ارزیابی زمانی و مکانی آسایش آب و هوایی استان همدان با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و فشار عصبی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۴/۰۸/۰۵

محمدقاسم ترکاشوند* (استادیار گروه جغرافیای دانشگاه پیام نور، ایران)

چکیده

شرایط آب و هوایی ، یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر جنبه‌های مختلف زندگی، بویژه سلامت و آسایش انسان است. در این پژوهش با استفاده از دو شاخص بیوکلیمایی و توریسم یعنی؛ دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و فشار عصبی به ارزیابی آسایش آب و هوایی استان همدان پرداخته شده است. برای هر کدام از شاخص‌ها از پارامترهای آب و هوایی مربوط به ۹ ایستگاه هواشناسی استان همدان در دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۱۴- ۲۰۰۱) بهره برداری شده است. سپس مناطق مختلف استان از نظر شاخصهای بیوکلیمایی فوق مورد ارزیابی قرار گرفته اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد؛ پهنه های مختلف استان همدان دارای تنوع زیادی از نظر آسایش آب و هوایی در طی سال می‌باشد. بر اساس شاخص PET، در ماه می (ایستگاه های ملایر، نهاوند، تویسرکان، رزن، قهاوند و فامنین)، در سپتامبر (ایستگاه همدان) و اکتبر (اسدآباد، فامنین و قهاوند) در شرایط بهینه آب و هوایی و «بدون تنش» می‌باشند. بر اساس شاخص فشار عصبی نیز ماه های ژوئن در ایستگاه های همدان و فامنین، در جولای همه ایستگاه ها در وضعیت «گرم همراه با آسایش»؛ در آگوست ایستگاه های همدان، ملایر، نهاوند و رزن در «آسایش» و مابقی ایستگاه ها در شرایط «گرم با آسایش» و در ماه سپتامبر نیز همه ایستگاه ها در وضعیت «خنک» قرار دارند.

به طور کلی با توجه به شاخص‌های مورد ارزیابی فوق از نگاه شرایط آسایش آب و هوایی، مناسب‌ترین زمان در استان همدان، ماه های می، سپتامبر و اکتبر می باشند. این در حالی است که بر اساس شاخص عصبی، تنها در ماه آگوست شرایط آسایش فراهم است. در این مدت علاوه بر شرایط بهینه آسایش آب و هوایی، زیبایی های طبیعی در سراسر استان همدان نیز بسیار مطلوب است.

واژه های کلیدی: آسایش آب و هوایی، بیوکلیما، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک، فشار عصبی، استان همدان

---

* نویسنده رابط: gh.torkashvand@gmail.com

مقدمه

آب و هوا به طور مستقیم و غیرمستقیم در تمام مراحل زندگی انسان اثرگذار بوده و در بعضی مواقع نیز خود متاثر از تاثیرات انسان می باشد. تاثیرگذاری انسان امروزی با پیشرفت فنآوری، افزایش بی‌رویه جمعیت و بهره‌برداری نامناسب از محیط زیست فزونی یافته است. به طوریکه او زندگی خود و سایر موجودات کره زمین را با مشکلات پیچیده‌ای مواجه ساخته است. امروزه مطالعه تاثیر وضعیت اقلیمی بر زندگی، اعمال و رفتار انسان در قالب یکی از شاخه‌های علمی به نام زیست اقلیم شناسی انسانی یا زیست هواشناسی انسانی مورد مطالعه قرار می‌گیرد (محمدی، ۱۳۸۹، ص ۱۸۶).

آسایش انسانی، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی برای ۸۰ درصد از افراد مناسب و راحت باشد یا به عبارت دیگر انسان تحت آن شرایط نه احساس گرما و نه احساس سرما کند و حالت خنثی بودن تعبیر دیگر آن است (جهانبخش، ۱۳۷۷، ص ۶۸). با این تفاسیر ارزیابی اثرات اقلیم بر آسایش بیوکلیماتیک انسان به سهولت امکانپذیر نیست و نیازمند بررسی-های جامع و طولانی مدت آمارها و پارامترهای جوی موثر با توجه به شاخصهای بیوکلیماتیک مربوطه است (لشنی زند و همکاران،۱۳۹۳، ص ۱۲۳). آسایش زیست اقلیمی یا ضریب راحتی توسط افراد مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و پیشنهاداتی داشته‌اند که عموماً شناخت مناطق آسایش مبتنی بر عناصر اقلیمی نظیر درجه حرارت (حداکثر، حداقل) هوا، رطوبت نسبی (حداکثر و حداقل)، سرعت باد، ساعت آفتابی بوده است. در بین عناصر آب و هوایی دما و رطوبت اثر بیشتری در سلامت و راحتی انسان دارد و بیشتر مدلهای سنجش آسایش و راحتی انسان در ارتباط با شرایط آب و هوایی بر این دو عصر استوار شده است (علیجانی، ۱۳۷۳، صص ۴۷-۴۶).

با توجه به تفاوت زیاد افراد با یکدیگر، احساس آن‌ها از یک وضعیت جوی یا اقلیمی ممکن است متفاوت باشد. از این رو نمی‌توان هیچ اقلیمی را کاملا نامطلوب و نه برای همه نوع فعالیت بدنی یا برای راحتی و رفاه افراد کاملا مطلوب دانست (نیوار، ۱۳۸۰). به عبارت دیگر باید گفت هیچ اقلیم استانداردی و هیچ انسان استانداردی وجود ندارد. بنابراین آسایش هم در یک منطقه صد در صد نمی‌تواند باشد و برای افراد بر حسب سن، سلامت، فعالیت بدنی، نژاد، میزان پوشش و همچنین بر اساس فصل‌های مختلف سال و خو گرفتن افراد به محیط به طور نسبی تغییر می‌کند (عسگری، ۱۳۸۱).

بیان مسأله

آب و هوا مهمترین فاکتور محیطی برای زندگی تمامی موجودات زنده به حساب می‌آید. نبود شرایط آب و هوایی مساعد و یا عدم تعادل در آن می‌تواند محیط زیست انسانی و طبیعی را با خطر جدی مواجه سازد. از طرف دیگر نیز وضعیت آسایشی و سلامت انسان شدیدا به شرایط آب و هوایی وابسته است. لذا بررسی و شناخت آب و هوا در محیط‌ها و پهنه‌های مختلف می‌تواند در انتخاب محیط‌های آب و هوایی که تامین کننده بهترین شرایط آسایش و سلامت برای انسان است کمک نماید (اسمیت، ۱۳۸۴). آب و هوا علاوه بر آنکه مستقیماً در سلامت انسان مؤثر است، به طور غیر مستقیم نیز بر تمامی بسترهایی که فعالیتهای بشر در آن صورت می گیرند تاثیر می گذارد. به طوریکه حتی کمیت و کیفیت نیازمندیهای او مانند آب، غذا و .... نیز بشدت وابسته و متاثر از شرایط آب و هوایی است.

بیان شرایط آسایش آب و هوایی معمولاً با شاخص‌هایی بیان می‌گردد که در آن مجموعه-ای از عناصر هواشناختی، انسانی و محیطی دخالت داده می‌شود. این شاخص‌ها داده‌های آب و هوایی را به شکلی ارائه می‌کنند که نشان دهندۀ واکنش افراد به شرایط آب وهوایی است و در طبقه بندی عددی، درجاتی را از بسیار مناسب تا بسیار نامناسب در برمی‌گیرند. این شاخص‌ها تفسیر تأثیرات پیچیدۀ عناصر جوی را از آسایش انسان آسان‌تر می‌کنند و امکان مقایسه مکان‌های مختلف را از دیدگاه اقلیم آسایشی فراهم می‌آورند (دفری تاس، ۲۰۰۳). علاوه بر این، آشکارسازی مناطق و پهنه‌های مختلف از نظر بیوکلیمایی می‌تواند کمک شایانی در ارتباط با برنامه ریزی مکانی سلامت و آسایش برای برنامه ریزان حوزه‌های سلامت و نیز گردشگری فراهم آورد. از سویی هم، اقلیم و گردشگری نیز به بعنوان یکی از ارکان آسایش، وابستگی زیادی به یکدیگر دارند، به گونه‌ای که دارا بودن شرایط مطلوب اقلیمی جزو مزیت‌ها و توان-های بالقوه برای گردشگری محسوب می‌شود و اغلب گردشگران در انتخاب مکان و زمان سفر به شرایط آب و هوایی توجهی ویژه دارند.

پیشینه پژوهش

در زمینه‌ی تاثیر آب و هوا بر روی آسایش انسان تحقیقات زیادی در سراسر جهان و ایران انجام شده که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

دفری تاس[1] (۲۰۰۳) به رابطه بین اقلیم و صنعت گردشگری در قالب موضوعی به نام اقلیم گردشگری پرداخت. وی در مطالعه خود عنوان کرد که اکثر پارامترهای اقلیمی در صنعت گردشگری به عنوان داده‌های استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. در پایان نتیجه‌گیری کرد که اقلیم می‌تواند به عنوان عامل پیوند دهنده گردشگر و صنعت گردشگری باشد.

