
 3. Thompson and Perry
 4. Thom
 - 5- Matzarakis
 6. Physiologic Equevalant Temperature
 7. Thorsson

سوئد را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با استفاده از این شاخص دما- فیزیولوژیک، روابط بین محیط حرارتی و الگوی رفتاری مراجعین به پارک را تحلیل نمودند. زانینویک و ماتزارکیس^(۲۰۰۷)، بر اساس موازنه انرژی بدن انسان بر پایه دو شاخص PET و PMV شرایط بیوکلیمایی ساحل آدریاتیک را بررسی کردند، آن‌ها تغییرات و روند شاخص‌های زیست اقلیمی یاد شده را طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۰۲ مطالعه نمودند و علاوه بر آن نقشه زیست اقلیم این منطقه را برای استفاده در صنعت توریسم ارائه نمودند.

به نظر می‌رسد اولین تحقیقی که در زمینه آسایش اقلیمی در کشورمان انجام گرفته است، مطالعه عدل (۱۳۳۹)، می‌باشد. ایشان در تحقیق خود اولین نقشه زیست اقلیمی ایران را ترسیم نموده است. رازجویان (۱۳۶۷)، با توجه به نمودار زیست اقلیمی اولگی و دیگر نمودارها شرایط آسایش اقلیمی را برای ساختمان‌های مسکونی و اداری تعیین نموده است و بهترین نوع معماری را با توجه به عناصر اقلیمی تابش، باد و غیره ارائه داده است.

جهانبخش (۱۳۷۷)، شرایط بیوکلیمای انسانی شهر تبریز را با استفاده از روش بیکر از طریق دمای موثر مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است و در خاتمه نیاز حرارتی ساختمان در تبریز را مورد بررسی قرار داده است. ایشان نتیجه می‌گیرند که با استفاده از معیار دمای موثر محدوده آسایش حرارتی تبریز بین دمای ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است؛ محدوده حرارت شهر کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد، شرایط سرد از نظر آسایش را نشان می‌دهد. ۸ درصد از طول سال در محدوده شرایط گرم و ۲۰ درصد از مواقع سال در شرایط آسایش دمایی بین ۱۶ تا ۲۰ درجه قرار دارد.

پاینده (۱۳۸۴)، به پهنه بندی دمای موثر کشور با تاکید بر جغرافیای نظامی پرداخت. ایشان از داده‌های روزانه استفاده نموده و داده‌ها را به صورت نقشه‌های ماهانه، فصلی و سالانه طبقه بندی نمودند. روش انجام تحقیق ترکیبی از روش‌های اسنادی و تحلیل

است و برای تایید فرضیات از روش ماتریس همبستگی و رگرسیون چندگانه استفاده نموده است. پاینده و زکی (۱۳۸۵)، در تحقیقی با عنوان محاسبه دمای ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی، نرم افزاری به نام «سلامت» طراحی نمودند. این نرم افزار میانگین ساعات مختلف دیده‌بانی در شبانه روز و میانگین ماهانه و فصلی ایستگاه‌های مزبور و دمای موثر استاندارد را محاسبه می‌کند.

ذوالفقاری (۱۳۸۶)، تقویم مناسب برای گردشگری در تبریز را با استفاده از شاخص‌های PET و PMV تعیین نموده است. ایشان در این تحقیق که از مدل RayMan استفاده نموده و آسایش حرارتی این شهر را بسیار محدود دانسته است به طوری که فقط ۴۷ روز از اول خرداد تا اواسط تیر به طول می‌انجامد. تنش گرما ۱۸۰ روز از حوالی ۱۰ تیر تا ۲۰ شهریور و تنش سرما ۲۴۰ روز از ۱۵ مهر تا پایان اردیبهشت است.

شهبازی (۱۳۸۶)، شش ایستگاه سینوپتیک در شمال کشور را طی دوره آماری از ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ بررسی نمود. هدف تحقیق او بررسی ویژگی زمانی و مکانی آسایش اقلیمی در ۶ ایستگاه سینوپتیک در شمال کشور بود. برای بررسی آسایش اقلیمی از مدل ترجونگ و مدل ماهانی و شاخص دمای موثر استفاده نمود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که زمان شروع آسایش اقلیمی در غرب و شرق منطقه یکسان است اما زمان خاتمه متفاوت است و آسایش اقلیمی در شرق منطقه یک ماه دیرتر نسبت به غرب منطقه پایان می‌پذیرد (به نقل از محمدی مقدم، ۱۳۸۹، ۹-۱).

محمدی و سعیدی (۱۳۸۷)، آسایش یا عدم آسایش ایستگاه سینوپتیک شهر قم را طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۸۶ بررسی نمودند. نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که منطقه در طول سال از نظر بیوکلیمایی، از شرایط فوق‌العاده داغ تا بسیار خنک برخوردار است. در این مدل‌ها و شاخص‌ها رهنمودها و ارزیابی‌های لازم از نظر آسایش، یا عدم آسایش انسان در مواقع مختلف سال، مناسب با ویژگی‌ها و خصوصیات اقلیمی شهر قم ارائه شد، که می‌تواند پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌های عمرانی در این شهر شود.