بودن و گراب[2] (۲۰۰۳) نیز به بررسی آسایش حرارتی در ۵ شهر تونس با دو منطقه اقلیمی پرداختند. آنها در تحقیق خود از دویست نفر در خصوص شرایط زندگی طبیعی خود در محل کار و محل زندگی در هر ماه از یک سال سوال کرده و نتایج آن را با شاخص‌های آسایش حرارتی مقایسه کردند. نتایج مطالعه آنها نشان دهنده وجود ارتباط معنادار بین شرایط آسایش حرارتی اعلام شده با شاخص‌های آسایش حرارتی بوده است.

توی و ییلماز[3] (۲۰۰۷) به مطالعه و تعیین شرایط آسایش بیوکلیماتیک در شهر ارزروم در سه منطق روستایی، شهری و منطقه شهری جنگلی ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند مناطق شهری جنگلی سازگاری بیش تری با شاخص‌های آسایش حرارتی مورد استفاده دارد.

اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) به پهنه‌بندی اقلیم آسایشی خراسان رضوی با استفاده از شاخص دما- فیزیولوژیک (PET) همت گماشتند. نتایج تحلیل فضایی که در مقیاس ماهیانه صورت گرفت نشان داد که در خراسان رضوی تنها اردیبهشت و مهر ماه در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. عمده‌ترین محدودیت‌های زیست اقلیمی استان مربوط به تنش‌های سرمایی است که با گستره زمانی و مکانی زیاد به وقوع می‌پیوندد.

صفایی پور و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به ارزیابی آسایش اقلیمی انسان در شهر شیراز با استفاده از شاخص های مختلف زیست اقلیمی از جمله شاخص فشار عصبی پرداخته و نتیجه گرفتند که شهر شیراز دارای دو دوره اوج آسایش زیست اقلیمی در بهار و اوایل پاییز است. همچنین آنان این شاخص را با شاخص های ترجونگ، بیکر، TCI و دمای مؤثر مقایسه نموده-اند.

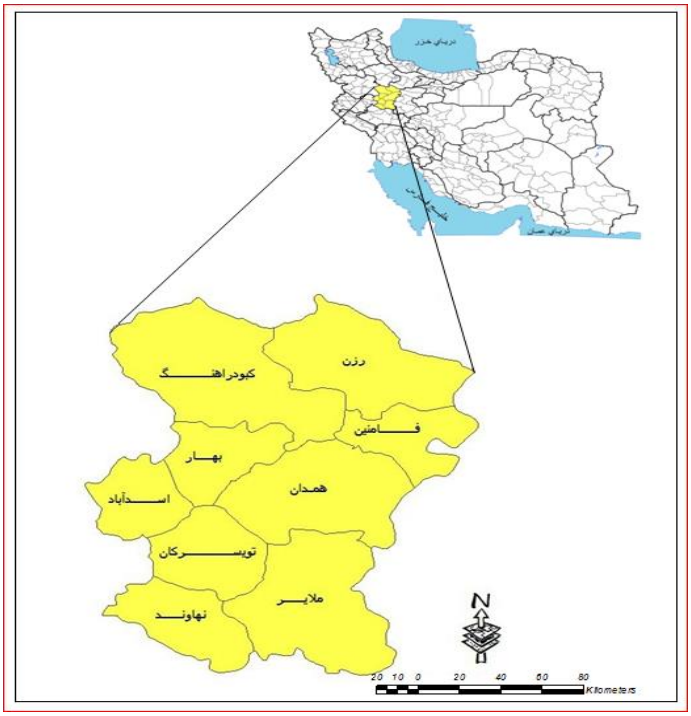
خواجه امیری خالدی و سالاری فنودی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری با استفاده از شاخص TCI (مطالعه موردی: بلوچستان) به بررسی وضعیت اقلیم گردشگری منطقه بلوچستان با استفاده از مدل TCI پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که؛ ماه‌های فروردین ، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند دارای بهترین شرایط از نظر آسایش

1. De Freitas
2. Bouden & Ghrab
3. Toy &Yilmaz

اقلیمی گردشگر می‌باشد و ماه های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد دارای شرایط نامساعد از این نظر می‌باشند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان همدان یکی از نواحی کوهستانی و غربی کشور می‌باشد که با مساحت ۱۹۴۹۱ کیلومتر مربع، ۱/۱۸ درصد از کل مساحت کشور را در بر می‌گیرد. این استان از شمال به استان‌های قزوین و زنجان، از جنوب به استان لرستان و از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود می‌شود و در بین مدارهای (۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه) تا (۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه) عرض شمالی و (۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه) تا (۴۹ درجه و ۲۹ دقیقه) طول شرقی از در غرب فلات ایران قرار گرفته است (شکل ۱). جمعیت استان همدان بر اساس سرشماری عمومی سال ۱۳۹۰برابر با ۲۶۸،۷۵۸،۱ بوده است و بر پایه آخرین تقسیمات کشوری شامل ۹ شهرستان، ۲۵ بخش، ۲۹ شهر، ۷۳ دهستان و ۱۲۱۰ روستا است. ارتفاع متوسط این استان از سطح آبهای آزاد حدود ۱۸۰۰ متر است و بلندترین نقطه استان همدان قله الوند با ارتفاع ۳۵۸۴ متر و پست‌ترین نقطه آن زمین‌های عمرآباد با ارتفاع ۱۶۰۰ متر است، که محل خروجی رود قره‌چای می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت شهرستان های استان همدان
(منبع: نگارنده)

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، با استفاده از داده‌ها و نرمال‌های آب و هوایی در یک دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۰۱- ۲۰۱۴) مستخرج از ایستگاه های هواشناسی؛ همدان، ملایر، نهاوند، کبودرآهنگ (نوژه) ، تویسرکان، اسدآباد، رزن، قهاوند و فامنین شامل؛ میانگین(روزانه، ماهیانه و سالیانه)، میانگین بیشینه، میانگین کمینه، بیشینه مطلق، کمینه مطلق دما؛ میانگین، بیشینه و کمینه رطوبت نسبی، مقدار بارش، ساعات آفتابی، سرعت باد، میزان ابرناکی، فشار بخار آب، بر اساس شاخص-های دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و فشار عصبی به تعیین شرایط آسایش آب و هوایی در استان همدان پرداخته و محدوده‌های آسایشی برای تمامی ماه های سال مشخص گردیده است. در زیر به بررسی هر کدام از روشهای پژوهش بوسیله هریک از شاخص‌ها و مدل‌های آسایش آب و هوایی می‌پردازیم.

روش شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)[۴]

یکی از شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق گردیده و امروزه در مطالعات زیست اقلیم انسانی جایگاه ویژه‌ای دارد شاخص دمای معادل فیزیولوژیک است. دمای معادل فیزیولوژیک یکی از خروجی های الگوی بیلان انرژی مونیخ MEMI[۵] بوده و یکی از بهترین شاخصهای ارزیابی آسایش حرارتی یا ترمو - فیزیولوژیک به شمار می آید که علاوه بر مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای بویژه در تعیین مولفه حرارتی میکروکلیماهای شهری، در مطالعات مربوط به آب و هواشناسی توریسم نیز برای بررسی محیط های آسایش اقلیمی برای گردشگران کاربرد وسیعی پیدا کرده‌است. دمای معادل فیزیولوژیک عبارت از دمایی است که در آن بیلان انرژی انسان برای شرایط فضای سرپوشیده معادل دمای پوست و نرخ تعریق تحت شرایط واقعی فضای آزاد مورد بررسی است (ذوالفقاری، ۱۳۸۹)؛ بعبارتی PET را میتوان دمایی در نظر گرفت که طی آن بیلان حرارتی بدن انسانی در محیط بسته و در حالت نشسته (بدون باد و تابش خورشیدی) با نرخ سوخت وساز با کار سبک (۸۰ وات) و مقاومت حرارتی لباس حدود ۰/۹ کلو با دمای پوست و دمای مرکز بدن، در تعادل باشد(اسماعیلی ، ۱۳۹۰).

برای محاسبه دمای معادل فیزیولوژیک مراحل زیر اجرا میگردد:

الف) شرایط حرارتی بدن بر اساس الگوی MEMI جهت ترکیب با شاخصهای جوی محاسبه شود.

ب) مقادیر محاسبه شده دمای متوسط پوست و دمای مرکزی بدن وارد الگوی MEMI و معادلات بیلان انرژی بدن انسان حل شوند.

ج) در پایان این مراحل، دمای حاصل شده دمای معادل فیزیولوژیک خواهد بود (ذوالفقاری، ۱۳۸۹).

جزئیات مدل MEMI بر مبنای معادله بیلان انرژی بدن انسان استوار بوده و معادله آن بدین شرح است.

رابطه (۱)؛

$$M + W + R + C + E_D + E_{RE} + E_{SW} + S = 0$$

4.Physiologically Equivalent Temperature

5. Munich Energy Balance Model for Individuals

در این معادله:

M= میزان یا درصد سوخت و ساز بدن

W= خروجی کار فیزیکی

R = تابش خالص بدن

C = جریان حرارت همرفتی

E_D= جریان حرارت نهان تبخیری آب از پوست

E_{RE}= مجموع جریان های حرارتی مؤثر در گرمایش و تبخیر و تعرق

E_{SW}= جریان هوای موثر در تبخیر و تعرق بدن

(در این معادله واحد همه عبارتها بر حسب وات است)

اگر بدن انسان در حال کسب انرژی باشد معادله تماماً مثبت است و اگر در حال از دست دادن انرژی باشد عبارتهای معادله منفی خواهد بود .معادله مذکور به وسیله متغیرهای آب و هواشناسی که در ادامه ذکر میگردند کنترل میشود.

- درجه حرارت هوا : E_{RE} ، C
- رطوبت هوا: E_{SW}، E_{RE}، E_D
- سرعت باد: C، E_{SW}
- متوسط دمای تابشی: R

از آنجا که میانگین دمای تابشی[6] (T_{mrt}) یکی از مهمترین متغیرهای ورودی در محاسبه بیلان انرژی بدن انسان است که در ایستگاه های هواشناسی ثبت نمی شود، لذا باید خصوصیات مربوط به ابعاد سطوح تابشی و عامل منظر و همچنین شرایط بدن انسان(نشسته یا ایستاده) مشخص گردند. برای محاسبه (T_{mrt}) کل محیط بدن انسان به صورت n سطح حرارتی با درجه حرارتهای Ti=(i=1:n) و ضریب انتشار (εi) تقسیم میگردد که برای هر نسبت زاویه ای جسم (فاکتورهای زاویه ای)، (F_i) به عنوان فاکتور وزنی استفاده میشود . تابش موج بلند ($E_i = \varepsilon i * \delta * T_I 4$) و تابش موج کوتاه پراکنده (Di) از هر یک از n سطح ساطع میشود. نتایج به دست آمده در داخل معادله ای به شکل زیر برای محاسبه (T_{mrt}) ارائه می گردد:

رابطه (۲)؛

$$T_{mrt} = [1/ \delta \Sigma (E_i + a_k - Di / \varepsilon_p) F_i]^{0.25}$$

6 .Mean Radiant Temperature

در این معادله؛

δ = ضریب استفان بولتزمن $(5.67\times8^{-10}\ w/m^2/k^4)$

E_i = تابش طول موج بلند

a_k = ضریب جذب امواج کوتاه تابیده شده به سطح بدن انسان (مقدار استاندارد ۰/۷ است)

Di = مجموع تابش خورشیدی پخش شده و تابش جهانی انعکاسی است

ε_p = ضریب انتشار بدن انسان است (مقدار استاندارد ۰/۹۷ است)

اگر تابش مستقیم نیز وجود داشته باشد معادله به صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۳)؛

$$T^* mrt = [T_{mrt}{}^4 + f_p a_k I^*/(\varepsilon^*_p \delta)]^{0.25}$$

در این معادله؛

I^* = شدت تابش خورشیدی در یک سطح عمود بر جهت تابش دریافتی؛ و

f_p = تابعی از جهت تابش دریافتی و وضع بدن انسان می باشد.

(دامنه f_p از ۰/۳۰۸ برای زاویه صفر و ۰/۰۸۲ برای زاویه ۹۰ درجه ارتفاع خورشید متغیر است)

در تحقیق حاضر از مدل نرم افزاری ریمن (Reyman) که پروفسور ماتزاراکیس (۲۰۰۱) طراحی و ارائه کرده، برای حل معادلات و محاسبات مربوط استفاده شده است. این مدل قابلیت محاسبه متوسط دمای تابشی و در نهایت به دست آوردن شاخص PET را دارد. در این مدل بعد از وارد کردن مختصات محل و عناصر اقلیمی (دسته اول و دوم داده‌ها)، داده های مربوط به مشخصات فردی، نوع پوشش و میزان فعالیت (دسته سوم و چهارم داده‌ها) را می-توان به طور دلخواه و با توجه به هدف تحقیق به مدل وارد کرد. به طور مثال، در مورد قد و وزن و سن می‌توان میانگین متعارف این متغیرها را در جامعه در نظر گرفت. در مورد پوشش رقم ۰/۹ کلو و فعالیت متوسط مثل رانندگی با ۸۰ وات را می‌توان برای یکی از جنسهای مرد یا زن که تفاوتی ناچیز بین این دو وجود دارد در نظر گرفت (اسماعیلی به نقل از ذوالفقاری ، ۱۳۸۹).

روش شاخص فشار عصبی

این شاخص نوع فشار فیزیولوژیکی وارد آمده برای برقراری آسایش بین جذب و دفع گرما را مشخص می‌کند. میزان جذب و دفع گرما به فعالیت شخص و میزان تغییر سرعت حرارت و

رطوبت بدن انسان و محیط بستگی دارد. هدف از تعیین این شاخص، تشریح سطح آسایش با استفاده از دما، رطوبت و باد می‌باشد. شاخص‌های فشار عصبی اقلیمی شامل دو دسته می‌باشند. آن‌هایی که احساساتی نظیر سردی یا گرمی را مورد تاکید قرار می‌دهند و آنهایی که بر فعالیت-های زیست شناختی همچون دفع حرارت تبخیری از ریه‌ها و اثر شرایط محیط بر ضربان قلب تمرکز دارند که این شاخص در مورد ورزشکاران و گردشگران ورزشی اهمیت بسیار زیادی دارد. در درجه حرارت‌های بالا چهار عنصر اصلی اقلیمی دما، تابش، رطوبت و سرعت باد نقش ایفا می‌کنند. اما در دماهای کم به ترکیب وضعیت باد و دما توجه شده، بدون این که عامل رطوبت دخالت داده شود (محمدی، ۱۳۸۹). این شاخص برای دماهای کم تر و بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد به صورت‌های مختلف محاسبه می‌شود (لایقی به نقل از رمضانی و همکاران، ۱۳۹۱). شاخص‌های فشار عصبی دماهای بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد (اقلیم گرم) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$CI= I- dI$$ رابطه (۱)؛

CI : شاخص عددی آسایش، I: شاخص دمای موثر و رطوبت با فرض شرایط آرام، dI : شاخص اثر سرمایش اضافی ناشی از حرکت هوا است، که : I و dI از روابط زیر محاسبه می-شوند؛

$$I=(0.5+U^2 \times 10^{-4})\ (T-80+0.11U)$$ رابطه (۲)؛

$$dI= 0.35V^{0.5}\ (20+0.5U-0.2T)$$ رابطه (۳)؛

T : دما بر حسب فارنهایت؛

I : رطوبت نسبی برحسب درصد؛

V : سرعت باد برحسب میل بر ساعت است؛

شاخص‌های فشار عصبی برای دماهای کم تر از ۲۰ درجه سانتیگراد (اقلیم سرد) با شیوه-های مختلفی بیان می‌شود که معمولترین آنها عبارتند از:

$$H_1=(10.9V^{0.5} +9-V)(33-T)$$ رابطه (۴)

$$H_2=0.57V^{0.42}(36.5-T)\times 36$$ رابطه(۵)

H_1: قدرت سردکنندگی یا سوزباد،

H_2: شاخص دمای موثر و سرعت باد برای دماهای کم تر از ۲۰ درجه سانتیگر برحسب $Kcal\ hr^{-1}\ m^{-2}$،

T: دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد،

V: سرعت باد برحسب متر بر ثانیه (محمدی، ۱۳۸۹).

درجه بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی به تفکیک برای اقالیم گرم و سرد در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۱: درجه بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی

CI: ضرایب آسایش اقالیم گرم		H: ضرایب آسایش اقالیم سرد	
کم تر از ۵-	خنک با شرایط عدم آسایش	۵۴۰-۳۹۶	خنک
کم تر از ۵- تا ۱-	خنک	۵۴۱ -۷۹۰	خیلی خنک
۰	آسایش	۷۹۱ -۹۹۹	سرد
۱ تا ۵	گرم، شرایط آسایش	۱۰۰۰-۱۱۹۹	خیلی سرد
۶ تا ۱۰	گرم با شرایط عدم آسایش	۱۲۰۰ -۱۴۳۹	سرمای گزنده
۱۱ تا ۱۵	شرایط عدم آسایش زیاد	۱۴۴۰ و بیش تر	یخ زدگی پوست
بالاتر از ۱۵	کاملا شرایط عدم آسایش		

(منبع: محمدی، ۱۳۸۹)

یافته های پژوهش

تحلیل زمانی و مکانی دمای معادل فیزیولوژیک (PET)

بر اساس محاسباتی که با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک بر روی داده‌های دمای خشک، فشار بخار آب، رطوبت نسبی، سرعت باد و میزان ابرناکی ۹ ایستگاه هواشناسی استان همدان (جدول ۲)، با استفاده از نرم افزار ریمن (Reyman) نسخه ۱/۲ انجام شد، اطلاعات زیر حاصل گردید.