شائمی (۱۳۸۷)، حساسیت مناطق بیوکلیمایی ایران نسبت به گرمایش جهانی را با استفاده از روش هولدریج بررسی کردند. نتایج تحقیق وی نشان داد که برخی نواحی زیست اقلیمی ایران واقع در محورهای کوهستانی زاگرس و البرز، ارتفاعات آذربایجان و خراسان شمالی که دارای چهار فصل منظم هستند؛ بیشترین تغییرات زیست اقلیمی را نسبت به گرمایش جهانی دارند. صادقی روشن و طباطبائی (۱۳۸۸)، به تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک یزد پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که محدوده آسایش حرارتی برای منطقه مورد مطالعه در شرایط تابستانی ۲۷-۲۱/۸ درجه سانتی گراد است. برای شرایط زمستانی ۲۰/۴-۲۳ درجه سانتی گراد است.

فرج‌زاده و احمدآبادی (۱۳۸۹)، به پهنه‌بندی اقلیم گردشگری ایران بر اساس شاخص اقلیم گردشگری^۱ پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در ماه‌های زمستان، مناطق جنوبی کشور از شرایط اقلیم گردشگری مطلوب برخوردارند و به سمت شمال کشور کاهش پیدا می‌کند. در ماه‌های فصل بهار نیز نیمه شمالی کشور (به استثنای بخش‌های شمال غربی و شمال شرقی کشور) از شرایط مطلوب گردشگری برخوردار است. در تابستان به استثنای مناطق شمال غربی و شمال شرقی که از وضعیت مطلوبی برخوردار هستند تقریباً شرایط نامطلوب در کل کشور حاکم است. در فصل پاییز نیز شرایط مناسب گردشگری به سمت نیمه جنوبی کشور متمایل خواهد بود.

محمدی مقدم (۱۳۸۹)، به بررسی وضعیت آسایش اقلیمی استان کرمانشاه بر اساس شاخص‌های دمای موثر استاندارد (SET*)^۲ و PET پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان داد که بر اساس شاخص SET* در بخش غربی استان، تعداد روزهای دارای آسایش حرارتی ۷۴ روز می‌باشد. از بقیه ایام سال، ۷۸ روز نزدیک به آسایش حرارتی و ۲۰۵ روز فاقد آسایش حرارتی است. شاخص PET، نشان دهنده این است که در بخش

1. Tourism Climate Index(TCI)

2. Standardized Effective Temperature

غربی استان، ۶۷ روز آسایش حرارتی وجود دارد. علاوه بر آن ۸۷ روز نزدیک به آسایش حرارتی و ۲۱۲ روز فاقد آسایش حرارتی است. میانگین روزهای دارای آسایش حرارتی در بخش شرقی استان، بر اساس شاخص SET^* ، ۴۵/۲ روز و بر اساس شاخص PET، ۴۹/۲ روز است.

اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹)، اقلیم آسایشی بندر چابهار را در جهت توسعه گردشگری آن بررسی نمودند. نتایج حاصل از این پژوهش در قالب یک تقویم زمانی ارائه شد که بر اساس آن دوره مطلوب آسایش اقلیمی در طی ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند فرا می‌رسد.

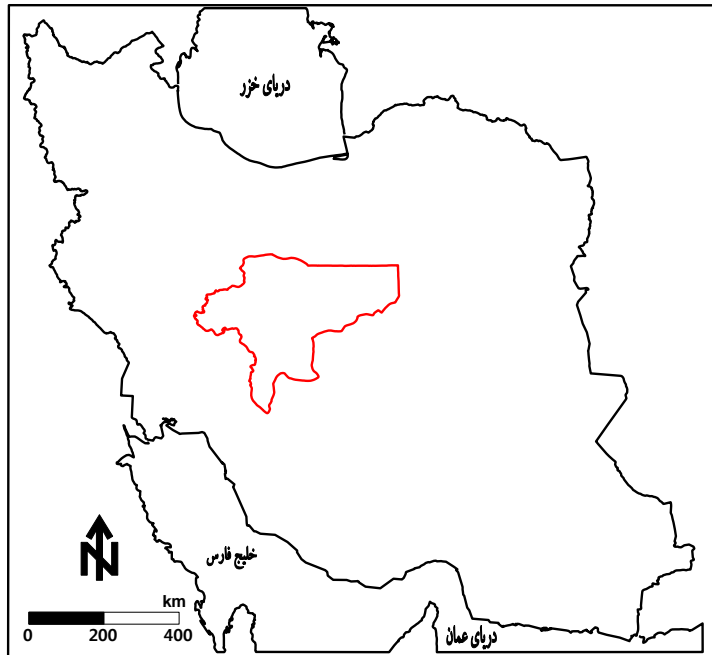
ساری صراف و همکاران (۱۳۸۹)، وضعیت آسایش اقلیمی را در شمال استان آذربایجان غربی بر اساس شاخص‌های RayMan بررسی کردند. همچنین در ادامه تحقیق به تعیین مناسب‌ترین مدل برای تشخیص زمان‌های مناسب گردشگری از نظر آسایش اقلیمی منطقه پرداختند.

این پژوهش در تلاش است تا با استفاده از شاخص‌های دمای موثر استاندارد (SET^*) و دمای معادل فیزیولوژیک (PET) وضعیت آسایش اقلیمی را در ایستگاه اصفهان بررسی نماید. مشخص شدن وضعیت آسایش اقلیمی در اصفهان، می‌تواند راه گشای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در زمینه مسایل مرتبط با آسایش حرارتی باشد. بنابراین مطالعه ویژگی‌های آسایش حرارتی در یک منطقه دارای اهمیت فراوانی بوده و می‌تواند باعث رونق صنعت گردشگری و حل بسیاری از مسائل مرتبط با اقلیم باشد.