جدول ۲: پارامترهای اقلیمی مورد نیاز برای شاخص (PET) به صورت سالانه در دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۱۴

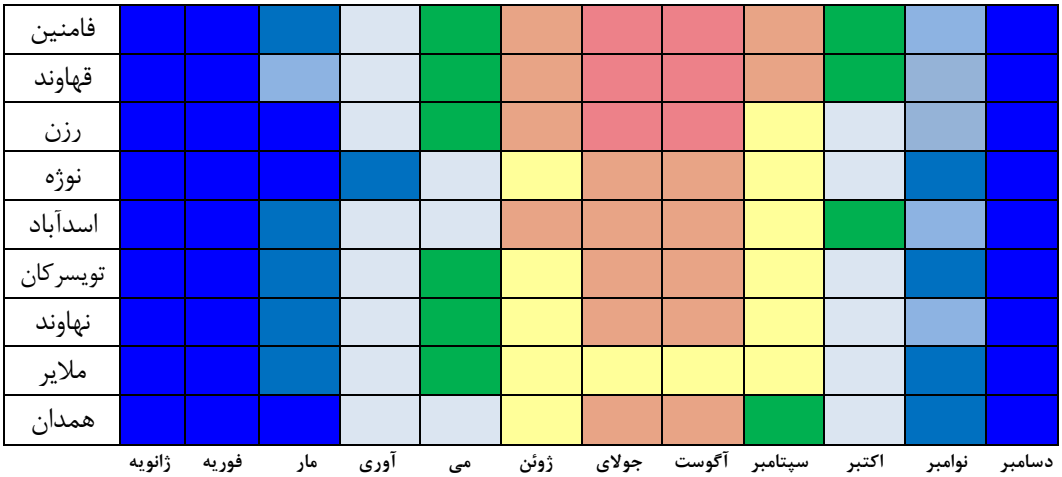
پارامترهای اقلیمی / نام ایستگاه	دما (C)	فشار بخار آب (hPa)	رطوبت نسبی (٪)	سرعت باد (m/s)	میزان ابرناکی (octa)
همدان	۱۲/۴	۵/۹	۴۶/۸	۶/۶	۲/۴
ملایر	۱۳/۸	۵/۷	۴۲	۷/۴	۲/۱
نهاوند	۱۴/۴	۶/۳	۴۴/۳	۶/۴	۲/۴
تویسرکان	۱۳/۷	۶/۷	۴۷/۱	۶/۷	۱۱/۵
اسدآباد	۱۳	۶/۲	۴۶/۸	۴/۷	۲/۴
رزن	۱۴	۸	۵۱/۹	۷	۲/۶
کبودراهنگ	۱۲/۳	۶/۱	۴۸/۷	۷/۵	۲/۷
قهاوند	۱۴/۷	۶/۵	۴۵/۳	۵/۵	۲/۵
فامنین	۱۴/۷	۶/۳	۴۳	۶/۳	۷/۵

منبع: اداره کل هواشناسی استان همدان

در ماه های ژانویه، فوریه و دسامبر تمام ایستگاه های مورد مطالعه با «تنش سرمایی بسیار زیاد» مواجه بوده و این ۳ ماه به عنوان سردترین ماه های سال برای کل استان شناسایی شدند. در مارس ایستگاه های همدان، نوژه و رزن وضعیت اقلیمی ماه های قبل را تجربه کرده‌اند. در این ماه «تنش سرمایی متوسط» فقط در ایستگاه قهاوند به ثبت رسیده و مابقی استان با «تنش سرمایی زیاد» مواجه شده‌اند. با انتقال فصل در ماه آوریل اکثر مناطق استان با کاهش تنش سرمایی همراه می شود و تنها نوژه (شهرستان کبودراهنگ) دارای «تنش سرمایی زیاد» است. در ماه می بجزء ایستگاه های همدان، اسدآباد و نوژه که دارای «تنش سرمایی اندک» می‌باشند، بقیه ایستگاه ها «بدون تنش» و در شرایط آسایش هستند. در ژوئن ایستگاه های نوژه، تویسرکان، نهاوند، ملایر و همدان «تنش سرمایی اندک» را احساس کرده و بقیه نقاط استان با «تنش سرمایی متوسط» روبرو هستند. در ماه های جولای و آگوست وضعیت آسایش آب و هوایی مشابهی متصور است که گرمترین روزها و ماه های سال در این ماه ها رخ داده است. ایستگاه های فامنین، قهاوند و رزن با «تنش گرمایی زیاد» گرمترین ایستگاه های استان هستند. ایستگاه ملایر «تنش گرمایی اندکی» را تجربه کرده و بقیه نقاط استان با «تنش گرمایی متوسط» روبرو می‌باشند. در ماه سپتامبر دیگر از تنش زیاد گرمایی خبری نیست و

فامنین و قهاوند با «تنش گرمایی متوسط» و مابقی نواحی استان با «تنش گرمایی اندک» مواجه بوده و همدان تنها نقطه «بدون تنش استان» است. با شروع فصل سرما یعنی پاییز و با ورود آهسته توده‌های سرد به این منطقه جغرافیایی، اکثر نقاط با «تنش سرمایی اندک» روبرو می شوند و فقط فامنین، قهاوند و اسدآباد «بدون تنش» هستند. در ماه نوامبر ورود سرما به استان شدت یافته و ایستگاه های فامنین، قهاوند، رزن، اسدآباد و نهاوند با «تنش سرمایی متوسط» و مابقی نقاط استان با «تنش سرمایی زیاد» مواجه هستند (شکل ۲).

شکل ۲: طبقه بندی ماهانه شاخص (PET) برحسب درجه تنش فیزیولوژیک در دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۱



تنش گرمایی بسیار زیاد	تنش گرمایی زیاد	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی اندک	بدون تنش	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی متوسط	تنش سرمایی زیاد	تنش سرمایی بسیار زیاد

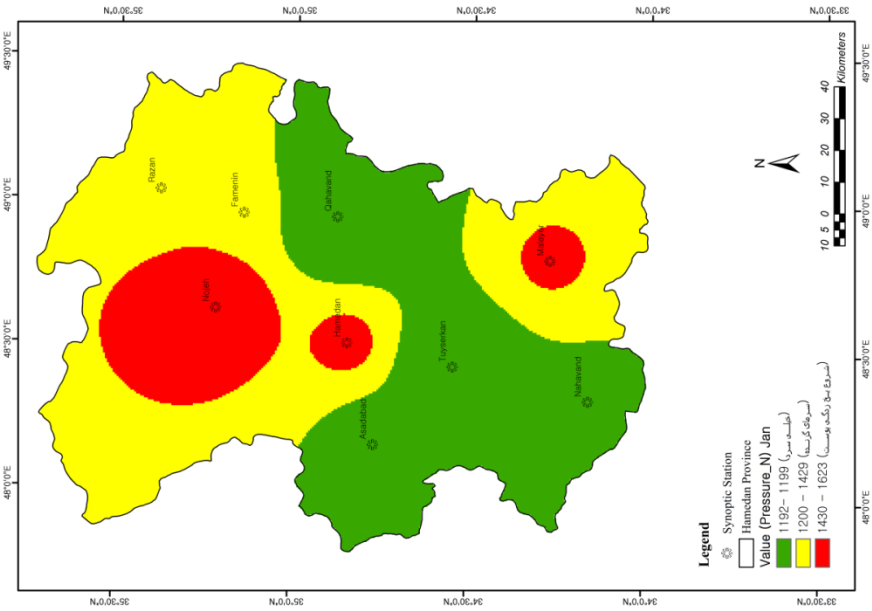
(منبع: نگارنده)

تحلیل زمانی و مکانی شاخص فشار عصبی

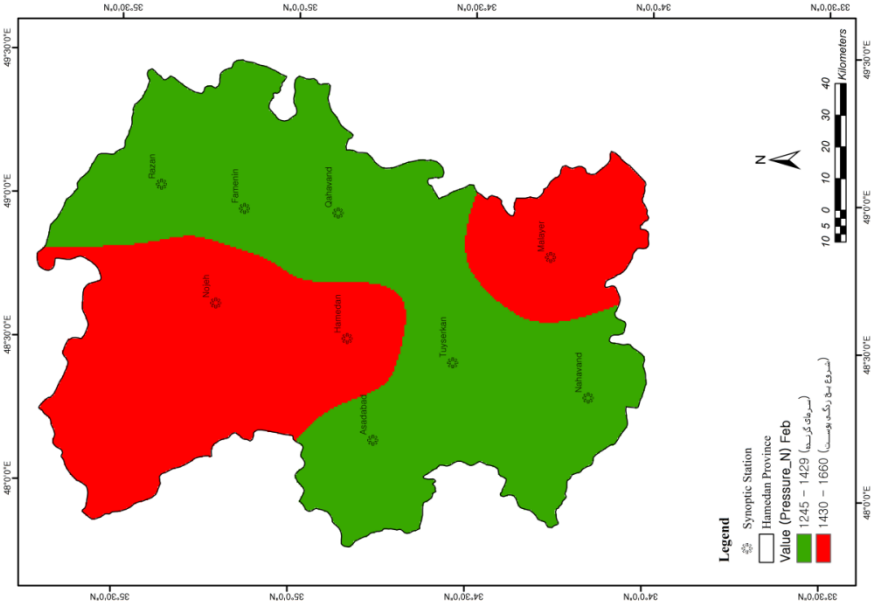
بر اساس شاخص فشار عصبی، در ماه ژانویه در پهنه استان همدان سه سطح آسایش آب و هوایی حکمفرماست. شرق، غرب، جنوبغرب و قسمت هایی از مرکز استان (شامل شهرستان‌های نهاوند، تویسرکان، اسدآباد، فامنین، و بخش هایی از شمال شهرستان های ملایر و همدان) با ضریب H (ضریب آسایش آب و هوایی) بین ۱۱۹۲ تا ۱۱۹۹ در وضعیت «خیلی‌سرد»؛