داده‌ها و روش شناسی

استان اصفهان ۲۱ ایستگاه سینوپتیک دارد. در میان این تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک، ایستگاه اصفهان دارای بیشترین طول دوره آمار متغیرهای اقلیمی است. در این تحقیق ایستگاه سینوپتیک اصفهان با توجه به طول دوره آمار بیشتر و کامل بودن

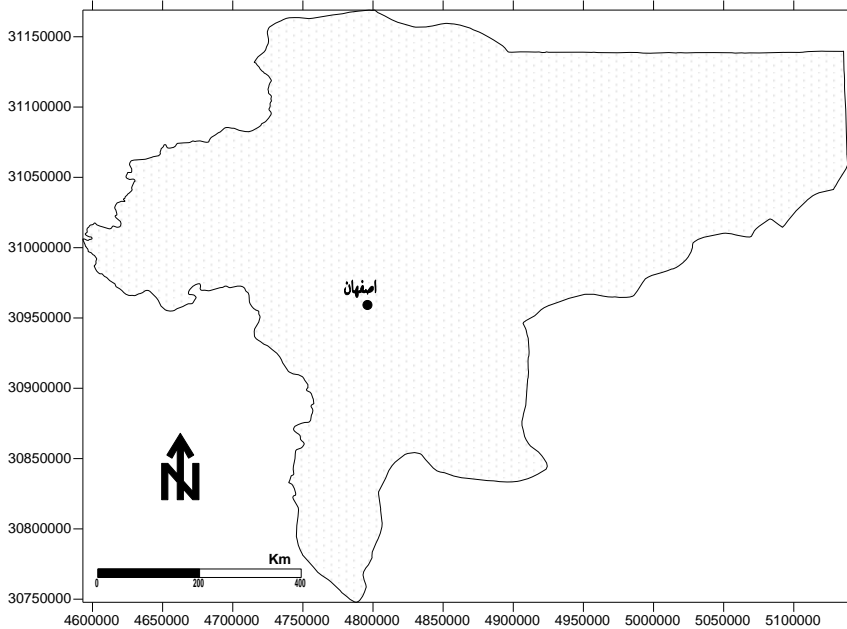
اطلاعات متغیرهای مورد نیاز و همچنین به دلیل نقش مهمی که اصفهان در جهان اسلام دارد، به عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شد. شکل ۱ موقعیت استان و شکل ۲ موقعیت ایستگاه سینوپتیک اصفهان را نشان می‌دهد.



شکل ۱) موقعیت استان اصفهان در ایران

داده‌های اقلیمی مورد نیاز ایستگاه اصفهان از سازمان هواشناسی کشور به صورت روزانه تهیه شد. این داده‌ها عبارتند از دمای هوا (بر حسب سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (بر حسب درصد)، سرعت باد (بر حسب متر بر ثانیه)، میزان ابرناکی (بر حسب اکتا) است. در ادامه پایگاه داده مقدماتی از متغیرهای اقلیمی ایستگاه اصفهان به صورت میانگین‌های روزانه، جهت بررسی وضعیت آسایش حرارتی تشکیل شد (جدول ۱). معمولاً داده‌هایی که از سازمان هواشناسی کشور دریافت می‌شوند بر حسب سال، ماه و روز میلادی هستند. با توجه به هدف تحقیق که مشخص نمودن آسایش اقلیمی

ایستگاه اصفهان است؛ ابتدا تقویم میلادی به شمسی تبدیل شد و سپس داده‌ها را بر حسب تقویم شمسی در مدل وارد می‌شود تا نتیجه آن منطبق بر تقویم شمسی باشد.



شکل ۲) موقعیت ایستگاه سینوپتیک اصفهان

جدول ۱) مشخصات ایستگاه سینوپتیک اصفهان

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره مورد مطالعه (سال)	مجموع روزهای مورد مطالعه (روز)
اصفهان	۳۲.۳۷	۵۱.۴۰	۱۵۵۰.۴	۱۹۵۱-۲۰۰۵	۱۶۳۴۸

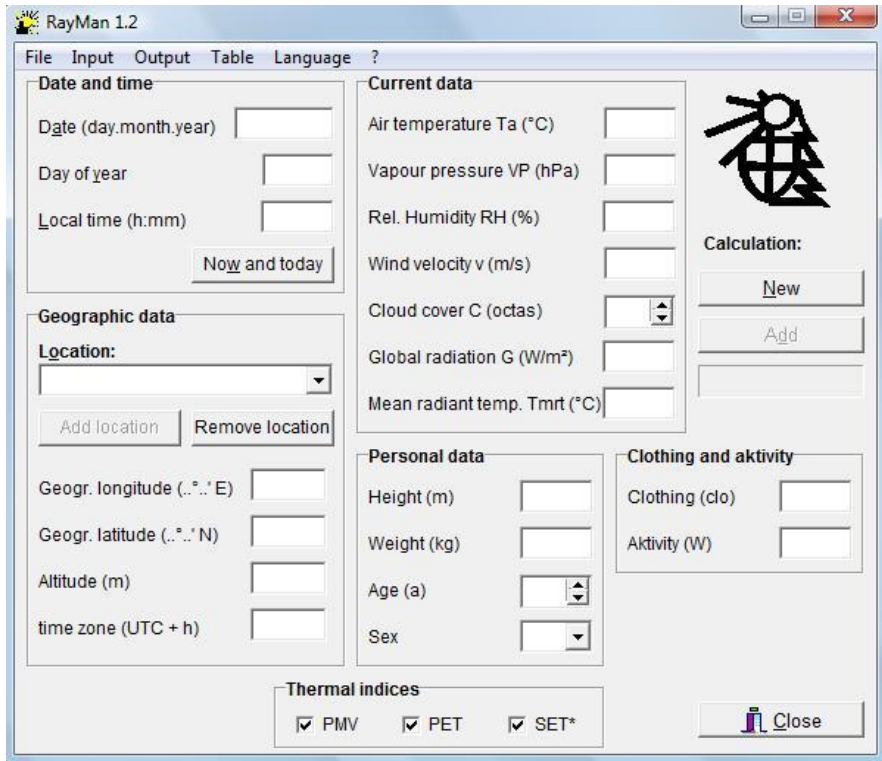
پس از تشکیل پایگاه داده نهایی، به منظور محاسبه میزان آسایش حرارتی ایستگاه سینوپتیک اصفهان، داده‌های میانگین روزانه مربوط به چهار پارامتر مورد مطالعه (دمای هوا، پوشش ابر، سرعت باد و رطوبت نسبی) در پنجره ورودی مدل RayMan وارد گردید (شکل ۳). علاوه بر متغیرهای یاد شده در پنجره ورودی مدل RayMan باید متغیرهای دیگری نیز مانند سن، جنس، قد، وزن، پوشش افراد و ... وارد شود. این متغیرها به دلیل این که در کنترل محقق نیستند ثابت فرض شده‌اند (رازجویان، ۱۳۶۷،

۵۲-۳۸). در واقع برای هر کدام از این متغیرها مقدار میانگین از شرایط موجود در نظر گرفته شده است. در این پژوهش نیز عواملی از جمله نوع فعالیت، پوشش، سن، جنس و ... افراد به دلیل این که تحت کنترل محقق نیستند ثابت فرض در نظر گرفته شده‌اند.

برای محاسبه میزان آسایش اقلیمی هر روز، باید مقدار عددی متغیرها و همچنین ضرایب ثابتی که برای برخی متغیرها در نظر گرفته شده بود را در پنجره ورودی نرم‌افزار RayMan به صورت دستی ثبت می‌شد. بنابراین این کار برای تمامی روزهای مورد مطالعه انجام شد. خروجی مدل در هر روز به ترتیب زیر هم ذخیره شد و پایگاه داده‌ای از میزان آسایش اقلیمی ایستگاه اصفهان تهیه شد. با مقایسه خروجی نرم‌افزار RayMan با معیارهایی که جهت مشخص کردن میزان آسایش حرارتی بر اساس دو شاخص SET* و PET تهیه شده است، میزان آسایش حرارتی برای هر یک از روزهای سال مشخص شد. در ادامه از نمودارهایی برای نشان دادن میزان آسایش اقلیمی اصفهان استفاده گردید. برای هر کدام از ایستگاه‌ها یک نمودار مربوط به میزان آسایش اقلیمی طبق شاخص SET* یک نمودار هم مربوط به شاخص PET تهیه گردید.

دمای موثر عبارت است از دمای هوای آرام و اشباع شده‌ای که بتواند بدون وجود تابش همان تأثیری را داشته باشد که هوای مورد نظر دارد (جهانبخش، ۱۳۸۶). شاخص دمای موثر از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین شاخص‌هاست که برای تعیین واقعیت گرمایی دمای موثر بکار می‌رود (پاینده و زکی، ۱۳۸۷). مشکل موجود در مواجهه با دمای مؤثر، این است که هیچ‌گونه ملاحظه در ارتباط با تابش در نظر گرفته نمی‌شود. این نواقص در سال ۱۹۷۲ توسط گیج و همکارانش برطرف شد. مدل اصلاح شده دمای موثر با عنوان دمای مؤثر استاندارد (SET*) عبارت بود از دمای یکسان محیطی که دمای هوا و میانگین دمای تابش آن یکسان بوده و رطوبت نسبی ۵۰ درصد و هوا آرام باشد، در آن حالت یک فرد با سطح استاندارد و تبادل حرارت با محیط همان حرارت را دریافت می‌کند که از دست می‌دهد. بنابراین دمای موثر استاندارد به شرایط محیط مانند سرعت

باد، دمای خشک، دمای تر و همچنین شرایط فیزیولوژیک، مقدار لباس پوشیده شده و میزان فعالیت فرد بستگی دارد (حیدری، ۱۳۸۷، ۲۴).



شکل ۳ پنجره ورودی داده‌ها در نرم افزار RayMan

با کامل تر شدن این شاخص و رفع اشکالات آن اکنون می‌توان گفت که، دمای مؤثر استاندارد جامع‌ترین شاخص دمایی در ارتباط با فعالیت‌های انسانی است که تاکنون ارائه گردیده است (پاینده و زکی، ۱۳۸۴). برای محاسبه دمای مؤثر از رابطه زیر که به فرمول دمای مؤثر معروف است، استفاده می‌شود.

$$ET = (t - 10) \times \left(\frac{1 - RH}{100} \right) \quad (1)$$

در رابطه بالا ET دمای مؤثر، t دمای هوا و RH رطوبت نسبی است (محمدی، ۱۳۸۵، ۱۲۴). در این پژوهش برای محاسبه دمای مؤثر استاندارد (SET*) از نرم افزار RayMan

استفاده شده است. نتایج حاصل از محاسبه ضریب آسایش در نرم افزار RayMan با درجه بندی آسایش میسنارد مقایسه شد (جدول ۲).