جنوبشرق، شمال، شمالغرب، شمالشرق، شرق و قسمت هایی از مرکز استان (شامل شهرستان-های رزن، بخش هایی از شهرستان های کبودرآهنگ، همدان، بهار، فامنین و ملایر) با ضریب H بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۲۹ در وضعیت «سرمای گزنده» و قسمت هایی از شهرستان همدان، ملایر و کبودراهنگ با ضریب H بین ۱۴۳۰ تا ۱۶۲۳ در وضعیت «شروع یخ زدگی پوست» می باشند. در فوریه قسمت های جنوبشرق، شمالغرب و مرکز استان (شامل شهرستان های کبودرآهنگ، بهار، نیمی از شهرستان های ملایر و همدان) با ضریب H بین ۱۴۳۰تا ۱۶۶۰در وضعیت «شروع یخ زدگی پوست» و سایر نواحی استان با ضریب H بین ۱۲۴۵ تا ۱۴۲۹ با وضعیت «سرمای گزنده» مواجه هستند. در ماه مارس تنها بخش هایی از غرب و جنوبغرب (شامل شهرستان های اسدآباد و نهاوند) و پهنه کوچکی در اطراف شهر قهاوند با ضریب H بین ۱۱۹۱ تا ۱۱۹۹ دارای وضعیت «خیلی‌سرد» هستند، در حالی که بیش از نیمی از استان با ضریب H بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۲۹ را شرایط «سرمای گزنده» در بر گرفته است. شمال استان (شامل شهرستان های رزن و کبودرآهنگ) و پهنه کوچکی پیرامون شهر ملایر با ضریب H بین ۱۴۳۰ تا ۱۵۳۰در وضعیت «شروع یخ‌زدگی پوست» هستند. در ماه آوریل با گرمتر شدن هوا وضعیت آسایش آب و هوایی استان متنوع تر میشود. به طوریکه شمالشرق (شهرستان رزن و بخشی از شهرستان فامنین) و غرب (شهرستان اسدآباد) با ضریب H بین ۷۶۷ تا ۷۹۰ در وضعیت «خیلی خنک»، نوار باریکی در غرب، شمال و شمالشرق (شامل بخش هایی از شهرستان های نهاوند، تویسرکان، کبودرآهنگ و فامنین) با ضریب H بین ۷۹۱ تا ۹۹۹در وضعیت «سرد» می باشند. همچنین شرق، جنوب و مرکز (شامل بخش هایی از شهرستان های همدان، کبودرآهنگ، بهار، نهاوند، تویسرکان و ملایر) با ضریب H بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۹۹در وضعیت «خیلی سرد» و بخش هایی از شهرستان های ملایر، همدان(اطراف شهر قهاوند) و کبودرآهنگ با ضریب H بین ۱۲۰۰ تا ۱۲۶۱در وضعیت «سرمای گزنده» قرار می گیرند. در ماه می، بخش هایی از شرق استان شامل شهرستان های فامنین و همدان و بخش هایی از غرب و جنوبغرب شامل شهرستان های اسدآباد و نهاوند با ضریب H بین ۶۹۱ تا ۷۹۰در وضعیت « خیلی خنک »، پهنه جنوبشرق و قسمت هایی از شمال، مرکز و جنوب (شامل شهرستان ملایر، بخش هایی از شهرستان های تویسرکان، همدان، رزن و کبودرآهنگ نیز با ضریب H بین ۷۹۱ تا ۹۹۹در وضعیت «سرد» بوده و همچنین نواحی پیرامونی شهرهای تویسرکان، همدان و کبودرآهنگ نیز با ضریب H بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۳۲در وضعیت «خیلی سرد» قرار می گیرند. در ژوئن بخش هایی از شمال شرق، غرب و جنوب (شامل شهرستان های رزن، اسدآباد، نهاوند و ملایر) و اطراف شهر قهاوند با

ضریب CI بین ۲/۱- تا ۰/۷- در وضعیت «خنک» و مابقی نقاط استان با ضریب CI برابر صفر در وضعیت «آسایش» قرار دارند. در جولای مناطق شرقی و مرکزی استان شامل شهرستان های همدان، فامنین، بهار و بخش هایی از تویسرکان با ضریب CI بین ۱ تا ۵ دارای وضعیت «گرم با شرایط آسایش» بوده و بقیه نواحی استان یعنی شمال، غرب و جنوب شامل شهرستان-های رزن، کبودرآهنگ، اسدآباد، نهاوند و ملایر با ضریب CI بین ۵ تا ۸/۵ در وضعیت «گرم با شرایط عدم آسایش» قرار می گیرند. در ماه آگوست پهنه هایی از شمالشرق، غرب و جنوب شامل شهرستان های ملایر، نهاوند، اسدآباد، رزن، بهار و بخش هایی از شهرستان همدان با ضریب CI بین صفر تا ۰/۹ در وضعیت «آسایش» و بقیه نقاط استان در شرق، شمالغرب و مرکز شامل شهرستان های تویسرکان، فامنین، کبودرآهنگ و بخش های شرقی شهرستان همدان با ضریب CI بین ۱ تا ۳/۵ دارای در وضعیت «گرم با آسایش» قرار می گیرند. در ماه سپتامبر نیز پهنه های کوچکی از شمالشرق (اطراف رزن)، شرق (بخش هایی از منطقه شراء در شرق شهرستان همدان) با ضریب CI بین ۵/۵- تا ۵- در وضعیت «خنک با شرایط عدم آسایش» و پهنه های بزرگی از شمال، غرب و شمالشرق استان (شامل شهرستان های ملایر، اسدآباد، کبودرآهنگ، بهار و بخش هایی از شهرستان های همدان، فامنین و رزن با ضریب CI بین ۵- تا ۱- در وضعیت «خنک» هستند. مناطق جنوبغربی استان (شامل شهرستان های نهاوند، تویسرکان و غرب شهرستان ملایر) و اطراف شهر فامنین نیز با ضریب CI برابر صفر در وضعیت «آسایش» قرار می گیرند. با شروع فصل پاییز و ماه اکتبر، بخش های شمال شرق، شرق، جنوب و غرب استان شامل شهرستان های رزن، فامنین، ملایر، نهاوند، اسدآباد و قسمت-هایی از شرق شهرستان همدان با ضریب H بین ۸۱۷ تا ۹۹۹ در وضعیت آسایش آب و هوایی «سرد» و مابقی مناطق استان یعنی شمال و مرکز (شهرستان های کبودرآهنک، بهار، همدان و تویسرکان) با ضریب H بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۹۰ در شرایط آسایش آب و هوایی «خیلی سرد» قرار می گیرند. شرایط آسایش آب و هوایی در ماه نوامبر نیز به گونه ای است که بخش هایی از شرق (شهرستان فامنین و بخش شراء در شرق شهرستان همدان) و غرب استان (شهرستان اسدآباد) با ضریب H بین ۹۶۸ تا ۹۹۹ در شرایط «خیلی سرد» قرار می گیرند. اما شرایط آسایش آب و هوایی در ماه دسامبر کمی متفاوت تر از دیگر ماه ها است، چرا که در این ماه بجز شهرستان تویسرکان که با ضریب H بین ۱۱۹۹ تا ۱۱۹۵ در وضعیت «خیلی سرد» می باشد، بقیه نواحی استان با ضریب H بین ۱۲۰۰ تا ۱۳۴۹ در شرایط «سرمای گزنده» قرار می-گیرند(شکل ۳ تا ۱۴).