جدول ۲) ضریب آسایش حاصل از رابطه میسنارد برای محاسبه دمای موثر استاندارد

شاخص آسایش	دمای موثر
خیلی سرد	۲۰- تا ۱۰-
سرد	۱۰- تا ۱/۶۷
خیلی خنک	۱۵/۵ تا ۱/۶۷
خنک با آسایش	۱۷/۸ تا ۱۵/۵
آسایش	۲/۲۲ تا ۱۷/۸
گرم با آسایش	۲۲/۲ تا ۲۵/۶
خیلی گرم	۲۷/۵ تا ۲۵/۶
شرجی	۲۷/۵ تا ۳۰
فوق العاده گرم	بالتر از ۳۰

شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) یکی دیگر از شاخص‌های معروف دما- فیزیولوژیک است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. در تعریف این شاخص برای موقعیت بیرون از منزل می‌توان گفت دمایی که طی آن در یک اتاق نمونه بیلان حرارتی بدن انسان (نرخ سوخت و ساز با کار سبک ۸۰ وات بر نرخ سوخت و ساز پایه اضافه می‌شود، ارزش نارسایی لباس در حد ۰/۹ کلو) با دمای پوست و دمای مرکزی بدن انسان در شرایط بیرون از منزل در تعادل می‌باشد. برای یک شخص در حالت ایستاده و لباس معمولی منزل، آسایش حرارتی مطلوب در یک دمای معادل فیزیولوژیک حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود (جدول ۳).

در مقادیر بالای این شاخص، تنش گرما و در مقادیر پایین آن تنش سرما وجود خواهد داشت. برای فعالیت‌های مختلف و پوشش‌های لباس متفاوت، مقادیر دمای معادل فیزیولوژی نیز تغییر خواهد کرد. در شرایط کار سبک‌تر و پوشش لباس نازک‌تر،

مقادیر PET افزایش یافته است و در شرایط کار سنگین تر و پوشش لباس ضخیم تر، مقادیر PET کاهش می یابد. در تبادل حرارت بدن انسان با محیط، لباس عامل مؤثری بشمار می رود زیرا لباس مثل لفافی نارسانا قسمتی از بدن را می پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می کاهد. برای محاسبه PET، تمام عناصر هواشناسی مؤثر در بیلان انرژی انسان در یک ارتفاع مناسب زیست اقلیم شناسی مثل ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین اندازه گیری و یا از طریق مدل های رقومی محاسبه می شوند (ذوالفقاری، ۱۳۸۶، به نقل از محمدی مقدم، ۱۳۸۹، ۵۲).

جدول ۳) مقادیر آستانه شاخص دمای معادل فیزیولوژیک

PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
کمتر از ۴	خیلی سرد	تنش سرمای بسیار شدید
۴-۸	سرد	تنش سرمای شدید
۸-۱۳	خنک	تنش سرمای متوسط
۱۳-۱۸	کمی خنک	تنش سرمای اندک
۱۸-۲۳	راحت	بدون تنش
۲۳-۲۹	کمی گرم	تنش گرمای اندک
۲۹-۳۵	گرم	تنش گرمای متوسط
۳۵-۴۱	خیلی گرم	تنش گرمای شدید
بالا تر از ۴۱	داغ	تنش گرمای بسیار شدید

بحث

تحلیل متغیرهای جوی با توجه به شاخص *SET، نشان داد که وضعیت آسایش اقلیمی در ۱۱ درصد از روزهای سال مشاهده شده است. اما این وضعیت تنها مربوط به روزهای دارای آسایش حرارتی است. به دلیل این که قرار دادن مرز مشخص بین شرایط جوی تا حدود زیادی از سوی محققان به عنوان نوعی ضعف تلقی می شود،

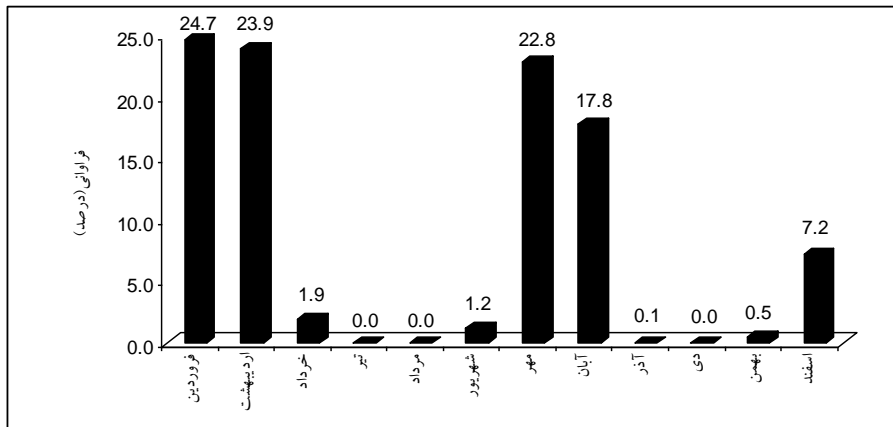
بنابراین اگر ما نیز در این پژوهش شرایط نزدیک به آسایش (خنک با آسایش و گرم با آسایش) را نیز جزو شرایط آسایش در نظر بگیریم؛ با این تفسیر ایستگاه اصفهان در حدود ۲۶ درصد از روزهای سال شرایط آسایش و یا نزدیک به آسایش را تجربه کرده است. وضعیت خیلی خنک با ۳۴ درصد فراوانی در طول سال شرایط دمایی حاکم در ایستگاه اصفهان است. نکته مهم دیگری که در وضعیت دمایی اصفهان مشاهده شده است، وجود شرایط شرحی در ۹ درصد از سال است که به نظر می‌رسد این امر با زاینده‌رود در ارتباط باشد (جدول ۴).

جدول ۴) وضعیت مجموع فراوانی شاخص‌های آسایش ایستگاه اصفهان

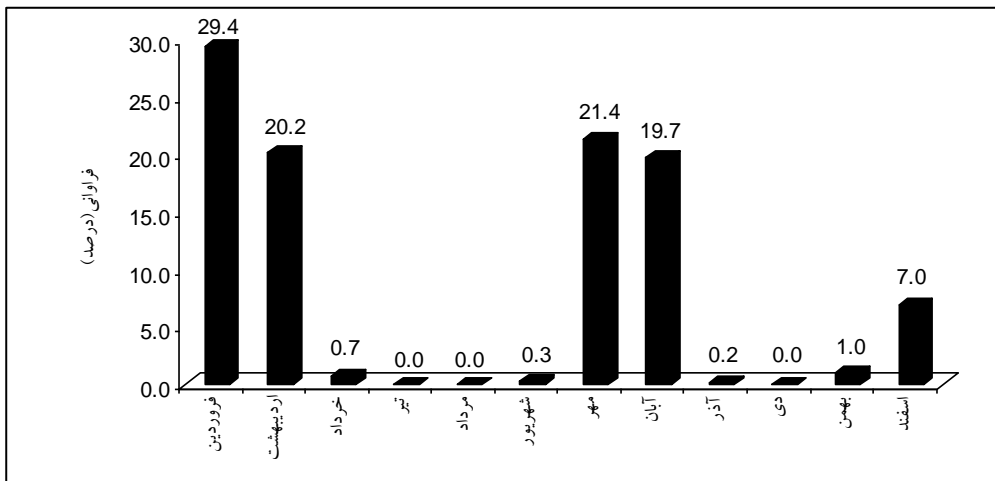
شاخص	خیلی سرد	سرد	خیلی خنک	خنک با آسایش	آسایش	گرم با آسایش	خیلی گرم	تقریبی	فوق العاده گرم	مجموع
SET*	۰	۳	۳۴	۶	۱۱	۹	۵	۹	۲۳	۱۰۰
شاخص	خیلی سرد	سرد	خنک	کمی خنک	راحت	کمی گرم	گرم	خیلی گرم	داغ	مجموع
PET	۸	۱۱	۱۳	۱۱	۹	۱۰	۱۲	۱۷	۱۰	۱۰۰

بررسی فراوانی ماهانه شرایط آسایش اقلیمی ایستگاه اصفهان نشان داد که طبق شاخص SET* ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر به ترتیب با ۲۴/۷، ۲۳/۹ و ۲۲/۸ درصد بالاترین میزان آسایش اقلیمی را دارند. از اردیبهشت به بعد شرایط آسایش به طور ناگهانی کاهش چشمگیری پیدا می‌کند، به طوری که تا مهر ماه کمتر از ۲ درصد محاسبه شد. به طور کلی می‌توان گفت که در تقریباً چهار ماه از سال شرایط نسبتاً مناسب اقلیمی بر اساس این شاخص وجود دارد و در ماه‌های دیگر سال شرایط حاد اقلیمی (متمایل به سرد و گرم) برقرار است (شکل ۴).

در ادامه با استفاده از شاخص PET نیز وضعیت آسایش اقلیمی ایستگاه اصفهان مشخص شد. همانند شاخص SET^* ، شاخص PET نیز دارای آستانه‌هایی است که بر اساس آن وضعیت آسایش اقلیمی مشخص می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل وضعیت آسایش اقلیمی ایستگاه اصفهان بر اساس شاخص PET نشان داد که در ۹ درصد از روزهای مورد مطالعه این ایستگاه، شرایط آسایش اقلیمی (راحت) برقرار بوده است. اگر شرایط نزدیک به آسایش را نیز در نظر بگیریم (کمی خنک و کمی گرم) حدود ۳۰ درصد از روزهای مورد مطالعه در این ایستگاه از نظر آسایش اقلیمی وضعیت مطلوبی را نشان داده‌اند (جدول ۴). اگرچه میزان آسایش اقلیمی طبق این شاخص کمتر از شاخص SET^* است، با این وجود مجموع روزهای آسایش و نزدیک به آسایش شاخص PET بیشتر از شاخص SET^* است. طبق شاخص PET ماه‌های فروردین، مهر و اردیبهشت به ترتیب با ۲۹/۴، ۲۱/۴ و ۲۰/۲ درصد از وضعیت آسایش اقلیمی مطلوب-تری برخوردارند. همانند شاخص دمای موثر استاندارد، این شاخص نیز در طول فصل تابستان و زمستان از کم‌ترین شرایط آسایش برخوردار بوده است. به طور کلی بر اساس این شاخص نیز تقریباً چهار ماه از سال وضعیت نسبتاً مطلوب دمایی حاکم است. بنابراین انتظار شرایط مطلوب دمایی تنها در چهار ماه از سال وجود دارد و در ماه‌های دیگر سال شرایط حاد دمایی برقرار است (شکل ۵).



شکل ۴) وضعیت آسایش اقلیمی ماهانه ایستگاه اصفهان بر اساس شاخص SET^*



شکل ۵) وضعیت آسایش اقلیمی ماهانه ایستگاه اصفهان بر اساس شاخص PET

نتیجه گیری

در سال‌های اخیر مسأله تعیین میزان و محدوده زمانی آسایش اقلیمی مناطق مختلف با توجه به کاربرد آن در فعالیت‌های گوناگون انسانی مورد توجه بسیاری از محققان علوم جوی (اقلیم شناسی و هواشناسی) و علوم انسانی (به ویژه گردشگری، جامعه شناسی و اقتصاد) قرار گرفته است. به طوری که با توجه به تخصص خود و یا اهدافی که مد نظر دارند؛ به دنبال شناخت مطلوب‌ترین زمان یا زمان‌ها هستند. اطلاع از وضعیت جوی در طول سال به مدیران، برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران در امر تحقق برنامه‌هایشان کمک قابل توجهی می‌کند.