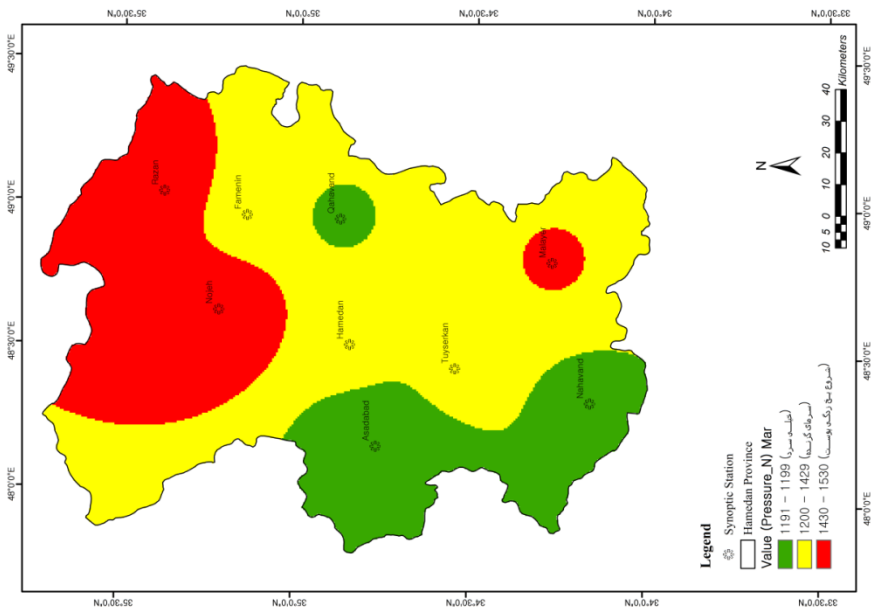


شکل ۳: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در ژانویه

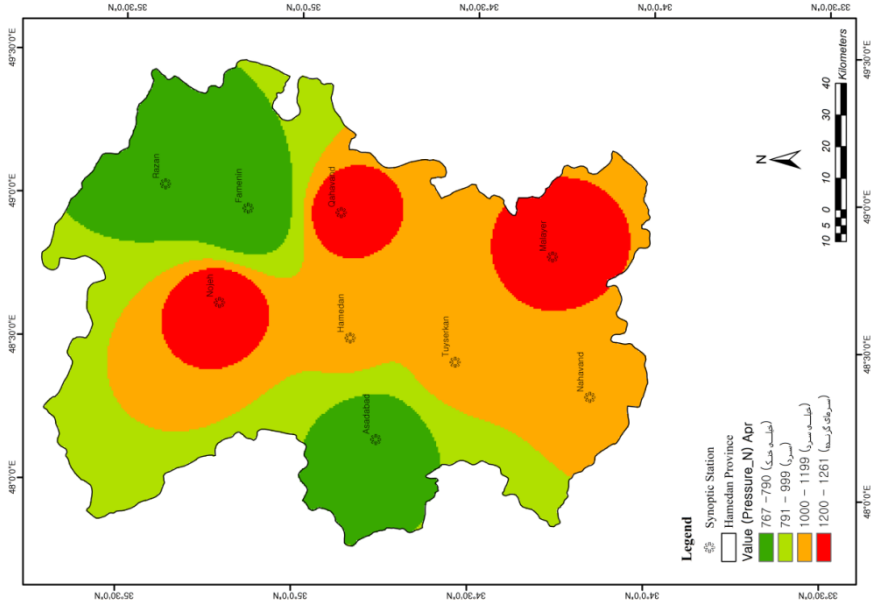


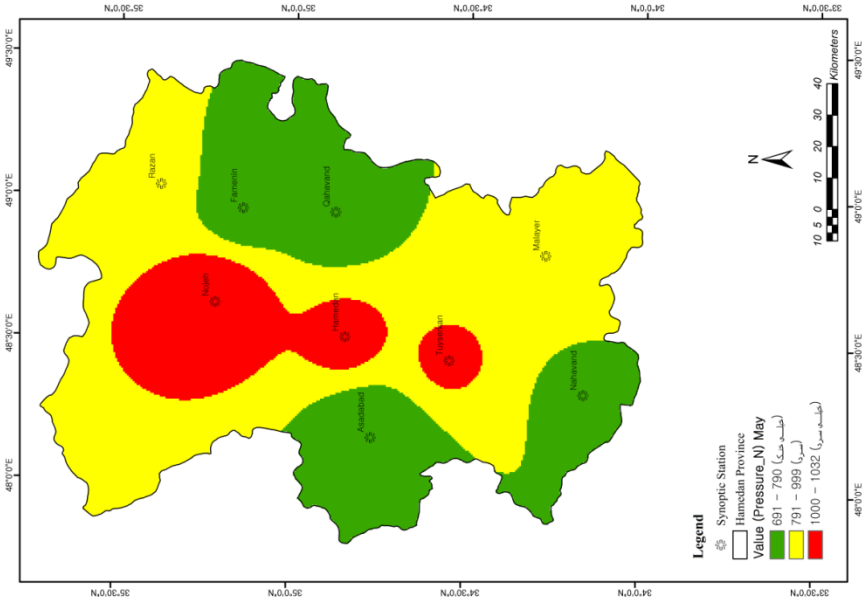
شکل ۴: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در فوریه