اصفهان از جمله مناطقی از ایران است که توانایی‌های بالقوه و بالفعل بسیاری هم از نظر طبیعی و هم انسانی دارد. این پژوهش بدون توجه به امکانات طبیعی و انسانی فراوانی که در این استان وجود داشت، انجام شد. در واقع هدف از این پژوهش تعیین میزان و محدوده زمانی است که انسان در آن احساس راحتی و آسایش اقلیم داشته باشد. در نهایت با شناخت زمان‌های مطلوب اقلیمی، تقویمی ارائه شود که در آن هر روز مشخص کند که ایستگاه مورد نظر، از نظر شاخص‌های مورد مطالعه در چه شرایط دمایی قرار دارند.

این تحقیق با تحقیقات مشابهی که بر روی مناطق مختلف انجام شده در نوع تجزیه و تحلیل داده‌ها تفاوت دارد. اغلب یا حتی می‌توان گفت تمام تحقیقاتی که به دنبال شناخت میزان آسایش اقلیمی مناطق مختلف بوده‌اند، با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های اقلیمی انجام شده است (محققانی که در بخش پیشینه تحقیق آمده‌اند). به عنوان مثال اگر ایستگاهی دارای ۲۰ سال آمار مفید از داده‌های اقلیمی بوده است، داده‌ها به صورت روز به روز در طول ۲۰ سال تحلیل نشده‌اند؛ بلکه از آن‌ها میانگین گرفته شده و مقدار میانگین در مدل مورد استفاده وارد شده است. در چنین شرایطی نتیجه حاصل از میانگین نمی‌تواند واقعیت وضعیت آسایش اقلیمی را در ایستگاه مورد نظر نشان دهد. زیرا مقادیر حداقل و حداکثر همدیگر را خنثی می‌کنند و در اقلیم‌شناسی و هواشناسی این حداقل‌ها و حداکثرها قابل توجه هستند و می‌توانند اطلاعات مفیدی را از هوای منطقه در اختیار محقق قرار دهند. بنابراین نمی‌توان این وضعیت‌های حاد جوی را در نظر نگرفت. راهکار این مشکل در محدوده مطالعه اقلیم‌شناسی سینوپتیک است. از جمله ویژگی‌های این علم، همه جانبه نگر بودن است. یعنی تمام متغیرهای اقلیمی را با هم یکجا و در یک زمان بررسی می‌کند. در نهایت این علم وضعیت جوی را بر اساس فراوانی درصدی متغیرهای جوی بیان می‌کند. این توضیحات را با یک مثال تکمیل خواهیم کرد. یزد یکی از شهرهای ایران مرکزی است. آن‌هایی که با یزد آشنا هستند تا اسمی از یزد برده می‌شود، از نظر اقلیمی سریعاً در ذهن خود هوای گرم و خشک را تصور می‌کنند. دلیل این امر چیست؟ برای پاسخ به این سؤال باید تعریفی از تیپ هوا ارائه نمود. تیپ هوا مجموعه‌ای از ویژگی‌های هواشناختی است که در یک زمان معین و یک مکان محدود شکل می‌گیرد. بنابراین هر تیپ هوا مختص یک زمان و مکان محدود است و قطعاً در زمان و مکان‌های متفاوت تیپ‌های هوای مختلفی شکل می‌گیرند. پس باید در یزد هم تیپ‌های هوای متفاوتی وجود داشته باشد، که حتماً وجود دارد. گاهی تفاوت تیپ‌های هوا آنقدر ناچیز است که می‌توانیم آن‌ها را در قالب یک تیپ هوا بشناسیم. ممکن است هوای چند روز متوالی مثل هم باشد و اختلاف ناچیز

داشته باشند که برای یک شخص واقعاً قابل تشخیص نباشد. در یزد وضعیت هوایی که در آنجا غالب است عمدتاً از نوع خشک و گرم است. به عبارت دیگر در طول سال امکان دارد حدود ۲۶۰ روز وضعیت جوی نسبتاً یکسانی وجود داشته باشد. به همین دلیل است که یزد را با آب و هوای گرم و خشک می‌شناسند اما در عوض ایستگاهی مانند انزلی با آب و هوای مرطوب و بارانی و کردستان با آب و هوای سرد و معتدل شناخته شده است. بنابراین اگر هر تیپ هوا در هر روز شناسایی شود و فراوانی آن تیپ مشخص شود با اطمینان بیشتری می‌توان از اقلیم هر منطقه سخن گفت.

در این بررسی آمار روزانه ۴۵ سال ایستگاه اصفهان بررسی شده است. برای هر روز در مدل RayMan شاخص‌های آسایش اقلیمی مورد مطالعه، تیپ هوای آن روز مشخص شده است. یعنی اگر آمار ۴۵ ساله بوده است، ۴۵ تیپ هوا برای روز اول فروردین، ۴۵ تیپ هوا برای روز دوم فروردین و به همین صورت به طور جداگانه تا روز ۳۶۵ که برابر است با ۲۹ اسفند شناسایی شد. فراوانی تیپ‌های هوا با توجه به شاخص‌های دمای موثر استاندارد و دمای معادل فیزیولوژیک در هر روز محاسبه شد و مشخص گردید که در هر روز چند درصد وضعیت آسایش و مطلوب اقلیمی برقرار بوده است.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که ایستگاه اصفهان بر اساس شاخص *SET، در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر به ترتیب با ۲۴/۷، ۲۳/۹ و ۲۲/۸ درصد بالاترین میزان آسایش اقلیمی را دارد. بر اساس شاخص PET نیز ماه‌های فروردین، مهر و اردیبهشت به ترتیب با ۲۹/۴، ۲۱/۴ و ۲۰/۲ درصد از وضعیت آسایش اقلیمی مطلوب-تری برخوردارند.

با این وجود بر اساس شاخص *SET، در مجموع با احتساب روزهای نزدیک به شرایط آسایش اقلیمی (یعنی زمان‌هایی که شرایط خنک با آسایش و یا گرم با آسایش گزارش شده) در ایستگاه اصفهان ۲۶ درصد و بر اساس شاخص PET نیز ۳۰ درصد برآورد شده است.

منابع و مآخذ

- ۱- اسماعیلی، رضا؛ صابر حقیقت، اکرم و ملبوسی، شراره (۱۳۸۹)، ارزیابی شرایط اقلیم آسایشی بندر چابهار در جهت توسعه گردشگری، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، ایران، زاهدان، ۲۷-۲۵ فروردین ۱۳۸۹.
- ۲- بیر، آن. آر؛ و هیگینز، ک. ترجمه: سید حسین بحرینی، کیوان کریمی، ۱۳۸۱، برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۹۳.
- ۳- پاینده، نصراله و زکی، غلام‌رضا (۱۳۸۵)، محاسبه دمای موثر استاندارد با طراحی نرم افزار سلامت (مطالعه موردی محاسبه دمای موثر در ۱۳۰ ایستگاه سینوپتیکی کشور)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۷: ۷۳-۹۱.
- ۴- پاینده، نصراله (۱۳۸۴)، پهنه بندی دمای موثر در سطح با تاکید بر جغرافیای نظامی، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.
- ۵- جهانبخش، سعید و سیما ترابی (۱۳۸۳)، پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، ۷۴: ۲۲-۱.
- ۶- جهانبخش، سعید (۱۳۸۴)، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیاز حرارتی ساختمان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۸: ۶۸-۶۷.
- ۷- ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۶)، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک (PMV) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PET)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲: ۱۲۹-۱۴۱.
- ۸- رازجویان، محمود (۱۳۶۷)، آسایش بوسیله معماری همساز با اقلیم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- ۹- ساری صراف، بهروز؛ محمدی، غلام حسن و حسینی صدر، عاطفه (۱۳۸۹)، تعیین مناسب‌ترین شاخص RayMan برای مطالعه اقلیم آسایش در شمال استان آذربایجان غربی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران، ۲۳-۲۱ اردیبهشت ۱۳۸۹.
- ۱۰- شائمی، اکبر (۱۳۸۷)، ارزیابی حساسیت مناطق بیوکلیمایی ایران به گرمایش جهانی با استفاده از مدل هولدریج، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، ۱۱۷-۹۷.
- ۱۱- شهبازی چگانی، فاطمه (۱۳۸۶)، بررسی ویژگی‌های زمانی و مکانی آسایش اقلیمی در سواحل شمالی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای دانشگاه رازی کرمانشاه.

- ۱۲- صادقی روش، محمد حسن و طباطبائی، سید مهدی (۱۳۸۸)، تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوایی خشک (مطالعه موردی شهر یزد)، نشریه هویت شهر، سال سوم، شماره ۴، بهار و تابستان ۱۳۸۸، ۳۹-۴۶.
- ۱۳- عدل، احمد حسین (۱۳۳۹)، تقسیمات اقلیمی رستنی‌های ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- فرج زاده، منوچهر و احمد آبادی، علی (۱۳۸۹)، ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱، ص ۳۱-۴۲.
- ۱۵- محمدی مقدم، منوچهر (۱۳۸۹)، بررسی اقلیم گردشگری استان کرمانشاه با استفاده از شاخص‌های دمای موثر استاندارد و دمای معادل فیزیولوژیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ گروه جغرافیای دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۱۶- محمدی، حسین و سعیدی، علی (۱۳۸۷)، شاخص‌های زیست اقلیمی موثر برای ارزیابی آسایش انسان، مطالعه موردی: شهر قم، مجله محیط شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۷، پاییز ۱۳۸۷، ۷۳-۸۶.
- ۱۷- محمدی، حسین (۱۳۸۵)، آب و هوا شناسی کاربردی، چاپ اول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- 18- Givoni, B;(1997); climate consideration in building and urban design; Pub; hnc.
- 19- Matzarakis A;(2001);Human-biometeorological assessment of the climate in Greece;Phd thesis;University of Thessaloniki.
- 20- Oligay, V;(1973); Design with climate; Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism; Princeton University press princeton.
- 21- Terjung, W, H;(1997); World patterns of the monthly comfort index; International journal of biometeorology; Vol12: n; pp:11-123,141
- 22- Thom, H, C ,S;(1958); climatological analysis; of freeze data for Iowa; Mon; Weather Review, 8b(7); 251-257.
- 23- Thompson, R, D; and Allen Perry;(1997); Applied climatology, principles and Practice Rutledge, U; K.
- 24- Zaninovic K, Matzarakis A;(2007); variation and trends of thermal comfort at the Adriatic coast; Meteorological and hydrological service, climatological research department, 1000, gric3 ,cric3, croati.