شکل ۵: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در مارس

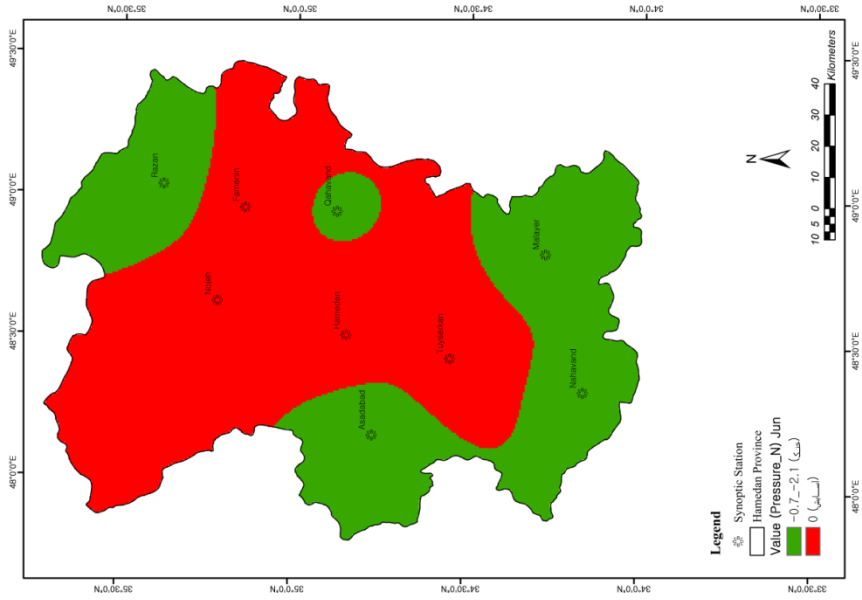


شکل ۶: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در آوریل



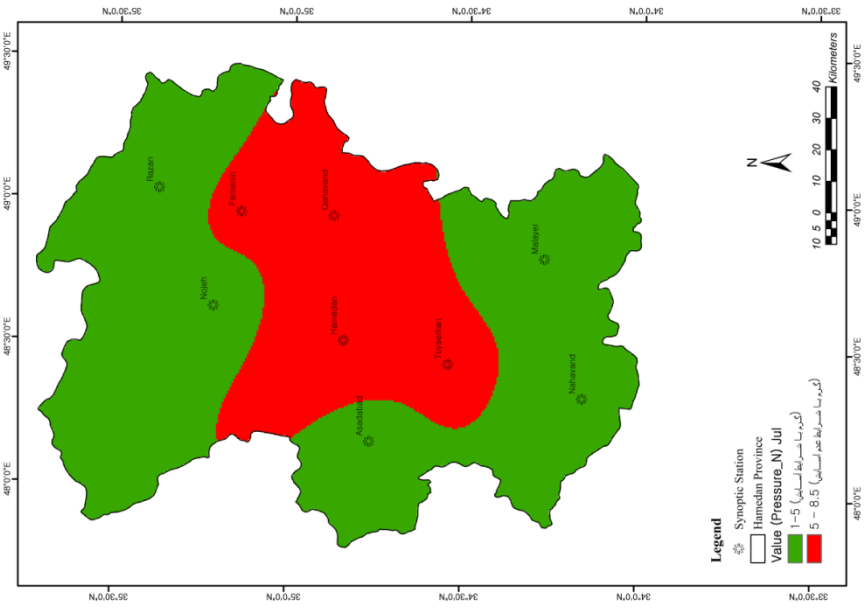


شکل ۷: نقشه پهنه بندی آسایش اقلیمی استان همدان بر اساس شاخص فشار عصبی در می

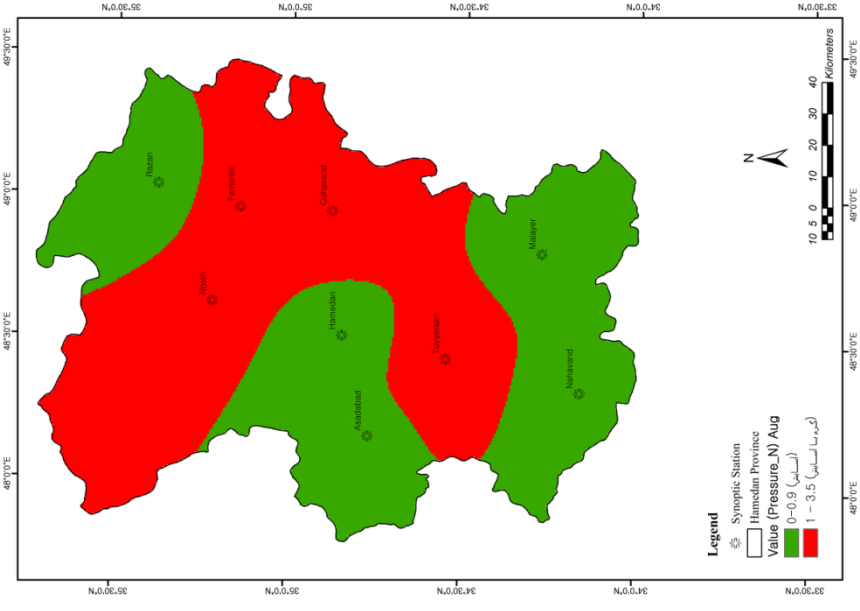


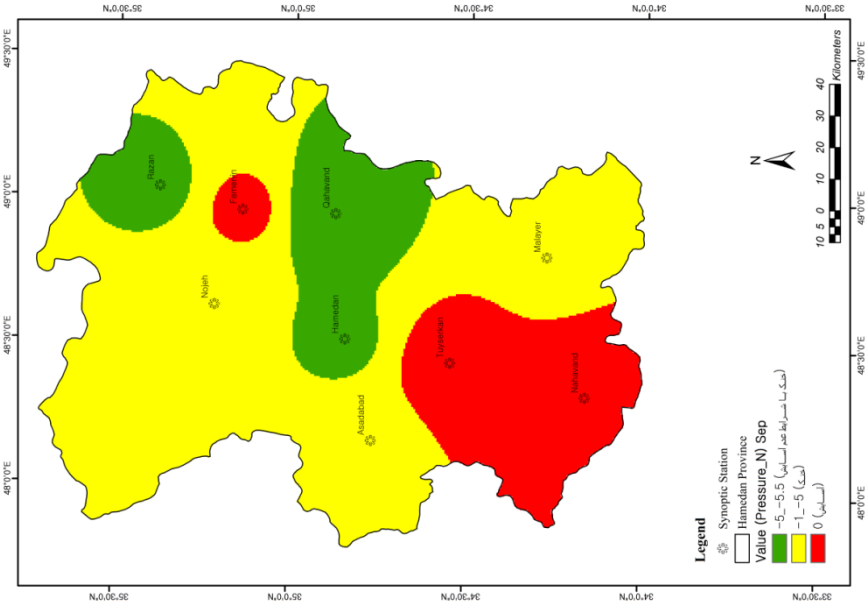
شکل ۸: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در ژوئن

شکل ۹: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در جولای

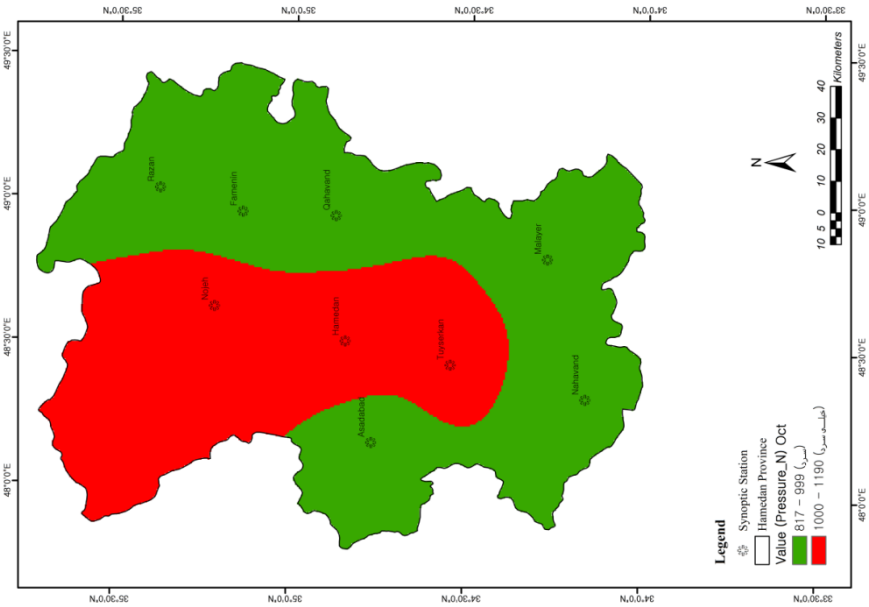


شکل ۱۰: نقشه پهنه بندی آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در آگوست

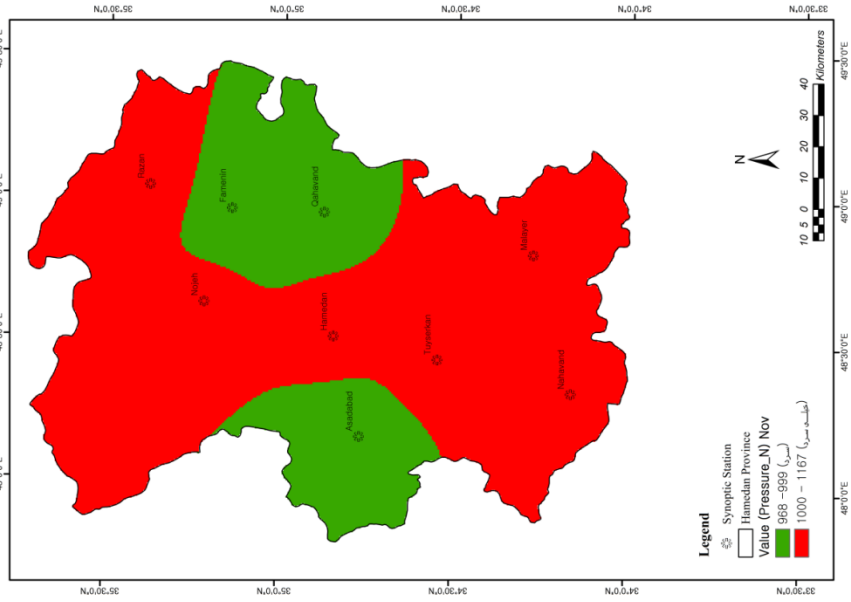




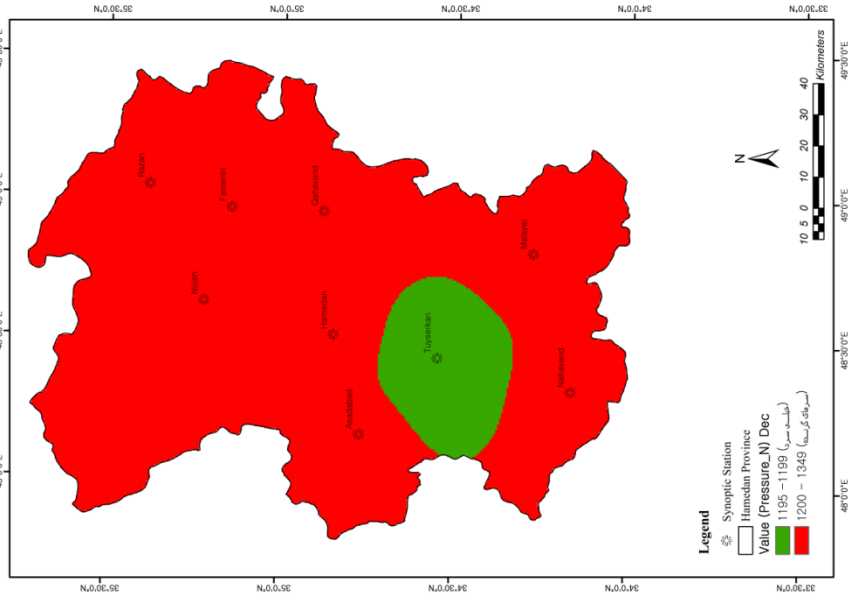
شکل ۱۱: نقشه پهنه بندی آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در سپتامبر



شکل ۱۲: نقشه پهنه بندی شرایط آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در اکتبر



شکل ۱۳: نقشه پهنه بندی آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در نوامبر



شکل ۱۴: نقشه پهنه بندی آسایش اقلیمی استان بر اساس شاخص فشار عصبی در دسامبر

بحث و نتیجه گیری

آگاهی از تاثیر ویژگی های آب و هوایی بر جنبه های مختلف زندگی انسان با هدف برنامه-ریزی دقیق تر در سطوح مختلف زمانی و مکانی دارای اهمیت زیادی است. یکی از این جنبه ها آسایش آب و هوایی است. در این پژوهش که به ارزیابی زمانی و مکانی آسایش آب و هوایی دراستان همدان با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و فشار عصبی پرداخته نتایج مهمی به شرح زیر حاصل شده است؛

- نتایج حاصل از تحلیل شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در استان همدان نشان داده می دهد که؛ سه ایستگاه همدان، رزن و نوژه (کبودراهنگ) طولانی ترین دوره ی «تنش سرمایی بسیار زیاد» را در طول سال دارند، به طوریکه این دوره از دسامبر شروع و تا پایان مارس ادامه می یابد. با در نظر گرفتن شرایط «تنش سرمایی زیاد» در ماه های آوریل و نوامبر در ایستگاه نوژه، طول دوره تنش سرمایی بسیار زیاد و زیاد این منطقه به شش ماه (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل) می رسد. این شرایط برای همدان پنج ماه (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس) می باشد. در ملایر و تویسرکان طول دوره «تنش سرمایی بسیار زیاد» و «تنش سرمایی زیاد» مجموعاً پنج ماه (از نوامبر تا مارس) می باشد. نهاوند، اسدآباد و فامنین از نظر شرایط «تنش سرمایی بسیار شدید» و «تنش سرمایی زیاد» مشابه اند، به طوریکه طول این دو دوره تنش سرمایی مجموعاً چهار ماه و از دسامبر تا مارس می باشد. کم ترین تنش سرمایی نیز مربوط به قهاوند است که طول دوره «تنش سرمایی بسیار زیاد» فقط سه ماه (دسامبر، ژانویه و فوریه) بوده و دوره «تنش سرمایی زیاد» در این ایستگاه وجود ندارد.

طولانی ترین شرایط تنش گرمایی به طول چهار ماه (ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر) مربوط به دو شهر فامنین و قهاوند می باشد که شامل دو ماه «تنش گرمایی زیاد» و دو ماه «تنش گرمایی متوسط» است. بعد از آن شهرهای رزن و اسدآباد می باشند که طول دوره «تنش گرمایی آنها سه ماه (ژوئن، جولای و آگوست) است. بالاترین تضاد در شرایط آسایش آب و هوایی مربوط به دو شهر فامنین و قهاوند می باشد، به طوریکه علیرغم اینکه این دو شهر بیش تر از سایر شهرها یعنی در دو ماه از سال (می و اکتبر) در شرایط آسایش هستند، دارای دو ماه همراه با «تنش گرمایی زیاد» (جولای و آگوست) نیز می باشند. این در حالی است که در کل استان بجز این دو منطقه و رزن دارای «تنش گرمایی زیاد» می باشند و در شش شهر دیگر

حتی در گرمترین ماه های سال «تنش گرمایی زیاد» رخ نمی دهد. لازم به ذکر است که در هیچکدام از مناطق استان در طول سال شرایط «تنش گرمایی بسیار زیاد» مشهود نیست.

تنها شهر و منطقه استان که در هیچکدام از ماه های سال در شرایط آسایش نیست، کبودرآهنگ (نوژه) می باشد. شرایط آسایش و «بدون تنش» در استان در سه ماه از سال یعنی می، سپتامبر و اکتبر اتفاق می افتد که بیش ترین فراوانی آن مربوط به می و سپس اکتبر و سپتامبر است. در چهار شهر ملایر، نهاوند، تویسرکان و رزن در ماه می (فصل بهار)، در دو شهر همدان و اسدآباد به ترتیب در سپتامبر و اکتبر (تقریباً اوایل نیمه دوم سال) و در دو شهر فامنین و قهاوند در دو ماه از سال یعنی ماه می (فصل بهار) و ماه اکتبر (فصل پاییز) شرایط آسایش و «بدون تنش» مشهود است.

پایدار ترین و متعادل ترین شرایط از لحاظ آسایش آب و هوایی مربوط به شهر ملایر است، به شکلی که این منطقه در طول هفت ماه از سال (آوریل تا پایان اکتبر) دارای شرایط آسایش آب و هوایی بدون تنش گرمایی یا سرمایی در مقیاس های متوسط، زیاد و بسیار زیاد می باشد.

- نتایج حاصل از تحلیل شاخص فشار عصبی نشان داده می دهد که در استان همدان ضریب آسایش فشار عصبی از سخت ترین سطح یعنی «یخ زدگی پوست» (H ≥۱۴۴۰) و «گرم با شرایط عدم آسایش» (۱۰٤ CI ٤۶) تا «آسایش کامل» وجود دارد، که نشان دهنده تنوع زیاد سطوح آسایش آب و هوایی از نظر زمانی در این استان است، هر چند که گوناگونی این منطقه از نظر توزیع مکانی ضرایب آسایش آب و هوایی نیز بسیار چشمگیر است. در بعضی از ماه ها مثل آوریل، در این استان چهار سطح آسایش آب و هوایی (خیلی خنک، سرد، خیلی سرد و سرمای گزنده) دیده می شود. چهار ماه از سال یعنی ژانویه، مارس، می و سپتامبر هر کدام سه سطح آسایش آب و هوایی و هفت ماه از سال یعنی فوریه، ژوئن، جولای، آگوست، اکتبر، نوامبر و دسامبر دو سطح آسایش آب و هوایی را تجربه می کنند. موارد بالا نشان می دهد که تنوع آب و هوایی استان همدان از نظر آسایشی در آوریل (اوایل بهار) و پایداری آب و هوایی از نظر آسایشی در تابستان و پائیز بیش تر از دیگر ماه ها است.

شرایط آسایش کامل در سه ماه ژوئن، آگوست و سپتامبر در پهنه های بزرگی از سطح استان فراهم است. در ماه ژوئن در بخش های مرکزی، شرقی و شمال غربی یعنی شهرستان‌های همدان، بهار، تویسرکان، فامنین، کبودرآهنگ و قسمت های شمالی شهرستان ملایر که عموماً دشتی و هموار هستند (به استثناء الوند) آسایش برقرار است. در ماه آگوست شرایط دقیقاً بر عکس ماه ژوئن بوده و پهنه هایی که در ژوئن در شرایط آسایش نبودند در این ماه در شرایط

آسایشی قرار می گیرند. در این ماه برای قسمت های شمالشرقی، غرب و جنوب که منطبق بر شهرستان های رزن، اسدآباد، نهاوند و ملایر می باشند آسایش کامل فراهم است. در ماه سپتامبر نیز مناطق جنوبغربی استان شامل شهرستان نهاوند و بخش هایی از شهرستان های ملایر و تویسرکان و همچنین پهنه کوچکی پیرامون شهر فامنین دارای شرایط آسایشی می باشند. بر اساس شاخص فشار عصبی، شهرستان های ملایر، تویسرکان و نهاوند دارای بیش‌ترین طول دوره و بیش ترین پهنه جغرافیایی تحت شرایط آسایش آب و هوایی هستند.

منابع و مآخذ

۱- اسمیت. ک. ۱۳۸۴، مبانی آب و هواشناسی کاربردی. ترجمه علی خورشید دوست. چاپ اول. انتشارات یاوریان.

۲- اسماعیلی، رضا، و همکاران، ۱۳۸۹، پهنه‌بندی اقلیم آسایشی خراسان رضوی با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول، شماره اول و دوم.

۳- اسماعیلی، رضا، و همکاران، ۱۳۹۰، ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، نشریه پژوهشهای جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۵، صص ۶۱-۴۷.

۴- خواجه امیری خالدی، چکاوک، سالاری فنودی، محمدرضا، ۱۳۹۴، ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری با استفاده از شاخص TCI (مطالعه موردی: بلوچستان)، اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پاک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۵- ذوالفقاری، حسن، ۱۳۸۹، آب و هواشناسی توریسم، انتشارات سمت، تهران.

۶- رمضانی، بهمن، فرج زاده، حسن، مرادیان، روشنک، ۱۳۹۱، بررسی اقلیم گردشگری شهر رودسر با استفاده از شاخص فشار عصبی، فصلنامه فضای گردشگری، دوره ۱، شماره ۲، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر.

۷- سازمان هواشناسی کل کشور، آمار اقلیمی ایستگاه های سینوپتیک و کلیماتولوژی، اخذ شده از سایت اینترنتی سازمان با آدرس: www.sinamet.ir.

۸- علیجانی، بهلول، ۱۳۷۳، نگرشی نو در کاربرد آب و هواشناسی در مدیریت منابع توسعه کشور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۵، صص ۴۷- ۴۶.

۹- عسگری. ا. ۱۳۸۱. گردشگری و جنبه‌های دمایی و رطوبتی اقلیم در رامسر. سازمان هواشناسی کشور.

۱۰- کامیابی، سعید، ساعی، سحر، ۱۳۹۲، تعیین گستره منطقه آسایش زیست اقلیمی با استفاده از شاخص اوانز و اولگی (مطالعه موردی: منطقه نمونه گردشگری پارک جنگلی عباس‌آباد شهرستان بهشهر)، اولین همایش ملی مدیریت گردشگری، طبیعت گردی و جغرافیا، همدان.

۱۱- لایقی. ب. ۱۳۸۲. بررسی نحوه تاثیر عناصر اقلیمی بر صنعت گردشگری در استان گیلان. نشریه اداره کل هواشناسی استان گیلان.

۱۲- لشنی زند و همکاران، ۱۳۹۳، نقش مدیریت شهری در تعدیل نوسانات آسایش بیوکلیماتیک شهر خرم آباد در شرایط تغییر اقلیم، فصلنامه آمایش محیط، سال ششم، شماره ۲۶، صص ۱۴۰ – ۱۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.

۱۳- محمدی. ح. ۱۳۸۹. آب و هواشناسی کاربردی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۱۸۶.

۱۴- نیوار (شرکت فنی مهندسی)، ۱۳۸۰، گزارش اقلیم و گردشگری در کرمانشاه، سازمان هواشناسی.

15- Bouden, C., Ghrab, N. 2005. An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context A field study Result. Energy and buildings, Vol. 37: 952- 963.

16- De Freitas, C. R., 2003, "Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector", International Journal of Biometeorology, 48: 45-54.

17- Farajzadeh, M., 2010, Assessment and Mapping of Iranian Tourism Climate Using TourismClimate Index (TCI), Journal of geographical research, issue 71, PP.31-42

18- 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. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg No. 20, 386-391.

19- Jahansson, E. 2006. Influences of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate, A study in Fez, Morocco. Building and environment, Vol. 41: 1326- 1338.

20- Moreno, Alvaro and Amelung, Bas, 2009, Climate Change and Tourist Comfort on Europe's Beaches in Summer: A Reassessment, Coastal Management, 37: 6, 550 — 568, First published on: 01 November 2009 (iFirst).

21- 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, 42: 1315- 1318.

22- Zolfaghari, H., 2008, Determination of Suitable Calendar for Tourism in Tabriz with Using the Thermo-physiological Indices (PET and PMV), Geographical research quarterly, 39 (62). 129 - 141